

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Estudio técnico y propuesta para el manejo integral de residuos en un complejo comercial

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por:

Arleen Argeñal Aquino,

Mariajosé Carlos Revolorio,

Angeles Rossana Cifuentes Sandoval,

María Amanda Amado Boesch,

Brenda María Girón Toledo, y

María Josefina Rodríguez Velásquez

para optar por el grado académico de Licenciadas en Ingeniería Química

Nery Rodrigo Llamas Hernández, y

María Andrea Jiménez Cariñés

para optar por el grado académico de Licenciados en ingeniera industrial

Martha Lucia Mutz Herrera, y

Jessica Alejandra Morales Orellana

para optar por el grado académico de Licenciadas en Psicopedagogía

Guatemala

2017

Estudio técnico y propuesta para el manejo integral de residuos en un complejo comercial

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Estudio técnico y propuesta para el manejo integral de residuos en un complejo comercial

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por:

Arleen Argeñal Aquino,

Mariajosé Carlos Revolorio,

Angeles Rossana Cifuentes Sandoval,

María Amanda Amado Boesch,

Brenda María Girón Toledo, y

María Josefina Rodríguez Velásquez

para optar por el grado académico de Licenciadas en Ingeniería Química

Nery Rodrigo Llamas Hernández, y

María Andrea Jiménez Cariñés

para optar por el grado académico de Licenciadas en ingeniera industrial

Martha Lucia Mutz Herrera, y

Jessica Alejandra Morales Orellana

para optar por el grado académico de Licenciadas en Psicopedagogía

Guatemala

2017

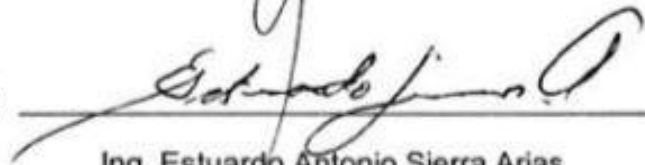
Vo. Bo. :

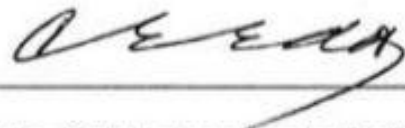
(f) 
Ing. Cristián Rossi Sosa

(f) 
Ing. Gamaliel Zambrano Ruano

Directores de los estudiantes que trabajaron el Megaproyecto:

(f) 
Ing. Gamaliel Zambrano Ruano

(f) 
Ing. Estuardo Antonio Sierra Arias

(f) 
Licda. Carlota Escobar de Dávila

Fecha de aprobación: Guatemala 14 de noviembre de 2017.

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS.....	XI
LISTA DE ECUACIONES.....	XXIII
LISTA DE DIAGRAMAS.....	XXV
LISTA DE FIGURAS.....	XXV
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	7
A. MÓDULO 1: EVALUACIÓN Y PROPUESTA PARA EL DISEÑO PRELIMINAR DE COMPOSTERA CON SISTEMA AERÓBICO EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	7
B. MÓDULO 2: EVALUACIÓN DE PROCESO ANAERÓBICO PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	8
C. MÓDULO 3: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE BIODIÉSEL.....	9
D. MÓDULO 4: EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE LA INSTALACIÓN DE UN GENERADOR ELÉCTRICO OPERADO CON BIODIESEL PARA CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	10
E. MÓDULO 5: EVALUACIÓN TÉCNICA Y PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LAVADO DE BIODIESEL EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	11
F. MÓDULO 6: AUDITORÍA, DIAGNÓSTICO E IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA DE OFICINA VERDE EN INSTALACIONES ADMINISTRATIVAS DE UN COMPLEJO COMERCIAL.....	12
G. MÓDULO 7: ANÁLISIS FINANCIERO DE PROYECTO Y PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE MANEJO DE RESIDUOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	13
H. MÓDULO 8: ESTUDIO DE PROCESOS, LOGÍSTICA, Y GESTIÓN DE PROYECTO SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	14
I. MÓDULO 9: TALLER DE CAPACITACIÓN PARA LA ENSEÑANZA A COLABORADORES DE UNA CAFETERÍA EN UN COMPLEJO COMERCIAL ACERCA DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS.....	15
J. MÓDULO 10: SISTEMATIZACIÓN EN UNA GUÍA, DE LOS PASOS ESTABLECIDOS PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS DENTRO DE UN RESTAURANTE DE COMIDA RÁPIDA UBICADO EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	16
III. JUSTIFICACIÓN	17
IV. MARCO TEÓRICO.....	25
A. MÓDULO 1: EVALUACIÓN Y PROPUESTA PARA EL DISEÑO PRELIMINAR DE COMPOSTERA CON SISTEMA AERÓBICO EN UN COMPLEJO COMERCIAL”.....	25

B.	MÓDULO 2: EVALUACIÓN DE PROCESO ANAERÓBICO PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL	39
C.	MÓDULO 3: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE BIODIÉSEL	51
D.	MÓDULO 4: EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE LA INSTALACIÓN DE UN GENERADOR ELÉCTRICO OPERADO CON BIODIESEL PARA CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	65
E.	MÓDULO 5: EVALUACIÓN TÉCNICA Y PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LAVADO DE BIODIÉSEL EN UN COMPLEJO COMERCIAL	93
F.	MÓDULO 6: AUDITORÍA, DIAGNÓSTICO E IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA DE OFICINA VERDE EN INSTALACIONES ADMINISTRATIVAS DE UN COMPLEJO COMERCIAL.....	108
G.	MÓDULO 7: ANÁLISIS FINANCIERO DE PROYECTO Y PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE MANEJO DE RESIDUOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL	122
3.	MÓDULO 8: ESTUDIO DE PROCESOS, LOGÍSTICA, Y GESTIÓN DE PROYECTO SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	125
4.	MÓDULO 9: TALLER DE CAPACITACIÓN PARA LA ENSEÑANZA A COLABORADORES DE UNA CAFETERÍA EN UN COMPLEJO COMERCIAL ACERCA DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS.....	150
5.	MÓDULO 10: SISTEMATIZACIÓN EN UNA GUÍA, DE LOS PASOS ESTABLECIDOS PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS DENTRO DE UN RESTAURANTE DE COMIDA RÁPIDA UBICADO EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	160
V.	ANTECEDENTES	172
VI.	METODOLOGÍA.....	188
A.	MÓDULO 1: EVALUACIÓN Y PROPUESTA PARA EL DISEÑO PRELIMINAR DE COMPOSTERA CON SISTEMA AERÓBICO EN UN COMPLEJO COMERCIAL	188
B.	MÓDULO 2: EVALUACIÓN DE PROCESO ANAERÓBICO PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL	196
C.	MÓDULO 3: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE BIODIÉSEL	201
D.	MÓDULO 4: EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE LA INSTALACIÓN DE UN GENERADOR ELÉCTRICO OPERADO CON BIODIÉSEL PARA CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	214
E.	MÓDULO 5: EVALUACIÓN TÉCNICA Y PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LAVADO DE BIODIÉSEL EN UN COMPLEJO COMERCIAL	218
F.	MÓDULO 6: AUDITORÍA, DIAGNÓSTICO E IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA DE OFICINA VERDE EN INSTALACIONES ADMINISTRATIVAS DE UN COMPLEJO COMERCIAL.....	230
G.	MÓDULO 7: ANÁLISIS FINANCIERO DE PROYECTO Y PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE MANEJO DE RESIDUOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL	235

H. MÓDULO 8: ESTUDIO DE PROCESOS, LOGÍSTICA, Y GESTIÓN DE PROYECTO SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	237
I. MÓDULO 9: TALLER DE CAPACITACIÓN PARA LA ENSEÑANZA A COLABORADORES DE UNA CAFETERÍA EN UN COMPLEJO COMERCIAL ACERCA DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS.....	244
J. MÓDULO 10: SISTEMATIZACIÓN EN UNA GUÍA, DE LOS PASOS ESTABLECIDOS PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS DENTRO DE UN RESTAURANTE DE COMIDA RÁPIDA UBICADO EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	251
VII. RESULTADOS	256
A. MÓDULO 1: EVALUACIÓN Y PROPUESTA PARA EL DISEÑO PRELIMINAR DE COMPOSTERA CON SISTEMA AERÓBICO EN UN COMPLEJO COMERCIAL	256
B. MÓDULO 2: EVALUACIÓN DE PROCESO ANAERÓBICO PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL	265
C. MÓDULO 3: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE BIODIÉSEL	268
D. MÓDULO 4: EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE LA INSTALACIÓN DE UN GENERADOR ELÉCTRICO OPERADO CON BIODIÉSEL PARA CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	278
E. MÓDULO 5: EVALUACIÓN TÉCNICA Y PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LAVADO DE BIODIÉSEL EN UN COMPLEJO COMERCIAL	283
F. MÓDULO 6: AUDITORÍA, DIAGNÓSTICO E IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA DE OFICINA VERDE EN INSTALACIONES ADMINISTRATIVAS DE UN COMPLEJO COMERCIAL.....	291
G. MÓDULO 7: ANÁLISIS FINANCIERO DE PROYECTO Y PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE MANEJO DE RESIDUOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL	296
H. MÓDULO 8: ESTUDIO DE PROCESOS, LOGÍSTICA, Y GESTIÓN DE PROYECTO SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	329
I. MÓDULO 9: TALLER DE CAPACITACIÓN PARA LA ENSEÑANZA A COLABORADORES DE UNA CAFETERÍA EN UN COMPLEJO COMERCIAL ACERCA DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS.....	360
J. MÓDULO 10: SISTEMATIZACIÓN EN UNA GUÍA, DE LOS PASOS ESTABLECIDOS PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS DENTRO DE UN RESTAURANTE DE COMIDA RÁPIDA UBICADO EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	369
VIII. DISCUSIÓN RESULTADOS	378
A. MÓDULO 1: EVALUACIÓN Y PROPUESTA PARA EL DISEÑO PRELIMINAR DE COMPOSTERA CON SISTEMA AERÓBICO EN UN COMPLEJO COMERCIAL ”	378
B. MÓDULO 2: EVALUACIÓN DE PROCESO ANAERÓBICO PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL	386
C. MÓDULO 3: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE BIODIÉSEL	391

D. MÓDULO 4: EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE LA INSTALACIÓN DE UN GENERADOR ELÉCTRICO OPERADO CON BIODIÉSEL PARA CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	397
E. MÓDULO 5: EVALUACIÓN TÉCNICA Y PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LAVADO DE BIODIÉSEL EN UN COMPLEJO COMERCIAL	403
F. MÓDULO 6: AUDITORÍA, DIAGNÓSTICO E IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA DE OFICINA VERDE EN INSTALACIONES ADMINISTRATIVAS DE UN COMPLEJO COMERCIAL.....	408
G. MÓDULO 7: ANÁLISIS FINANCIERO DE PROYECTO Y PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE MANEJO DE RESIDUOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL	415
H. MÓDULO 8: ESTUDIO DE PROCESOS, LOGÍSTICA, Y GESTIÓN DE PROYECTO SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	432
I. MÓDULO 9: TALLER DE CAPACITACIÓN PARA LA ENSEÑANZA A COLABORADORES DE UNA CAFETERÍA EN UN COMPLEJO COMERCIAL ACERCA DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS	446
J. MÓDULO 10: SISTEMATIZACIÓN EN UNA GUÍA DE LOS PASOS ESTABLECIDOS PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS DENTRO DE UN RESTAURANTE DE COMIDA RÁPIDA UBICADO EN UN COMPLEJO COMERCIAL	448
IX. CONCLUSIONES.....	451
X. RECOMENDACIONES	461
XI. BIBLIOGRAFÍA	471
XII. ANEXOS	479
ANEXO A: MÓDULO 1 EVALUACIÓN Y PROPUESTA PARA EL DISEÑO PRELIMINAR DE COMPOSTERA CON SISTEMA AERÓBICO EN UN COMPLEJO COMERCIAL	479
ANEXO B: MÓDULO 2 EVALUACIÓN DE PROCESO ANAERÓBICO PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL	498
ANEXO C: MÓDULO 3 EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE BIODIESEL	528
ANEXO D: PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A NIVEL LABORATORIO.....	540
ANEXO E: CÁLCULOS DE MUESTRA.....	541
ANEXO F: CANTIDAD DE MATERIA PRIMA REQUERIDA PARA LA PRODUCCIÓN DE UN LOTE.	544
ANEXO G: CARACTERÍSTICAS DE DISTINTAS PLANTAS A NIVEL MUNDIAL	545
ANEXO H: COSTO DE PRODUCCIÓN	548
ANEXO I: COTIZACIONES	560
ANEXO J: MÓDULO 4 EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE LA INSTALACIÓN DE UN GENERADOR ELÉCTRICO OPERADO CON BIODIÉSEL PARA CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	582
ANEXO K: MÓDULO 5 EVALUACIÓN TÉCNICA Y PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LAVADO DE BIODIÉSEL EN UN COMPLEJO COMERCIAL	626

ANEXO L: MÓDULO 6 AUDITORÍA, DIAGNÓSTICO E IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA DE OFICINA VERDE EN INSTALACIONES ADMINISTRATIVAS DE UN COMPLEJO COMERCIAL.....	675
ANEXO M: MÓDULO 7 ANÁLISIS FINANCIERO DE PROYECTO Y PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE MANEJO DE RESIDUOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	761
ANEXO N: MÓDULO 8 ESTUDIO DE PROCESOS, LOGÍSTICA, Y GESTIÓN DE PROYECTO SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	808
ANEXO O: MÓDULO 9 TALLER DE CAPACITACIÓN PARA LA ENSEÑANZA A COLABORADORES DE UNA CAFETERÍA EN UN COMPLEJO COMERCIAL ACERCA DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS.....	873
ANEXO P: MÓDULO 10 SISTEMATIZACIÓN EN UNA GUÍA, DE LOS PASOS ESTABLECIDOS PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS DENTRO DE UN RESTAURANTE DE COMIDA RÁPIDA UBICADO EN UN COMPLEJO COMERCIAL.....	15
XIII. GLOSARIO	944

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Parámetros del compostaje	31
Cuadro 2: Compuestos del fertilizante y cantidades recomendadas	33
Cuadro 3: Composición del biogás	40
Cuadro 4: Características generales del biogás	41
Cuadro 5: Rangos de temperatura y tiempo de retención de proceso anaerobio.....	45
Cuadro 6: Ventajas y desventajas de utilizar la catálisis ácida como método de producción de biodiésel.	53
Cuadro 7: Ventajas y desventajas de utilizar la catálisis alcalina no iónica como método de producción de biodiésel.	53
Cuadro 8: Ventajas y desventajas de utilizar la catálisis alcalina como método de producción de biodiésel.	54
Cuadro 9: Ventajas y desventajas de utilizar la catálisis con lipasas como método de producción de biodiésel.	54
Cuadro 10: Ventajas y desventajas de utilizar la catálisis heterogénea como método de producción de biodiésel.	55
Cuadro 11: Ventajas y desventajas de utilizar la catálisis supercrítica como método de producción de biodiésel.	55
Cuadro 12: Ventajas y desventajas de trabajar con biodiésel.....	62
Cuadro 13: Límites de especificaciones en el biodiésel: propósito, importancia y efectos de su desviación	89

Cuadro 14: Recomendaciones de uso de biodiésel de los fabricantes de automóviles y motores	91
Cuadro 15: Límites permisibles de niveles de iluminación por área de trabajo	118
Cuadro 16: Niveles de presión sonora y límites de tiempo de exposición permisibles	119
Cuadro 17: Factores de peso por categoría para determinación de niveles de iluminación.....	121
Cuadro 18: Límites permisibles de niveles de iluminación para diferentes tareas.....	121
Cuadro 19: Relación entre áreas de conocimiento y grupos de proceso en la dirección de proyectos	141
Cuadro 20: Cantidad de material orgánico recuperado (kg) en el 2016 y 2017.....	173
Cuadro 21: Criterios para crecimientos porcentuales anuales en el complejo comercial	174
Cuadro 22: Productos químicos aplicados al compost en el complejo comercial	174
Cuadro 23: Características del aceite de cocina usado recolectado en el complejo comercial..	178
Cuadro 24: Características de biodiésel producido.	178
Cuadro 25: Determinación de porcentaje de remoción actual en la planta de tratamiento de agua del complejo comercial.....	179
Cuadro 26: Equipo y cristalería utilizada para la determinación de las características fisicoquímicas de las distintas muestras.....	202
Cuadro 27: Reactivos utilizados para la determinación de las características fisicoquímicas de las distintas muestras.	203
Cuadro 28: Ponderación y porcentaje utilizado para cada ítem analizado dentro de la matriz de selección.	206
Cuadro 29: Distribución de horas trabajadas diariamente durante una semana.	210
Cuadro 30: Prestaciones a pagar a cada uno de los empleados dentro del complejo comercial.	212
Cuadro 31: Cantidad de los equipos y servicios de limpieza utilizados en la producción de biodiésel.	213
Cuadro 32: Equipo y cristalería utilizados por cada lavado de biodiésel.	221
Cuadro 33: Equipo y cristalería para la prueba de pH.....	221
Cuadro 34: Equipo y cristalería utilizados en la caracterización de sólidos suspendidos totales	222
Cuadro 35: Equipo y cristalería para la determinación de DQO.	223
Cuadro 36: Equipo y cristalería para la determinación de concentración de DBO.	223
Cuadro 37: Volumen de las muestras utilizadas en la experimentación	227
Cuadro 38: : Equipo y cristalería para la determinación de DQO.	227
Cuadro 39: Altura de los materiales experimentales	228
Cuadro 40: Equipo y cristalería para la prueba experimental.....	229
Cuadro 41: Equipos utilizados para realizar las mediciones en el área administrativas del complejo comercial.....	234

Cuadro 42: Herramientas empleadas en el módulo del proyecto	237
Cuadro 43: Herramientas empleadas en el módulo del proyecto	238
Cuadro 44: Análisis de compost terminado para lotes realizados en la planta actual	256
Cuadro 45: Material utilizado para las muestras de compost analizado a escala laboratorio.....	257
Cuadro 46: Rangos de contenido de agua y sólidos totales para las muestras evaluadas a escala laboratorio	260
Cuadro 47: Rangos de pH para las muestras evaluadas a escala laboratorio a temperatura....	260
Cuadro 48: Densidad promedio de las muestras analizadas a escala laboratorio a temperatura	260
Cuadro 49: Análisis de compost terminado para lotes realizados a escala laboratorio	261
Cuadro 50: Balances de masa para las muestras analizadas a escala laboratorio	262
Cuadro 51: Rendimiento de producción de compost.....	262
Cuadro 52: Dimensiones de las pilas de compostaje.....	263
Cuadro 53: Proyección de recolección del material orgánico.....	263
Cuadro 54: Condiciones de las corrientes del esquema de entradas y salidas	264
Cuadro 55: Equipo a Utilizar	265
Cuadro 56 Caracterización material orgánico sólido	265
Cuadro 57: Comparación de parámetros de operación teóricos y experimentales	266
Cuadro 58: Características determinadas del material orgánico encontradas para cálculo del índice de producción de metano	266
Cuadro 59: Estimación de generación de biogás y potencial energético del residuo orgánico ..	267
Cuadro 60: Análisis efectuados en la caracterización del aceite del complejo comercial.....	268
Cuadro 61: Análisis efectuados en la caracterización del biodiésel producido	268
Cuadro 62: Costo de la caracterización de aceite, dependiendo del análisis efectuado.	269
Cuadro 63: Costo de la caracterización de biodiésel, dependiendo del análisis efectuado.....	269
Cuadro 64: Matriz de selección de la planta de producción de biodiésel.....	272
Cuadro 65: Comparación de las posibles plantas para la producción de biodiésel en el complejo comercial.....	273
Cuadro 66: Costo por kilogramo para cada una de las plantas de producción de interés.	274
Cuadro 67: Ahorros anuales para las plantas propuestas.....	275
Cuadro 68: Egresos anuales en la planta Freedom BioFuelers LLC.	275
Cuadro 69: Flujo de efectivo para la planta Freedom BioFuelers LLC.....	276
Cuadro 70: Indicador de rentabilidad del proyecto al trabajar con la planta Freedom BioFuelers LLC.....	276
Cuadro 71: Egresos anuales para la planta Springboard Biodiesel.	277
Cuadro 72: Flujo de efectivo para la planta Springboard Biodiesel.....	277

Cuadro 73: Indicador de rentabilidad del proyecto al trabajar con la planta SpringBoard Biodiesel.	278
Cuadro. 74: Matriz de selección para el grupo electrógeno	278
Cuadro 75: Matriz de selección para el motor de combustión interna	278
Cuadro 76: Matriz de selección para el generador eléctrico	279
Cuadro 77: Análisis económico para los grupos electrógenos marca Power Link de los proveedores Tecni Group y PROEQUIPSA.....	280
Cuadro 78: Determinación del requerimiento energético de los equipos eléctricos	281
Cuadro 79: Determinación del requerimiento energético del árbol navideño.....	281
Cuadro 80: Caracterización de pruebas básicas para biodiésel	282
Cuadro 81: Comparación entre el costo de conectar los equipos con la tarifa eléctrica y el costo al implementar el generador eléctrico.....	282
Cuadro 82: Comparación entre el costo de conectar el árbol de Navidad con la tarifa eléctrica y el costo al implementar el generador eléctrico.	283
Cuadro 83: Evaluación de satisfacción de la PTAR instalada de un complejo comercial.....	283
Cuadro 84: Parámetros de contaminantes presentes en el agua residual del proceso de biodiésel y evaluación de satisfacción de acuerdo al Artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006.....	284
Cuadro 85: Materia prima utilizada en la producción de biodiésel.	287
Cuadro 86: Productos y subproductos obtenidos.....	287
Cuadro 87: Dimensiones de la altura de los medios para el tratamiento de agua residual proveniente de la producción de biodiésel.	289
Cuadro 88: Operación del sistema.	289
Cuadro 89: Información de tanque comercial propuesto.....	290
Cuadro 90: Condiciones del agua tratada en la salida del diseño	290
Cuadro 91: Costos de los materiales para el sistema de tratamiento de agua	291
Cuadro 92: Resumen de resultados obtenido de la auditoría de recursos utilizados en el área administrativa del complejo comercial	291
Cuadro 93: Resumen de resultados obtenido de la auditoría salud ocupacional de los colaboradores del área administrativa del complejo comercial	292
Cuadro 94: Línea base de indicadores de desempeño generados que deben ser monitoreados	293
Cuadro 95: Resumen de recomendaciones identificadas, beneficios y resultados esperados. .	294
Cuadro 96: Miembros del comité de Oficina Verde conformado en complejo comercial	295
Cuadro 97: Resultado de estudio de tiempos y distancias de macromovimientos de diagrama de recorridos	299
Cuadro 98: Detalle de tipos de contenedores	300
Cuadro 99: Detalle de residuos analizados	301

Cuadro 100: Tiempos y distancias en distribución propuesta	301
Cuadro 101: Comparación de tiempo por transporte en distribución actual vs distribución propuesta	302
Cuadro 102: Lista de cotejo de ubicación trituradora	305
Cuadro 103: Lista de cotejo ubicación compactadora.....	305
Cuadro 104: Matriz de análisis de riesgos cualitativa de situación actual.....	307
Cuadro 105: Matriz de riesgos cualitativos al implementar compactadora y trituradora	311
Cuadro 106: Detalle financiero de situación A (actual) en escenario realista	313
Cuadro 107: Detalle financiero situación B (independizarse) en escenario realista	314
Cuadro 108: Criterios de selección trituradora	317
Cuadro 109: Matriz de selección trituradora.....	318
Cuadro 110: Detalle de costos de trituradoras	318
Cuadro 111: Estado proyectado financiero trituradora ENERPAT (China)	319
Cuadro 112: Estado proyectado financiero trituradora SATRIN (Italia)D	319
Cuadro 113: Estado proyectado financiero trituradora PROSERVA (Guatemala).....	319
Cuadro 114: Detalle financiero de situación C (independizarse + inversión maquinaria) en escenario realista	320
Cuadro 115: Estado de resultados y flujo de efectivo situación A en escenario realista	325
Cuadro 116: Estado de resultados y flujo de efectivo situación B en escenario realista	326
Cuadro 117: Estado de resultados y flujo de efectivo situación C en escenario realista	327
Cuadro 118: Estado proyectado financiero situación A en escenario realista	328
Cuadro 119: Estado proyectado financiero situación B en escenario realista	328
Cuadro 120: Estado proyectado financiero situación C en escenario realista	328
Cuadro 121: Análisis crítico de ruta de recolección.....	329
Cuadro 122. Análisis crítico de recolección en punto x	330
Cuadro 123: Tiempos de separación actual en la PMDS.....	331
Cuadro 124: Análisis crítico proceso de separación.....	333
Cuadro 125: Clasificación Ax, Ay, Az de residuos orgánico.....	335
Cuadro 126: Clasificación Bx, By, Bz de residuos orgánicos	336
Cuadro 127: Clasificación Cx de residuos orgánico	336
Cuadro 128: Clasificación Cy de residuos orgánico	337
Cuadro 129: Clasificación Cz de residuos orgánicos	338
Cuadro 130: Observaciones de implementación de herramienta	340
Cuadro 131: Tiempos de separación de la prueba piloto	343
Cuadro 132: Resultados de locales/restaurantes de donde se obtuvo la muestra de la prueba piloto	343
Cuadro 133: Pruebas de hipótesis de tiempo/masa de material orgánico	344

Cuadro 134: Prueba de hipótesis tiempo/bolsa	344
Cuadro 135: Resultados de prueba de cultura	346
Cuadro 136: Observaciones en punto de colocación de basureros de prueba de cultura	346
Cuadro 137: Observaciones de bolsas de prueba de cultura en PMDS	346
Cuadro 138: Ruta de recolección mejorada contra actual.....	346
Cuadro 139: ABC de pesos en ruta de recolección.....	347
Cuadro 140: Rutas de recolección mejoradas con clasificación ABC	348
Cuadro 141: Mejora de distancia con ABC.....	348
Cuadro 142: Resultados de mejora de proceso de recolección	348
Cuadro 143: Resultados de mejora en proceso de separación	350
Cuadro 144: Estrategias a implementar con interesados del proyecto	350
Cuadro 145: Clasificación de riesgos del proyecto según matriz de la Figura 86	354
Cuadro 146: Plan de respuesta a riesgos con alta probabilidad e impacto del cuadro anterior .	354
Cuadro 147: Documento de cierre del proyecto	356
Cuadro 148: Lecciones aprendidas en el proyecto	358
Cuadro 149: Porcentaje de colaboradores que conocen conceptos básicos de educación ambiental y diferencias entre ellos.	360
Cuadro 150: Cultura de manejo de residuos en espacio de trabajo, conocido y propio	360
Cuadro 151: Disposición para considerar sistema de manejo de residuos.....	361
Cuadro 152: Concepto de residuo y desecho.	361
Cuadro 153-Tabulación de observaciones sobre el manejo de residuos sólido actual de cafetería.	362
Cuadro 154: Sugerencias y comentarios de expertos	363
Cuadro 155: Rúbrica para evaluar el plan de taller de capacitación	366
Cuadro 156: Verificación de tiempos de desarrollo de actividades	367
Cuadro 157: Lista de cotejo para verificar actividades de planificación respondan a los objetivos del taller según perspectiva de participante	368
Cuadro 158: vaciado de diario de campo	369
Cuadro 159 respuesta de colaboradores de su interpretación del tema manejo integral de residuos	370
Cuadro 160 Mencione las categorías en las que se clasifican los residuos dentro de la cocina de este restaurante:	370
Cuadro 161: Rúbrica de validación de experto para taller de refuerzo	371
Cuadro 162: Rúbrica de validación de experto para evaluación de taller de inducción	373
Cuadro 163: Rúbrica de validación de experto respecto a la sistematización de los pasos.....	374
Cuadro No. 164: Total de residuos pronosticados para 2017 en tres escenarios	427
Cuadro No. 165: Crecimiento anual de generación de residuos en tres escenarios	428

Cuadro 166: Datos de temperatura (°C) proporcionados de un lote de compost procesado en el complejo Comercial.....	479
Cuadro 167: Datos de temperatura (+0.1°C) obtenidos de la muestra 0 analizada a escala laboratorio	480
Cuadro 168: Datos de temperatura (°C) obtenidos de las muestras 1, 2 y 3 analizadas a escala laboratorio.	481
Cuadro 169: Datos de humedad medidos para la muestra 0 evaluada a escala laboratorio.....	482
Cuadro 170: Datos de pH medidos para la muestra 0 evaluada a escala laboratorio	482
Cuadro 171: Datos de densidad medidos para la muestra 0 evaluada a escala laboratorio	482
Cuadro 172: Datos de humedad medidos para la muestra 1 evaluada a escala laboratorio.....	483
Cuadro 173: Datos de pH medidos para la muestra 1 evaluada a escala laboratorio	483
Cuadro 174: Datos de densidad medidos para la muestra 1 evaluada a escala laboratorio	483
Cuadro 175: Datos de humedad medidos para la muestra 2 evaluada a escala laboratorio.....	484
Cuadro 176: Datos de pH medidos para la muestra 2 evaluada a escala laboratorio	484
Cuadro 177: Datos de densidad medidos para la muestra 2 evaluada a escala laboratorio	484
Cuadro 178: Datos de humedad medidos para la muestra 3 evaluada a escala laboratorio.....	485
Cuadro 179: Datos de pH medidos para la muestra 3 evaluada a escala laboratorio	485
Cuadro 180: Datos de densidad medidos para la muestra 3 evaluada a escala laboratorio	485
Cuadro 181: Especificaciones de potenciómetro utilizado para medir pH	486
Cuadro 182: Especificaciones de la balanza de humedad utilizada para determinar el porcentaje de humedad	486
Cuadro 183: Especificaciones de la balanza analítica utilizada para determinar masas.....	486
Cuadro 184: Especificaciones del procesador de alimentos utilizado para reducir el tamaño de partícula	486
Cuadro 185: Especificaciones del termómetro utilizado en el complejo comercial	487
Cuadro 186: Especificaciones del equipo de trituración propuesto.....	492
Cuadro 187: Parámetros de diseño	496
Cuadro 188: Especificaciones de potenciómetro utilizado para determinación de pH	501
Cuadro 189: Especificaciones de colorímetro utilizado para determinación de DQO.....	501
Cuadro 190: Especificaciones de reactor utilizado para determinación de DQO.....	501
Cuadro 191: Especificaciones de balanza de humedad utilizada para determinación de porcentaje de humedad	501
Cuadro 192: Especificaciones de balanza analítica utilizada para determinación de masa.....	502
Cuadro 193: Especificaciones de mufla utilizada para determinación de ST y SV	502
Cuadro 194: Datos de pH, humedad y DQO de materia prima	502
Cuadro 195: Datos para determinación de densidad de materia prima	502
Cuadro 196: Datos para determinación de sólidos totales y sólidos volátiles de materia prima.	503

Cuadro 197: Datos para determinación de sólidos totales y sólidos volátiles de material de entrada	503
Cuadro 198: Monitoreo de pH.....	504
Cuadro 199: Monitoreo de temperatura.....	505
Cuadro 200: Monitoreo de nivel de agua en trampas de biogás	506
Cuadro 201: Datos para determinación de sólidos totales y sólidos volátiles de material de salida	507
Cuadro 202: Demanda química de oxígeno de material de entrada.....	507
Cuadro 203: Demanda química de oxígeno de material de salida.....	507
Cuadro 204: Densidad calculada de materia prima.....	513
Cuadro 205: Sólidos totales calculados de materia prima.....	513
Cuadro 206: Sólidos volátiles calculados de materia prima	513
Cuadro 207: Sólidos totales calculados de material de entrada	514
Cuadro 208: Sólidos volátiles calculados de material de entrada	514
Cuadro 209: Sólidos totales calculados de material de salida	515
Cuadro 210: Sólidos volátiles calculados de material de salida.....	515
Cuadro 211: DQO, ST y SV removidos y porcentajes de reducción	516
Cuadro 212: Volumen de biogás acumulado.....	516
Cuadro 213: Valores de IPM calculados a partir de DQO y SV	517
Cuadro 214: Estimaciones de generación de biogás	518
Cuadro 215: Proyecciones de generación de material orgánico del complejo.....	518
Cuadro 216: Estimaciones de generación de biogás para datos actuales y proyectados del complejo.....	518
Cuadro 217: Estimaciones energéticas para datos actuales y proyectados del complejo.....	518
Cuadro 218: Datos originales de las pruebas de densidad.....	528
Cuadro 219: Datos originales de las pruebas de pH.....	528
Cuadro 220: Datos originales de las pruebas de humedad.....	529
Cuadro 221: Datos originales de las pruebas de viscosidad.....	529
Cuadro 222: Datos originales de las pruebas de índice de acidez.	530
Cuadro 223: Datos originales de las pruebas de agua y sedimentación.	530
Cuadro 224: Datos calculados de las pruebas de densidad.	531
Cuadro 225: Datos calculados de las pruebas de humedad y materiales volátiles.	531
Cuadro 226: Datos calculados de las pruebas de viscosidad.	532
Cuadro 227: Datos calculados de las pruebas de índice de acidez.....	532
Cuadro 228: Datos originales de las pruebas de densidad del biodiésel lavado.	533
Cuadro 229: Datos originales de las pruebas de densidad del biodiésel no lavado.	533
Cuadro 230: Datos originales de las pruebas de pH.....	534

Cuadro 231: Datos originales de las pruebas 3/27.....	534
Cuadro 232: Datos originales de las pruebas de viscosidad.....	535
Cuadro 233: Datos originales de las pruebas de índice de acidez.	535
Cuadro 234: Datos originales de las pruebas de agua y sedimentación.	536
Cuadro 235: Datos calculados de las pruebas de densidad del biodiésel lavado.....	536
Cuadro 236: Datos calculados de las pruebas de densidad del biodiésel no lavado.	537
Cuadro 237: Datos calculados de las pruebas de viscosidad.	537
Cuadro 238: Datos calculados de las pruebas de índice de acidez.....	538
Cuadro 239: Especificaciones técnicas de la cristalería utilizada.	538
Cuadro 240: Especificaciones técnicas de los equipos utilizados.....	539
Cuadro 241: Cantidad de materia prima utilizada experimentalmente para la producción de biodiésel a nivel laboratorio.	540
Cuadro 242: Cantidad de subproductos obtenidos de la producción de biodiésel a nivel laboratorio.	540
Cuadro 243: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta RENOV 200-2017.....	545
Cuadro 244: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta 100 LPB.	545
Cuadro 245: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta 1895.....	546
Cuadro 246: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta PULSAR- CT805	546
Cuadro 247: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta 40 gallon survivor fueler.	546
Cuadro 248: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta BioPro TM 190.....	547
Cuadro 249: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta FuelPod 3.	547
Cuadro 250: Costo de guantes desechables de nitrilo de NA35.....	561
Cuadro 251: Costo del agua por consumo mensual en zona 16 de la Ciudad de Guatemala. ..	563
Cuadro 252: Costo de la electricidad por consumo mensual en zona 16 de la Ciudad de Guatemala.	563
Cuadro 253: Costo de repuestos para la instalación eléctrica.	563
Cuadro 254: Costo de equipos de limpieza.	564
Cuadro 255: Costo del agua por consumo mensual en zona 16 de la Ciudad de Guatemala ...	615
Cuadro 256: Costo de la electricidad por consumo mensual en zona 16 de la Ciudad de Guatemala	615
Cuadro 257: Especificaciones técnicas de los equipos del complejo comercial	616
Cuadro 258: Caracterización de biodiésel.....	616
Cuadro 259: Especificaciones técnicas del árbol de Navidad	617
Cuadro 260: Matriz de selección de parámetros de mayor importancia para la elección de motor	618
Cuadro 261: Principales parámetros de selección del generador eléctrico	618

Cuadro 262: Matriz de selección de Grupo Electrónico	619
Cuadro 263: Cálculo para el pago de empleados semanal.....	619
Cuadro 264: Flujo de efectivo para Grupo Electrónico Power Links (Tecni Group)	620
Cuadro 265: Flujo de efectivo para Grupo Electrónico Power Links (PROEQUIPSA)	620
Cuadro 266: Resultados de TIR, TMAR, VAN y PRI para los Grupos Electrónicos Power Links (PROEQUIPSA) y Tecni group	621
Cuadro 267: Detalle de costos para Grupo Electrónico (Tecni Group).....	621
Cuadro 268: Detalle de costos para Grupo Electrónico (PROEQUIPSA).....	622
Cuadro 269: Modelos propuestos de vehículos eléctricos para conectar al generador.....	623
Cuadro 270: Especificaciones de equipo.....	626
Cuadro 271: Especificaciones de la cristalería.....	626
Cuadro 272: Cantidad de agua utilizada experimentalmente para el lavado de biodiésel a nivel laboratorio, lote 1 de biodiésel.....	627
Cuadro 273: Cantidad de agua utilizada experimentalmente para el lavado de biodiésel a nivel laboratorio, lote 2 de biodiésel	628
Cuadro 274: Cantidad de agua utilizada experimentalmente para el lavado de biodiésel a nivel laboratorio, lote 3 de biodiésel.....	628
Cuadro 275: Diferencia de volumen de agua de lavado de entrada y salida, lote 1	629
Cuadro 276: Diferencia de volumen de agua de lavado de entrada y salida, lote 2	629
Cuadro 277: Diferencia de volumen de agua de lavado de entrada y salida, lote 3	630
Cuadro 278: Porcentaje de compuestos solubles en agua presente por lavado de 3 lotes	630
Cuadro 279: Medición de pH, por lavada, lote 1 de biodiésel.....	631
Cuadro 280: Medición de pH, por lavada, lote 2 de biodiésel	632
Cuadro 281: Medición de pH, por lavada, lote 3 de biodiésel	632
Cuadro 282: Medición de turbidez, por lavada, lote 1 de biodiésel.....	633
Cuadro 283: Medición de turbidez, por lavada, lote 2 de biodiésel.....	633
Cuadro 284: Medición de turbidez, por lavada, lote 3 de biodiésel.....	634
Cuadro 285: Medición de sólidos suspendidos totales, por lavada, lote 1 de biodiésel	634
Cuadro 286: Medición de sólidos suspendidos totales, por lavada, lote 2 de biodiésel	634
Cuadro 287: Medición de sólidos suspendidos totales, por lavada, lote 3 de biodiésel	635
Cuadro 288: Medición de DQO para mezcla de tres lavados de cada lote.....	635
Cuadro 289: Datos originales DBO.....	635
Cuadro 290: Filtración de muestras de agua residual	636
Cuadro 291: Promedio de pH del agua de lavado de biodiésel y desviación estándar, por lote	636
Cuadro 292: Promedio de turbidez del agua de lavado de biodiésel y desviación estándar, por lote	637
Cuadro 293: Cantidad de sólidos suspendidos totales lote 1.....	637

Cuadro 294: Cantidad de sólidos suspendidos totales lote 2.....	637
Cuadro 295: Cantidad de sólidos suspendidos totales lote 3.....	638
Cuadro 296: Promedio de sólidos suspendidos totales presentes en el agua de lavado de biodiésel y desviación estándar, por lote	638
Cuadro 297: Promedio de DQO en agua de lavado de biodiésel y desviación estándar, por lote	638
Cuadro 298: Adsorción con carbón activado.....	638
Cuadro 299: Datos de prueba de adsorción de DQO.....	639
Cuadro 300: Datos originales de sólidos suspendidos totales en agua residual de lavado de biodiésel después de la prueba en planta piloto.....	639
Cuadro 301: Medición de turbidez antes y después de pasar a través del lecho de filtración....	639
Cuadro 302: Mediciones de pH	640
Cuadro 303: Tiempo que tardó el agua en descender por la columna de filtración	640
Cuadro 304: Detalle de reducción de sólidos suspendidos totales en lecho experimental.....	640
Cuadro 305: Porcentaje de reducción de turbidez en el lecho de adsorción y filtración.....	640
Cuadro 306: Cálculo de reducción de pH.....	641
Cuadro 307: Tasa de filtrado experimental.....	641
Cuadro 308: Información de los materiales utilizados experimentalmente	641
Cuadro 309: Tiempos de cambio de filtro de acuerdo a su uso	642
Cuadro 310: Parámetros de comportamiento de adsorción	645
Cuadro 311: Parámetros de Freundlich.....	646
Cuadro 312: Masa requerida para la reducción de DQO hasta 100 mg/L.....	646
Cuadro 313: Reporte de residuos recuperados de enero de 2016 a agosto de 2017	764
Cuadro 314: Proporción de residuos recuperados en base a reportes de enero de 2016 a agosto de 2017	765
Cuadro 315: Distribución de probabilidad de reporte de residuos recuperados	766
Cuadro 316: Niveles aceptables de carga.....	767
Cuadro 317: Niveles aceptables de empuje	767
Cuadro 318: Niveles aceptables de arrastre.....	767
Cuadro 319: Niveles de iluminación recomendados para utilizarse en alumbrado de interiores	768
Cuadro 320: Factores de ponderación para selección de niveles de iluminación de cada categoría	769
Cuadro 321: Exposiciones de ruido permitidas	769
Cuadro 322: Levantamiento de datos de precio de abono.....	781
Cuadro 323 Precios cotización de equipo de oficina.....	781
Cuadro 324: Precios cotización equipo industria.....	781
Cuadro 325: Cotización insumos de limpieza.....	782

Cuadro 326: Levantamiento de datos precios material reciclable	782
Cuadro 327: Detalle financiero de situación A (actual) en escenario pesimista.....	786
Cuadro 328: Detalle financiero de situación A (actual) en escenario optimista	787
Cuadro 329: Detalle financiero de situación B (independizarse) en escenario pesimista.....	788
Cuadro 330: Detalle financiero de situación B (independizarse) en escenario optimista	791
Cuadro 331: Detalle financiero de situación C (independizarse + inversión maquinaria) en escenario pesimista	794
Cuadro 332: Detalle financiero de situación C (independizarse + inversión maquinaria) en escenario optimista	798
Cuadro 333: Estado de resultados y flujo de efectivo situación A en escenario pesimista.....	803
Cuadro 334 Estado de resultados y flujo de efectivo situación A en escenario optimista	803
Cuadro 335: Estado de resultados y flujo de efectivo situación B en escenario pesimista.....	804
Cuadro 336: Estado de resultados y flujo de efectivo situación B en escenario optimista	804
Cuadro 337: Estado de resultados y flujo de efectivo situación C en escenario pesimista	805
Cuadro 338: Estado de resultados y flujo de efectivo situación C en escenario optimista	805
Cuadro 339: Estado proyectado financiero situación A en escenario pesimista.....	806
Cuadro 340: Estado proyectado financiero situación A en escenario optimista	806
Cuadro 341: Estado proyectado financiero situación B en escenario pesimista.....	807
Cuadro 342: Estado proyectado financiero situación B en escenario optimista	807
Cuadro 343: Estado proyectado financiero situación C en escenario pesimista.....	807
Cuadro 344: Estado proyectado financiero situación C en escenario optimista	808
Cuadro 345: Tabulación de información en proceso de recolección en fin de semana.....	809
Cuadro 346: Tabulación de información proceso de recolección entre semana.....	812
Cuadro 347: Tabulación de respuestas de encuesta de plan de necesidades	818
Cuadro 348: Dimensiones de basureros de lugares donde se obtuvo la muestra para la prueba piloto.....	832
Cuadro 349: Tabulación de resultados de prueba de cultura.....	838
Cuadro 350: Matriz de distancias entre puntos (jornada matutina 1).....	839
Cuadro 351: Matriz de distancias entre puntos (jornada matutina 2).....	840
Cuadro 352: Matriz de distancias entre puntos (jornada vespertina 1)	841
Cuadro 353: Matriz de distancias entre puntos (jornada vespertina 2)	842
Cuadro 354: Matriz de distancias entre puntos (jornada nocturna).....	843
Cuadro 355. Matriz de distancias con análisis ABC de peso (jornada matutina 1).....	844
Cuadro 356. Matriz de distancias con análisis ABC de peso (jornada matutina 2).....	844
Cuadro 357. Matriz de distancias con análisis ABC de peso (jornada vespertina 1).....	845
Cuadro 358. Matriz de distancias con análisis ABC de peso (jornada vespertina 2)	845
Cuadro 359 Matriz de distancias con análisis ABC de peso (jornada nocturna)	846

Cuadro 360. Cálculo de depreciación de vehículo empleado	846
Cuadro 361. Diccionario EDT	855
Cuadro 362. Costos del módulo de tratamiento de residuos sólidos	866
Cuadro 363. Costos del módulo de evaluación técnica de una planta de biodiésel	866
Cuadro 364. Costos empleados en la optimización de procesos y logística.....	867
Cuadro 365: Validación rúbrica de validación de experto para taller de refuerzo	938
Cuadro 366: Rúbrica de validación de experto para evaluación del taller de inducción	940
Cuadro 367: Rubrica de validación de experto respecto a la sistematización de los pasos:.....	941

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1: Volumen y masa de la pila triangular (Paul, 2008)	36
Ecuación 2: Volumen y masa de pila trapezoidal (Paul, 2008)	37
Ecuación 3: IPM respecto a DQO (Ventura, 2014).....	47
Ecuación 4: IPM respecto a SV (Rocha, 2015)	48
Ecuación 5: Porcentaje de sólidos totales (EPA, 2001) e (INVEMAR, 2003)	48
Ecuación 6: Sólidos totales (EPA, 2001) e (INVEMAR, 2003)	48
Ecuación 7: Porcentaje de sólidos volátiles (EPA, 2001) e (INVEMAR, 2003)	49
Ecuación 8: Sólidos volátiles (EPA, 2001) e (INVEMAR, 2003).....	49
Ecuación 9: Reacción de degradación biológica	50
Ecuación 10: Reacción de degradación química.....	50
Ecuación 11: Taza Interna de Retorno	64
Ecuación 12: Valor neto actual	65
Ecuación 13: pH.....	101
Ecuación 14: flujo del líquido	105
Ecuación 15: pérdida de fricción en lecho de filtración.....	105
Ecuación 16: coeficiente de filtro	105
Ecuación 17: número de Reynolds	106
Ecuación 18: Isoterma de Freundlich	107
Ecuación 19: Isoterma de Freundlich	108
Ecuación 20: Sólidos Totales (% en base a muestra húmeda)	191
Ecuación 21: Contenido de Agua (% en base a muestra húmeda).....	191
Ecuación 22: Densidad	192
Ecuación 23: Balance general de materia	193
Ecuación 24: Balance de Sólidos	193
Ecuación 25: Balance de Agua.....	194

Ecuación 26: Balance de Pérdidas	194
Ecuación 27: Porcentaje de Conversión	194
Ecuación 28: Rendimiento de Producción	195
Ecuación 29: Porcentaje de Error	195
Ecuación 30: Costo de reactivos	208
Ecuación 31. Costo de electricidad consumida	208
Ecuación 32. Costo de agua consumida	209
Ecuación 33. Pago hora ordinaria.....	211
Ecuación 34. Pago hora extraordinaria.....	211
Ecuación 35. Pago hora extra extraordinaria	211
Ecuación 36. Pago de séptimo día	211
Ecuación 37. Depreciación lineal.....	212
Ecuación 38: Isoterma de Freundlich	228
Ecuación 39 Tasa de filtrado	229
Ecuación 40: Volumen del picnómetro	541
Ecuación 41: Densidad de aceite de cocina usado	541
Ecuación 42: Viscosidad	541
Ecuación 43: Porcentaje de humedad y materiales volátiles	542
Ecuación 44: índice de acidez del aceite de cocina usado	542
Ecuación 45: Volumen del picnómetro	542
Ecuación 46: Densidad del biodiésel	543
Ecuación 47: Viscosidad del biodiésel.....	543
Ecuación 48: Masa de aceite de cocina usado	544
Ecuación 49: Volumen de metanol	544
Ecuación 50: Masa de hidróxido de sodio	544
Ecuación 51: Volumen de lecho de adsorción.....	647
Ecuación 52: Número de Reynolds	648
Ecuación 53: Pérdidas de fricción en tuberías	648
Ecuación 54: Pérdida de fricción en línea.....	649
Ecuación 55: Caída de presión en cabeza dinámica.....	649
Ecuación 56: Presión total de fricción	649
Ecuación 57: Antoine para presión del fluido	651

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Diagrama de bloques del proceso de separación de desechos	490
Diagrama 2: Proceso de compostaje aerobio.....	490
Diagrama 3 Diagrama de flujo de compostaje.....	491

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de residuos en planta de manejo de residuos sólidos del complejo comercial y su destino	21
Figura 2: Cantidad de residuos y porcentaje de material orgánico recolectado en PMDS en PMDS entre 2016 y 2017	22
Figura 3: Esquema del comportamiento de la temperatura y pH respecto a la fase de descomposición del compost.....	29
Figura 4: Sistemas de aireación forzada	34
Figura 5: Esquema de un sistema de aireación forzada positiva a) Distribución y dimensiones de la pila, b) Separación de tuberías en la pila.....	35
Figura 6: Sistema de recolección de lixiviados	36
Figura 7: Geometría de las pilas de compostaje. a) Triangular y b) Trapezoidal	36
Figura 8: Diagrama de reacciones y bacterias involucradas en digestión anaeróbica	42
Figura 9: Comportamiento de la acción metanogénica frente al pH	46
Figura 10: Diagrama de bloques del proceso de producción de biodiésel.....	56
Figura 11: Reacción de jabón de sodio con un ácido.....	57
Figura 12: Reacción química de transesterificación.....	60
Figura 13: Relación entre el Valor actual neto y la tasa interna de retorno.....	64
Figura 14: Componentes principales de un motor diésel	69
Figura 15: Ciclo de trabajo del motor diésel	70
Figura 16: Ciclo diésel estándar de aire	71
Figura 17: Modelo de formato de ficha de control de paros	80
Figura 18: Modelo de formato de ficha de inspección inicial para el motor.....	81
Figura 19: Modelo de formato de ficha de inspección en operación	82
Figura 20: Modelo de formato de ficha técnica del motor.....	84
Figura 21: Modelo de formato de ficha de actividades	85
Figura 22: Modelo de formato de ficha de orden de trabajo.....	87
Figura 23: Generador de corriente alterna de una bobina sencilla	92
Figura 24: Proceso de obtención de biodiésel (catálisis homogénea alcalina).....	94

Figura 25: Reacción global de transesterificación.....	94
Figura 26: Mecanismos de remoción en un filtro.....	102
Figura 27: Medios de filtración.....	103
Figura 28: Filtro bimedio, convencional de flujo descendente.....	104
Figura 29: Representación gráfica de la ecuación de Freundlich.....	108
Figura 30: Estadístico de prueba en pruebas de hipótesis con desviación estándar poblacional desconocida.....	134
Figura 31: Resumen de tipos de pruebas de hipótesis para desviación estándar desconocida.....	134
Figura 32: Niveles típicos de costo y dotación de personal en una estructura genérica del ciclo de vida de un proyecto.....	136
Figura 33: Impacto de las variables en función del tiempo del proyecto.....	137
Figura 34: Grupos de procesos de la dirección de proyectos.....	139
Figura 35: Ejemplo de método de la ruta crítica.....	146
Figura 36: Ejemplo del método de la cadena crítica.....	146
Figura 37: Matriz de probabilidad e impacto.....	149
Figura 38: Ejemplo de diagrama de árbol de decisiones.....	149
Figura 39: Programación de la capacitación.....	157
Figura 40: Proceso de retroalimentación.....	165
Figura 41: Dimensiones actuales de la compostera ubicada en el complejo comercial.....	173
Figura 42: Planta HFT EDUCATION modelo RNE280.....	177
Figura 43: Generación histórica de residuos durante los años 2016 y 2017.....	183
Figura 44: Equipo Springboard Biodiésel BioPro PM190.....	219
Figura 45: Metodología de recolección de muestras.....	220
Figura 46: Carbón activado marca Filtrex Green Block.....	226
Figura 47: Fases y secuencias de la metodología Investigación-Acción.....	245
Figura 48: Control de temperaturas para un lote en proceso de descomposición del complejo comercial.....	257
Figura 49: Control de temperaturas de muestra 0 evaluada a escala laboratorio.....	258
Figura 50: Control de temperaturas de muestras 1, 2 y 3 evaluadas a escala laboratorio.....	259
Figura 51: Esquema preliminar de entradas y salidas propuesto para el complejo comercial.....	264
Figura 52: Diagrama para ejemplificación de proceso de degradación.....	267
Figura 53: Comparación de estimación de producción de energía del complejo comercial, de acuerdo a su generación de residuos sólidos reportados y los calculados en Módulo 8.....	267
Figura 54: Cantidad de aceite recolectado mensualmente.....	270
Figura 55: Diagrama de flujo de los requerimientos para la producción de biodiésel.....	271
Figura 56: Proyección de la cantidad de aceite recolectado.....	285
Figura 57: Proyección de la cantidad de agua a tratar.....	286

Figura 58: Planos de la propuesta.....	288
Figura 59: Imagen de propuesta comercial	290
Figura 60: Organigrama del Comité de Oficina Verde del Complejo Comercial	295
Figura 61: Diagrama de procesos en la planta en situación actual.....	296
Figura 62: Diagrama de proceso para clasificar residuos	296
Figura 63: Diagrama de proceso para almacenar residuos.....	296
Figura 64: Diagrama de proceso para despachar residuos.....	296
Figura 65: Vista superior de PMDS en situación actual con dimensiones experimentales.....	297
Figura 66: Diagrama de recorridos en Vista superior de PMDS en situación actual.....	298
Figura 67: Vista superior de área para estación de trabajo de trituradora	303
Figura 68: Vista superior de área para estación de trabajo de compactadora.....	304
Figura 69: Vista superior de PMDS con distribución propuesta	306
Figura 70: DOP Proceso de recolección.....	329
Figura 71: DOP Proceso de separación	332
Figura 72: Distribución de inquilinos por tipos de residuos en el complejo comercial	333
Figura 73: Cantidad de locales con mayoría por cada tipo de residuo	334
Figura 74: Espacio para basureros adicionales en los locales del complejo comercial	334
Figura 75: Disposición de inquilinos para clasificar sus residuos.....	334
Figura 76: Matriz ABC, xyz para cualquier desecho.....	335
Figura 77: Diseño de separador en inventar para clasificación en restaurantes.....	339
Figura 78: Prototipo 1 de separador de basurero.....	339
Figura 79: Antes y después de basureros tras implementación de separador	341
Figura 80: Bolsas verdes y negras empleadas en prueba piloto para distinguir separación en orgánico e inorgánico.....	342
Figura 81: Botes separados en orgánico e inorgánico para prueba de cultura.....	345
Figura 82: Bote con división en orgánico e inorgánico para prueba de cultura.....	345
Figura 83: DOP mejorado de proceso de separación	349
Figura 84: Cuadrante de interesados del proyecto.....	350
Figura 85: Matriz de gestión de riesgos para categorizarlos por impacto y probabilidad	353
Figura 86: Cuadrante de riesgos categorizados en el proyecto	353
Figura 87: Cromatograma sobrepuesto de tres muestras de biogás	508
Figura 88: Cromatograma biogás RB	509
Figura 89: Cromatograma biogás RC	510
Figura 90: Cromatograma biogás RD	511
Figura 91: Cromatograma biogás RD muestra 2.....	512
Figura 92: Volumen biogás acumulado diariamente	517
Figura 93: Diagrama de bloques proceso.....	523

Figura 94: Balanza de humedad marca OHAUS	523
Figura 95: Reactor marca Hach Company	524
Figura 96: Potenciómetro marca Fisher Scientific	524
Figura 97: Colorímetro marca Hach Company	524
Figura 98: Estufa magnética marca Thermo Scientific	525
Figura 99: Balanza analítica marca BOECO Germany	525
Figura 100: Cromatógrafo de gases	525
Figura 101: Construcción de trampa de biogás.....	526
Figura 102: Mufla marca Thermo Scientific	526
Figura 103: Lodo ingresado a biodigestor	526
Figura 104: Montaje de digestores y trampa de gas	527
Figura 105: Digestores al final de la experimentación.....	527
Figura 106: Análisis de afluente de la PTAR instalada.....	643
Figura 107: Análisis de efluente de la PTAR instalada.....	644
Figura 108: Isoterma de Freundlich para la adsorción de DQO en carbón activado	645
Figura 109: Curva característica de bombas centrífugas	651
Figura 110: Vista superior de nivel uno administrativo PMDS actual teórico	761
Figura 111: Vista superior de nivel dos PMDS actual teórico.....	762
Figura 112: Vista superior de nivel dos PMDS actual con distribución teórica	763
Figura 113: Controles internos para contrarrestar riesgos por levantamientos.....	770
Figura 114 Riesgos ergonómicos por empuje	770
Figura 115 Riesgos por caídas al mismo nivel	771
Figura 116 Riesgos químicos por sistema intergubernamental.....	771
Figura 117: Riesgos por diseño de estación de trabajo	772
Figura 118: Riesgos criogénicos.....	772
Figura 119: Riesgo por caídas a distinto nivel	773
Figura 120: Riesgo por caídas de objetos	773
Figura 121: Controles internos actuales y señalizaciones.....	774
Figura 122: Equipo de protección a operarios	774
Figura 123: Área de clasificación, en un día con alta demanda de residuos a clasificar	775
Figura 124: Cotización de trituradora ENERPAT	776
Figura 125 Cotización trituradora SATRIND.....	777
Figura 126 Cotización trituradora PROSERVA	778
Figura 127 Cotización de compactadora Marbe Representaciones.....	779
Figura 128 Propiedades del acero 17% Cr ante corrosión	783
Figura 129 Resistencia del concreto convencional	784
Figura 130 Cotización flete trituradora ENERPAT.....	785

Figura 131. Camión de recolección	808
Figura 132. Carretón de recolección en jornada nocturna	809
Figura 133. Bolsas etiquetadas en distintos puntos del complejo comercial	809
Figura 134: Bolsas pequeñas encontradas en algunos puntos en el complejo comercial	814
Figura 135: Encuesta para plan de necesidades	814
Figura 136. Planeación 1era fase de prueba piloto	830
Figura 137. Planeación 2da fase de prueba piloto	831
Figura 138. Presentación empleada en capacitaciones en restaurantes/locales que aportaron para obtener la muestra de la prueba piloto	833
Figura 139. Diseño para brindar tarjeta de bolsillo a colaboradores de los locales/restaurantes	835
Figura 140. Material de apoyo para colocar en ubicación de los basureros de los restaurantes/locales	835
Figura 141. Capacitaciones en restaurantes	836
Figura 142. Desarrollo de afiche para prueba de cultura	836
Figura 143. Desarrollo de material de apoyo para prueba de cultura	837
Figura 144. Material de apoyo para prueba de cultura	837
Figura 145. Botes separados para determinación de % de acierto en prueba de cultura	837
Figura 146. Acta de constitución del proyecto	847
Figura 147. Identificación de interesados	851
Figura 148. Plan de gestión del alcance	853
Figura 149: Plan de gestión del tiempo	860
Figura 150 Cronograma del proyecto	860
Figura 151. Plan de gestión del costo	865
Figura 152. Plan de gestión de riesgos	867
Figura 153: Minuta empleada para seguimiento y control del proyecto	872
Figura 154. Minuta empleada para seguimiento y control del proyecto (continuación)	873

RESUMEN

El presente proyecto consiste en realizar una evaluación multidisciplinaria de la generación de residuos sólidos, en un complejo comercial, con el fin de elaborar propuestas integrales que faciliten la reducción o mejora del manejo de los residuos sólidos en las actividades diarias de la organización.

Para el manejo de residuos sólidos orgánicos se estudiaron dos tipos de tratamiento: aerobio y anaerobio. El primer estudio consistió en la evaluación y propuesta de un diseño preliminar de compostera, en base a evaluaciones realizadas a escala laboratorio, donde se obtuvo que el proceso de descomposición de materia orgánica ocasiona un rendimiento experimental de 17.80% para compost aeróbico. El segundo consistió en la evaluación de sistemas batch del proceso anaerobio a escala laboratorio, donde se determinó que dichos residuos contienen la cantidad de carga orgánica requerida para ser considerados como materia prima en la generación de biogás, llegando a obtener 0.9 m³/día de biogás en un período de 10 años.

Por otra parte, se realizó la propuesta de una planta de producción de biodiésel, la cual opera con aceites usados, recolectados de diferentes restaurantes del complejo comercial. Se estableció que la planta que se ajusta a los intereses de la empresa, es la suministrada por Springboard Biodiésel con una capacidad de 50 galones por lote con un costo de producción de Q 783.27; por lo que su implementación resultaría viable para el complejo, produciendo energía renovable y contribuyendo significativamente con el cuidado del medio ambiente.

También, se realizó una evaluación técnica de planta de tratamiento de agua residual del proceso de lavado de biodiésel y debido a que no satisface los parámetros establecidos en el Artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006, se propuso la implementación de un tinaco vertical de polietileno con capacidad de 450L, que contendrá un lecho lento convencional multimedios para filtración y adsorción con el cual se logra reducir la turbidez, los sólidos suspendidos y pH en un 96 %, 85% y 25% respectivamente.

Uno de los módulos se enfocó en el área administrativa del complejo comercial, buscando la prevención en la generación residuos, implementando un Programa de oficina verde para reducir indicadores de consumo de resmas de papel e iluminación y tener así ciclos de mejora continua incorporados.

Se estudiaron también aspectos financieros de la planta de manejo de residuos. De los cuales se obtuvo que es mejor opción operar la planta con recurso propio que con la empresa subcontratada. También se realizaron propuestas para mejorar las operaciones de la planta, como: rutas de recolección más eficientes, reducción de tiempos de separación y evaluación de diferentes métodos de separación.

Así mismo, se trabajó el área educativa para identificar necesidades de aprendizaje sobre el manejo integral de residuos. Para ello, se planificó y aplicó un taller de capacitación sobre el manejo de residuos a colaboradores de una cafetería dentro del complejo comercial. También dentro de un restaurante de comida rápida, se sistematizaron en una guía los pasos establecidos para la enseñanza-aprendizaje del manejo integral de los residuos.

I. INTRODUCCION

El presente proyecto surge por la necesidad de manejar, en forma integral, los residuos de un complejo comercial, para disminuir el impacto ambiental generado costos destinados a la disposición final de estos. Actualmente, el complejo comercial cuenta con una planta para la selección y manejo de los residuos generados en todas sus áreas (administrativa, comercial, doméstica y recreación). Esta se encarga de la clasificación de estos en residuos co-procesables, orgánicos, aceite usado de cocina, vidrio, aluminio, cartón, plástico, papel, tetrapack, electrónicos, y aquellos que no pueden ser clasificados son enviados a los vertederos municipales.

Con el objeto de apoyar al complejo comercial para el manejo adecuado de los residuos resultantes de sus actividades diarias, el presente megaproyecto monitoreo y evaluó las opciones para la disposición de residuos, implementadas actualmente por la organización. Además, de acuerdo a las observaciones y mediciones realizadas en visitas de campo y en la documentación correspondiente al inventario de residuos sólidos generados, usando herramientas multidisciplinarias, se realizó propuestas para un mejor manejo de los residuos generados en todas las áreas del complejo comercial.

Se propuso un diseño preliminar de compostera de acuerdo a proyecciones de recolección de materia orgánica, considerando las características evaluadas a escala laboratorio para proponer un sistema que se adapte a las necesidades del complejo comercial. Se contempló el análisis de las propiedades de químicas de las muestras analizadas, tanto a escala laboratorio, como las obtenidas provenientes de la planta de compostaje del complejo comercial tomando en cuenta el requerimiento de aireación, control de temperatura, humedad y pH. Se realizó un diagrama de flujo del proceso con los datos obtenidos experimentalmente.

La correcta disposición o reutilización de los residuos generados en actividades comerciales constituye un buen componente en una gestión sostenible de los negocios. Los residuos sólidos orgánicos que se generan en dichas actividades tienen potencial de aprovechamiento con la conversión biológica para la obtención de productos como biogás y compost. El estudio surge para estudiar una alternativa de utilización de estos residuos, que permita el aprovechamiento del potencial energético de la materia orgánica. Se evaluó un sistema a escala laboratorio para el tratamiento anaeróbico de residuos de alimentos del complejo, y estudiar el proceso de obtención de biogás y energía.

Existe una gama de métodos químicos para la producción de biodiésel, a partir de aceite usado de cocina; uno de los más destacados es la transesterificación por catálisis básica, debido a su alto porcentaje de conversión, utilizando la menor cantidad de materia prima posible. Este método es el resultado de la reacción entre una base fuerte, un alcohol (preferentemente metanol) y un aceite vegetal. El hecho que este pueda transformarse en un biocombustible, sirve de motivación para que el complejo comercial, recolecte dicho residuo de los diferentes restaurantes y cafeterías que ahí se encuentran.

En el estudio se evalúa la factibilidad técnica y económica de la instalación de una planta para la conversión de ese biocombustible, la cual funciona con la utilización de aceite usado de cocina, como materia prima para la producción de combustible renovable, en un complejo comercial, para transformar 50 galones de aceite usado, que se recolectan en el complejo comercial como parte del estudio, y se espera que pueda incrementar la producción en el transcurso de su vida útil, dependiera en gran medida, de las características del aceite que se utilice y del biodiésel que se produzca. En el análisis realizado, se obtuvo como resultado la propuesta de la planta de producción de biodiésel BioPro™ 190, suministrada por Springboard Biodiésel. Dicha planta es capaz de transformar 50 galones de aceite en biodiésel, con un costo de Q 783.27, por lote de producción.

Con el objetivo de aprovechar una de las diversas fuentes energéticas provenientes de los residuos generados, surgió la propuesta, por parte del complejo comercial, de instalar una unidad de carga para vehículos eléctricos que aproveche el biodiésel fabricado, la cual incluye la instalación de un generador eléctrico para cargar los vehículos eléctricos pertenecientes al complejo comercial. El complejo comercial cuenta con 23 vehículos de este tipo.

Se consideró necesario la instalación de un equipo que genere la potencia calculada y para ello se determinó los requerimientos de potencia de todos los equipos eléctricos, tipo de conexión, frecuencia, entre otras especificaciones. Cabe mencionar que un generador eléctrico, se acompaña de un motor de combustión interna, transformando la energía cinética en energía eléctrica. A la unión de un motor de combustión interna y un generador eléctrico, se le conoce como grupo electrógeno, y es así como se referirá este documento.

Parte de la producción de energía limpia y renovable, consiste en el manejo adecuado de los residuos generados. Uno de los residuos principales de la producción de biodiésel es el agua.

Se evaluó la capacidad de la planta de tratamiento de agua residual de un complejo comercial, para tratar el agua proveniente del proceso de producción de biodiésel y se determinó que esta no es apta para reducir los contaminantes presentes por lo que se procedió a diseñar un sistema de filtrado que consiste en adsorción y separación mecánica de los contaminantes presentes.

Se llevó a cabo una caracterización del agua residual del lavado de biodiésel siguiendo las especificaciones del Acuerdo Gubernativo 236-2006 para seleccionar un sistema de tratamiento adecuado. Las mediciones de aceptación se fijaron de acuerdo al Artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006. Los parámetros a tomar en cuenta fueron: sólidos suspendidos totales, pH, turbidez y DQO. Primero, se evaluó la planta de tratamiento de agua residual instalada en el complejo comercial, sin embargo, al analizar la calidad del efluente se determinó que dicha planta no es capaz de tratar el agua residual proveniente del proceso de lavado de biodiésel.

Se estableció que para tratar los sólidos suspendidos totales y turbidez era indispensable un sistema de filtración, así pues, para la reducción de pH y DQO es recomendada la adsorción por carbón activado. Para la reducción de dichos contaminantes se realizaron pruebas piloto en donde se determinó las concentraciones de entrada y de salida. Para el DQO se construyó una curva que describe la adsorción del DQO como adsorbato sobre carbón activado, denominada isoterma de Freundlich. Para los sólidos disueltos y la turbidez se estableció un sistema de filtración por medios granulares, cuyo diámetro de partícula fuera menor que el de los sólidos suspendidos.

A partir de la experimentación se definió el diseño de un filtro lento vertical, convencional, multimédios, el cual consiste en un lecho de filtración/adsorción de 0.8 m de altura, conformado por 0.1 m de grava de 10 mm, 0.3 m de carbón activado de 5 μ m, 0.3 m de arena 1 mm y 0.1 m de grava de 10 mm. El contenedor del medio es un tanque vertical de polietileno con capacidad para 450 L, 0.85 m de diámetro y 0.99 m de altura. El diseño incluye una bomba de 1/3 hp para trasegar el agua residual desde el depósito de la planta de biodiésel hacia el filtro. El caudal será de 7.489 gpm y la tasa de filtrado en el lecho es de 4.100 ± 0.302 L/m² min.

Además, uno de los módulos se enfocó en la prevención de la generación de los residuos sólidos e integrar prácticas sostenibles para reducir el consumo de los recursos como energía eléctrica y agua, en el área administrativa del complejo comercial. Este abarcó la auditoría de las instalaciones para conocer la situación actual de la organización, la cual permitió establecer la

línea base de indicadores de desempeño que se utilizarán para monitorear el avance en la implementación de las recomendaciones. También evaluó los datos obtenidos durante la auditoría para que el mismo implemente un Programa de Oficina Verde, el cual consiste aplicar medidas preventivas y/o correctivas a las actividades administrativas, con el fin de generar un menor impacto ambiental negativo. Es importante mencionar que la implementación de este programa también tiene un impacto económico positivo, relacionado a la reducción de costos por consumo de los recursos (energía eléctrica, agua e insumos de oficina como papel y cartón). En conjunto con la implementación del programa, se generó un diagnóstico en el que se proponen opciones de mejora a las actividades críticas identificadas que tienen impactos negativos al ambiente.

Considerando necesario, una evaluación financiera del presente proyecto, se analizó el flujo de efectivo neto de la planta de manejo de residuos del complejo comercial. Para ello, se determinó la rentabilidad financiera de realizar la separación de residuos, con un recurso humano propio, debido a que actualmente lo realiza una empresa subcontratada. Además, se evaluó la comercialización de los productos generados, a partir del aprovechamiento de los residuos producidos en el complejo comercial. Por último, se elaboró una propuesta de rediseño en la planta de manejo de residuos, para lograr un mejor rendimiento en la misma. También, se evaluó la financieramente la propuesta de implementar cierta maquinaria, para el área de la planta de manejo de residuos, y para el manejo de aceites vegetales

Financieramente, el substituir al sistema actual de separación de residuos, es mejor opción que el operar la planta con una empresa subcontratada. Posterior a la evaluación de la comercialización de los residuos, se determinó que estos tienen el potencial de generar un ingreso mensual de Q12,415.91 en el escenario realista. Substituir el sistema actual de separación de residuos aumenta el valor presente neto actual de Q(2,606,609.28) a Q(2,301,702.70) en el escenario realista, al estar percibiendo ingresos por la comercialización total de los residuos generados.

La redistribución propuesta reduce el tiempo efectivo de transporte anual de 26,910.20s (7.48 h) en el escenario pesimista de carga transportada, y de 10,410.61 s (2.89 h) en el escenario optimista de carga transportada. La planta presenta grandes riesgos ergonómicos, de diseño de ambiente de trabajo, y de seguridad industrial, que han de mitigarse con el monitoreo y control del cumplimiento de medidas preventivas, y la adquisición de equipo que mejore las condiciones del trabajo de los operarios.

Exteriorizando más a los factores relacionados con la planta, cabe mencionar que la principal entrada y materia prima son las bolsas de residuos que provienen de todo el complejo comercial. En el módulo de optimización de procesos y logística se evaluó el proceso de recolección y separación, ambos realizados por empresas subcontratadas. Con el fin de mejorar se realizó un estudio del proceso actual para proponer nuevas formas de obtener materia prima en la planta.

Es importante mencionar que un proceso de mejora no es único de procesos si no de la cultura que se maneja en una comunidad. Se pretende que exista un proyecto educativo, pero al hacer un diagnóstico y análisis del programa educativo, se decidió iniciar una cafetería del complejo, la cual por interés propio se unió para satisfacer la necesidad de reconocer los residuos sólidos como un recurso que genera impacto ambiental y económico.

Otro de los principales generadores de residuos dentro del complejo comercial son los restaurantes. Durante el proceso de investigación se identificó que existe un restaurante que ya cuenta con su propio manejo de residuos dentro de la cocina, sin embargo sus pasos de inducción no están descritos en una guía. De acuerdo a esta necesidad se determinó la importancia de la redacción del proceso de aprendizaje para los colaboradores del restaurante con el fin de enseñar el manejo integral de los residuos al momento de formar parte del equipo. Esto incluyó una capacitación de refuerzo del tema, una capacitación para el personal nuevo y una sistematización que describe los pasos ya implantados y propone nuevas líneas de acción. Con esta sistematización es posible crear un modelo enseñanza, que sea adoptado por el resto de restaurantes de comida rápida.

Por último, cabe mencionar que las actividades de un grupo multidisciplinario se deben gestionar a través de una metodología de manejo de proyectos. En este caso, a través de los procesos del PMI, siendo principal punto la triple restricción de la calidad, se gestionó el proyecto en el complejo comercial.

II. OBJETIVOS

Realizar un estudio sistemático, integrando herramientas multidisciplinarias, para la elaboración de propuestas sobre el manejo de residuos en un complejo comercial.

A. Módulo 1: Evaluación y propuesta para el diseño preliminar de compostera con sistema aeróbico en un complejo comercial

1. General

Realizar un diseño preliminar, tomando en cuenta proyecciones de recolección de materia orgánica para una compostera, considerando las características evaluadas a escala laboratorio de los desechos sólidos.

2. Específicos

- Evaluar el resultado de producción actual de compost en las instalaciones del complejo comercial, así como el producto generado, para establecer las condiciones en que opera el sistema actual.
- Caracterizar los desechos sólidos que se alimentarán a la nueva compostera, considerando el tamaño de partícula y la densidad, para determinar los parámetros de diseño de la misma.
- Realizar y evaluar un proceso de compostaje. a escala laboratorio, para determinar las propiedades de la materia prima durante el proceso y las características de nutrientes del producto terminado.
- Determinar la capacidad instalada de la compostera, para establecer su funcionamiento y evaluar si es necesario modificar las instalaciones y procedimientos actuales.

B. Módulo 2: Evaluación de proceso anaeróbico para tratamiento de residuos sólidos orgánicos en un complejo comercial

1. General

Evaluar el proceso anaerobio en el manejo de residuos sólidos orgánicos en un complejo comercial, a partir del montaje de digestores a escala laboratorio, para estimar su potencial de producción de biogás.

2. Específicos

- Caracterizar los residuos sólidos orgánicos provenientes del complejo, a través de pruebas de laboratorio para determinación de sus propiedades fisicoquímicas que permitan evaluar su potencial en la generación de biogás.
- Monitorear las condiciones de operación y degradación del material orgánico durante el proceso de fermentación anaerobia de una prueba a escala laboratorio, para establecer rangos de temperatura, pH y tiempo de retención de trabajo.
- Determinar el índice de producción de metano a partir de análisis de laboratorio de los parámetros de carga orgánica del material de entrada y salida de los digestores, para realizar estimaciones de generación de biogás y potencial energético de acuerdo a datos de generación de material orgánico del complejo comercial.

C. Módulo 3: Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel

1. General

Dimensionar, seleccionar y evaluar económicamente una planta para la producción de biodiésel utilizando aceites vegetales usados de cocinas, con la transesterificación básica en un complejo comercial.

2. Específicos

- Determinar las características principales del aceite usado y del biodiésel producido, usando las pruebas de pH, viscosidad, densidad, humedad y materiales volátiles, número ácido, agua y sedimentación y prueba 3/27, las cuales fueron adaptadas de las normativas americanas para seleccionar una planta de producción de biodiésel.
- Determinar un método para la producción de biodiésel a partir de aceites vegetales usados, en base a los rangos establecidos de sus características fisicoquímicas.
- Determinar la cantidad de aceite vegetal usando disponible dentro del complejo comercial, de acuerdo a entrevistas y datos históricos sobre la cantidad recolectada en los últimos dos años, para seleccionar una planta con la capacidad para procesar todo el material.
- Elaborar una matriz de selección para evaluar las diferentes opciones de plantas de producción de biodiésel, tomando en cuenta sus aspectos técnicos y económicos, para seleccionar la propuesta que más se ajuste a las necesidades del complejo comercial.
- Realizar un análisis económico de la planta seleccionada, con la determinación de los costos de producción y los indicadores económicos principales de la rentabilidad del proyecto.

D. Módulo 4: Evaluación y propuesta de la instalación de un generador eléctrico operado con biodiesel para carga de vehículos eléctricos

1. General

Evaluar la instalación de un generador eléctrico utilizando biodiesel como combustible, para diversos usos energéticos en un complejo comercial, para reducir el consumo energético en las instalaciones, a largo plazo.

2. Específicos

- Determinar la necesidad energética actual para la instalación de un generador eléctrico en un complejo comercial, para una flotilla de equipos eléctricos.
- Determinar el requerimiento energético del árbol navideño colocado en las instalaciones del complejo comercial en los meses de noviembre y diciembre.
- Evaluar la posible utilización de biodiesel como combustible para este generador y determinar las implicaciones del mismo.
- Realizar una comparación entre el costo de la obtención de energía de la red de distribución nacional y el costo de generar energía con un equipo propio.

E. Módulo 5: Evaluación técnica y propuesta para el tratamiento de agua residual de lavado de biodiesel en un complejo comercial

1. General

Realizar una evaluación técnica de la actual planta de tratamiento de un complejo comercial y del agua residual del proceso de lavado de biodiesel para generar una propuesta para el tratamiento de agua residual de lavado de biodiesel en un complejo comercial.

2. Específicos

- Evaluar la capacidad de la planta de tratamiento de agua, instalada actualmente en el complejo comercial, de manera que el efluente del proceso de producción de biodiesel pueda ser tratada en ella, cumpliendo con los parámetros de DQO, DBO, pH, turbidez, y sólidos suspendidos totales de acuerdo al Artículo 20 Acuerdo Gubernativo 236-2006 para descargas de agua a un cuerpo receptor y si no se satisfacen los parámetros, diseñar un sistema de tratamiento de agua para la satisfacción de los mismos.
- Determinar la cantidad de agua residual a tratar de acuerdo a la cantidad de biodiésel que se debe lavar, para de que el diseño propuesto tenga la capacidad de tratar la misma y proponer un plan de mantenimiento del sistema.
- Medir de los parámetros de DQO, DBO, turbidez, pH y sólidos suspendidos totales en el agua residual proveniente de la producción de biodiésel para la selección de los métodos de tratamiento de agua.
- Proponer un diseño de un sistema de tratamiento de agua residual de lavado de biodiésel que se ajuste a la operación de la planta de producción de dicho combustible, a manera de satisfacer los límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales al a un cuerpo receptor.

F. Módulo 6: Auditoría, diagnóstico e implementación de Programa de Oficina Verde en instalaciones administrativas de un complejo comercial

1. General

Realizar una auditoría y diagnóstico para implementar un Programa de Oficina Verde en las instalaciones administrativas de un complejo comercial, proponiendo una reducción en el impacto ambiental negativo de sus actividades y establecer una política ambiental comprometida.

2. Específicos

- Evaluar la situación actual del consumo de energía eléctrica, agua e insumos de oficina, utilizados en las actividades diarias del área administrativa del complejo comercial, revisando la documentación existente referente al control de estos, para definir el alcance del programa a implementar en los aspectos de consumo mencionados anteriormente.
- Establecer una línea base de referencia sobre el consumo de energía eléctrica, agua y generación de residuos sólidos, a partir de la evaluación de los datos recaudados durante la auditoría, para monitorear la reducción de consumos al implementar el Programa de Oficina Verde.
- Definir el alcance del Programa de Oficina Verde en términos físicos y organizacionales, considerando la formación y capacitación ambiental, así como la gestión y uso eficiente de los recursos, para documentar la eficiencia de la implementación del programa en la disminución del impacto ambiental negativo.
- Evaluar si la organización tiene una política ambiental establecida, en la que se tomen en cuenta los requerimientos de la norma internacional ISO 14001:2014 y verificar el compromiso del complejo comercial de mantener un sistema de gestión ambiental en sus instalaciones administrativas.
- Identificar las actividades y procesos críticos realizados en las instalaciones administrativas del complejo comercial para documentar los aspectos e impactos ambientales que se relacionan con los mismos.
- Determinar oportunidades de mejora en el consumo de energía eléctrica, agua e insumos de oficina, evaluando la viabilidad técnica, organizacional, económica y ambiental, con el fin de

- disminuir el impacto negativo de las actividades diarias del área administrativa del complejo comercial.
- Establecer procedimientos necesarios para monitorear los indicadores de desempeño y evaluar los resultados de la implementación del Programa de Oficina Verde, controlando periódicamente las actividades realizadas en las instalaciones administrativas del complejo comercial.

G. Módulo 7: Análisis financiero de proyecto y propuesta de diseño de planta de manejo de residuos en un complejo comercial

1. General

Analizar financieramente la planta de manejo de residuos de un complejo comercial, ya en funcionamiento, para elaborar una propuesta de mejoras y rediseño de la misma.

2. Específicos

- Analizar financieramente la situación actual de la planta de manejo de residuos de un complejo comercial, así como la funcionalidad operativa de la misma.
- Determinar la rentabilidad financiera al substituir el sistema actual de separación de residuos realizado por un tercero por el proceso realizado con administración y recurso humano propio.
- Evaluar la comercialización de los productos generados, a partir del aprovechamiento de los residuos, orgánicos e inorgánicos reutilizables, producidos en un complejo comercial.
- Elaborar una propuesta de rediseño de la planta de manejo de residuos, en un complejo comercial, para lograr un mejor rendimiento en la misma, respaldado con un estudio financiero.

H. Módulo 8: Estudio de procesos, logística, y gestión de proyecto sobre el manejo integral de residuos en un complejo comercial

1. General

Evaluar y realizar una propuesta para mejorar los procesos relacionados con el manejo de los desechos en el complejo comercial y gestionar el proyecto para desarrollar un plan para el manejo integral de dichos desechos.

2. Específicos

- Evaluar y documentar los procesos que se llevan a cabo en la planta de desechos sólidos, así como el sistema logístico de un complejo comercial.
- Realizar propuestas de mejora de los procesos documentados, así como del sistema logístico a través del diseño de nuevos procesos siguiendo indicadores de eficiencia de recolección y separación.
- Gestionar las actividades de proyecto de un equipo multidisciplinario a través de los procesos instaurados por el Instituto de Gestión de Proyectos.

I. Módulo 9: Taller de capacitación para la enseñanza a colaboradores de una cafetería en un complejo comercial acerca del manejo de los residuos

1. General

Proponer un taller de capacitación para la enseñanza a colaboradores de una cafetería en un complejo comercial acerca del manejo de los residuos sólidos.

2. Específicos

- Identificar el sistema actual para el manejo de los residuos de la cafetería a través de observaciones al área de cocina utilizando listas de cotejo.
- Identificar las oportunidades de aprendizaje para los colaboradores en cuanto al manejo de los residuos a través de entrevistas individuales utilizando un cuestionario semiestructurado.
- Planificar un taller de capacitación a colaboradores de la cafetería para generar una cultura de cero desechos y validarlo a través de juicio de expertos y trabajo de campo para identificar las fortalezas y aspectos a mejorar del taller de capacitación.
- Identificar el efecto de la aplicación del taller de capacitación en cuanto al manejo de residuos en la cocina de la cafetería, utilizando una lista de cotejo al observar los recipientes de basura.

J. Módulo 10: Sistematización en una guía, de los pasos establecidos para la enseñanza-aprendizaje del manejo integral de los residuos dentro de un restaurante de comida rápida ubicado en un complejo comercial

1. General

Sistematizar en una guía los pasos establecidos para la enseñanza aprendizaje del manejo integral de los residuos dentro de un restaurante de comida rápida, ubicado en un complejo comercial.

2. Específicos

- Recolectar información de los procesos de capacitación relacionados al manejo integral de los residuos en un restaurante de comida rápida utilizando la metodología de estudio de casos a través de entrevistas y encuestas a gerente y colaboradores
- Identificar el manejo de los residuos por parte de los colaboradores en el área de cocina del restaurante de comida rápida, utilizando un registro de observación que detalla las acciones realizadas en cada basurero.
- Elaborar una guía que proporcione al encargado del restaurante de comida rápida una sistematización de los pasos ya existentes, técnicas de enseñanza, herramientas de comunicación e instrumentos de evaluación del rendimiento, enfocados en el manejo integral de los residuos.
- Proponer un taller modelo para la enseñanza de los pasos sistematizados acerca de las diferentes categorías de clasificación que se implementan dentro de la cocina, promoviendo el manejo integral de los residuos.
- Validar los talleres y la sistematización propuesta utilizando juicio de expertos, evaluados por medio de una rúbrica que permita identificar fortalezas y oportunidades de mejora.

III. JUSTIFICACIÓN

Existe una problemática a nivel mundial sobre el manejo de los residuos que se generan por los malos hábitos de consumo de la población. El aumento de residuos mal aprovechados tiene consecuencias graves en el ambiente, afectando la salud y las condiciones de vida para el futuro. Esta problemática se ve afectada por la cultura ciudadana, falta de conciencia, patrones de consumo y falta de política de manejo de los residuos en los países.

Al reducir la cantidad de materiales que se descartan y aumentar el volumen de recolección de los que tienen características para ser compostables, se puede disminuir significativamente el volumen de desechos que se dispone actualmente a vertederos. Evitando la disposición en rellenos sanitarios de materiales orgánicos principalmente, es posible el aprovechamiento alternativo de dichos materiales que genere un valor agregado a los residuos. En la fabricación de compost, se utilizan materiales orgánicos que poseen características degradables en un tiempo corto. El uso de materiales degradables para la generación de compost permite que el éste sea rico en nutrientes y un buen abono. El diseño adecuado de una compostera conlleva el control adecuado de temperatura, aireación, y equipo que permita el desarrollo adecuado del material para un resultado final.

Los residuos orgánicos pueden ser transformados por tecnologías de conversión biológica principalmente en dos productos: compost y biogás. El complejo comercial estudiado podría utilizar sus residuos orgánicos sólidos para la producción de biogás con una posterior conversión a energía eléctrica o térmica.

Los residuos de aceite usado de cocina, al mezclarse con otros desechos en las tuberías del drenaje, forman una masa sólida de grasa, lo cual provoca la ruptura de las tuberías y por consiguiente hay necesidad de romper el suelo; por otra parte, dicha mezcla tiene el potencial suficiente para obstruir la alcantarilla por completo. Aunado a ello, el costo económico de los perjuicios, para las personas individuales, jurídicas y la población en general.

En el complejo comercial estudiado se generan alrededor de 192 litros de aceite de desecho mensualmente, el cual proviene de todos sus restaurantes. A raíz de lo anterior, el complejo comercial desea contemplar la posible instalación de un generador eléctrico para carga

de vehículos eléctricos utilizando el biodiesel como combustible energético, y con ello aprovechar los residuos de aceite generados en sus restaurantes. Dado que la fuente de energía de la que se abastece el complejo es proporcionada por la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA), se desea utilizar el residuo como combustible energético en un generador eléctrico y con ello brindarles la energía necesaria a los 23 equipos con los que cuenta el complejo comercial.

La Agencia Internacional de Energía (IEA) estima un incremento en la demanda de energía mundial de 55% entre 2005 y 2030, con un crecimiento anual de 1.8% (Blaschek, 2010). Entre el año 1971 y el 2015, el Consumo Total Final (TFC) se ha duplicado, con valores de 4,244Mtep (tonelada EQ. De petróleo) y 9,384Mtep, sin embargo, el uso de energía en los diferentes sectores no ha cambiado significativamente. En 1971 el 23% de TFC se destinaba para transporte mientras que para 2015 era del 29%. Sin embargo, en 2015, el sector industrial se mantuvo como el sector de mayor consumo, solo un uno por ciento por debajo de los valores estimados en 1971 (37%). En 1971, la agricultura conformaba un 3%, el consumo residencial un 24%, los servicios públicos un 8% y otros un 4%, y en 2015 la agricultura conformó el 2%, el consumo residencial un 22%, los servicios públicos un 8% y otros un 2% (Agencia Internacional de Energía, 2017).

Dado que los combustibles fósiles no son una fuente renovable de energía, se han buscado alternativas para los mismos desde 1970, cuando se dio la crisis del petróleo, pero más recientemente los daños inminentes relacionados al cambio climático han renovado el interés en la inversión en biocombustibles. El desarrollo de nuevas fuentes de energía que sustituyan los recursos fósiles se ha vuelto el reto del siglo 21 (Blaschek, 2010).

La propuesta de la utilización de aceites vegetales para la producción de combustible surge en 1912, pero no fue hasta 1982 en donde se realiza la primera conferencia “Combustibles de Aceite Vegetal” en Fargo, Dakota del Norte, en donde se plantea la producción de un combustible alterno *biodiésel* (Sarin, 2012).

La interdependencia entre la energía y el agua va a intensificarse en los próximos años, ya que las necesidades de agua del sector de la energía –y las necesidades de energía del sector del agua– van en aumento. El agua es esencial para todas las fases de la producción energética: se estima que el sector de la energía es responsable del 10% de las extracciones mundiales de agua, esencialmente para operar centrales eléctricas y producir combustibles fósiles y biocombustibles. Estos requisitos aumentan de aquí a 2040, sobre todo en lo que concierne al

agua consumida (la que se extrae pero no vuelve a la fuente) (Agencia Internacional de Energía, 2016).

Se deben medir parámetros de contaminación de aguas residuales proveniente del proceso de producción de biodiesel a partir aceite de cocina usado en este caso en un complejo comercial de estudio, para, seguidamente, proponer un sistema adecuado para el tratamiento de dicha agua, a manera de satisfacer los límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a un cuerpo receptor de acuerdo al Artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Actualmente, el complejo comercial descarga el agua tratada al Río Contreras, sin embargo, disponer de agua con altos niveles de DQO y DBO representan la contaminación orgánica de un efluente y puede resultar en eutrofización y alteraciones medio ambientales que pueden poner en peligro los ecosistemas acuáticos por lo que es necesario controlar estos parámetros para asegurar una buena calidad de vertido. Por la naturaleza del proceso del cual proviene el agua a tratar, se conoce que los contaminantes presentes son hidróxido de sodio, metanol, ácidos grasos, jabones, emulsiones y materia orgánica oxidable que llega a consumir los niveles de oxígeno presentes en el agua. Esto representa problemas de sobrevivencia para la vida acuática (Hidritec, 2016).

Toda actividad realizada por el ser humano provoca impactos ambientales negativos en el entorno, los cuales pueden minimizarse con la implementación de buenas prácticas y estrategias ambientales de carácter preventivo. Oficina Verde es una estrategia integral que consiste en implementar prácticas sostenibles en actividades y procesos de oficinas, las cuales garantizan un uso responsable y eficiente de los recursos, una gestión adecuada de los residuos y la creación de una cultura organizacional que busca la prevención de la contaminación. El sector empresarial necesita la implementación de medidas proactivas para enfrentar la presión ejercida por las reglamentaciones ambientales y el mercado.

El Programa de Oficina Verde permite enfocarse en el sector administrativo de las empresas, el cual actualmente es el que se encuentra menos normalizado en sistemas de gestión ambiental y es el que da el ejemplo a los demás sectores relacionados. Además, este se considera un instrumentos de mercadotecnia que ofrecen una ventaja o valor competitivo sobre otras instituciones de la misma índole, que no cuentan con la implementación de normas para la

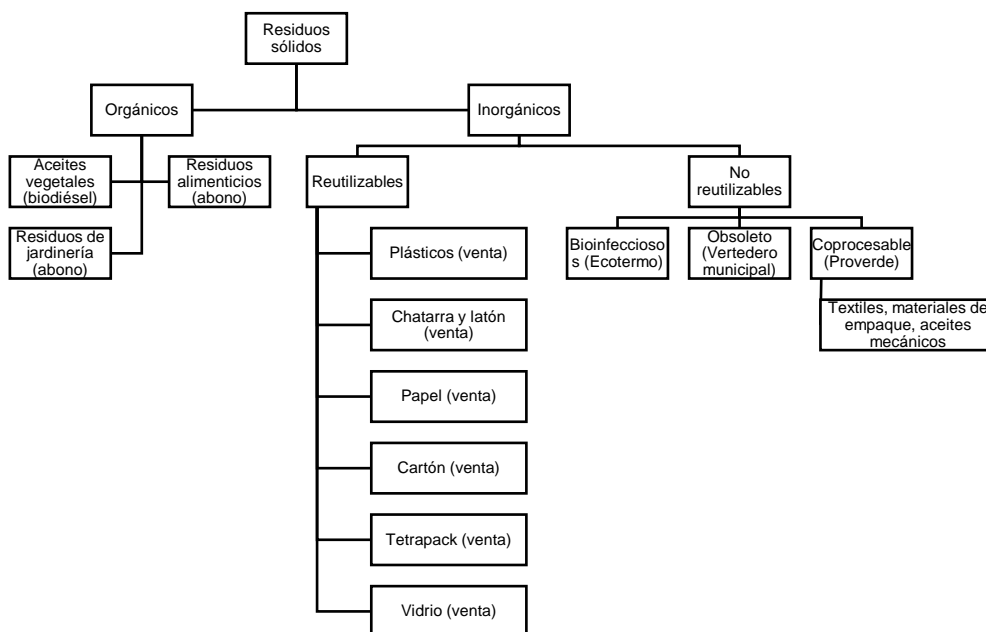
conservación ambiental y tiene ventajas económicas ya que las opciones de mejora realizadas en este buscan la disminución de los consumos.

Se han logrado reducciones de hasta 10% en consumos de energía eléctrica y agua, y del 20% en el consumo de papel para impresiones y costos de disposición final de los residuos, según casos de éxito reportados por el Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia (CGP+L), el cual se encarga de realizar las auditorías correspondientes que velan con el cumplimiento del sello de oficina verde. Además, esta misma organización reporta que en un año de implementación del programa, la empresa CLARIANT logro ahorrar Q.10,000.00 en consumo de energía, reduciendo horas de operación de electrodomésticos y equipos de cómputo, Q.2,000.00 en consumo de agua instalando reductores de flujo en grifos de los baños y Q1,000.00n en el consumo de papel, implementado buenas prácticas en la utilización de este recurso.

Los puestos de trabajo del área administrativa del complejo comercial se encuentran distribuidos en dos pisos, ocupando un área total de 933.1m². Actualmente, tienen colocados 112 puestos de trabajo distribuidos en esta área, pero únicamente trabajan 93 personas de forma fija y con contrato. En algunas épocas del año, incorporan practicantes o personas encargadas de proyectos específicos, pero no se tiene un registro de esto.

Cabe mencionar, que los ingresos por la venta de los residuos catalogados como reciclables, se están dejando de percibir, pues están destinados para la empresa que se encarga de su clasificación. Dicho modo de remuneración, fue el acuerdo en el trato inicial entre ambas empresas. Además, existe un acuerdo de obtener el 20% de abono orgánico para la empresa separadora, mientras que el 80% restante del abono orgánico obtenido en las cámaras composteras queda a disposición del complejo comercial. A partir de los residuos que la empresa subcontratada ha reportado hasta la actualidad, en el escenario pesimista, se estaría percibiendo un monto de Q7,374.00 mensualmente por la comercialización mínima de los mismos; en el escenario realista un monto de Q8,446.00; y en el escenario optimista, un monto de Q9,519.00 mensualmente por su comercialización.

Figura 1: Clasificación de residuos en planta de manejo de residuos sólidos del complejo comercial y su destino

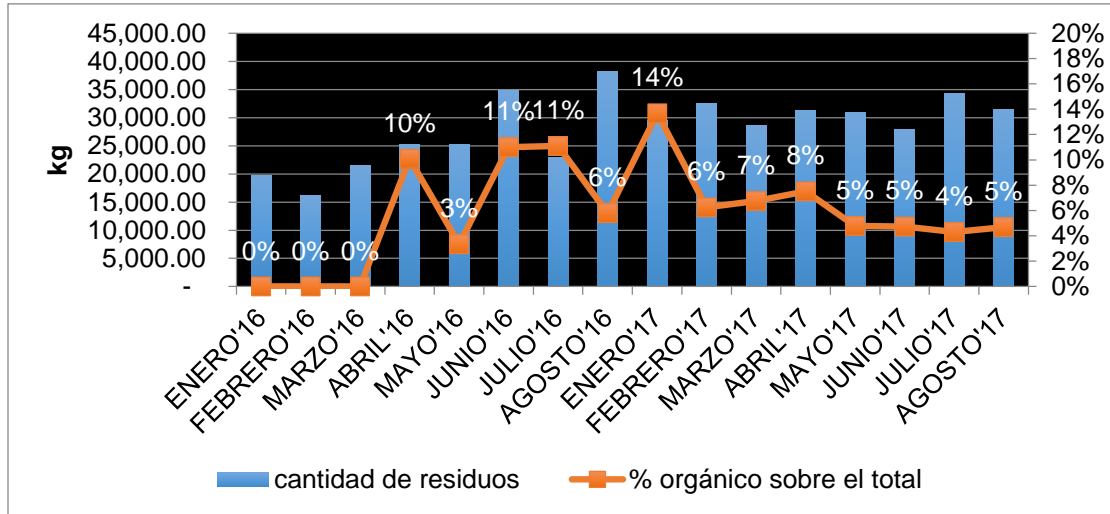


Para el complejo comercial de estudio, es de vital importancia que cada una de sus actividades estén debidamente documentadas, que sean funcionales, y rentables. Por los puntos expuestos, se hace necesario evaluar la posibilidad de independizar las operaciones de recepción y clasificación de los residuos; asimismo, evaluar la posibilidad de la comercialización de algunos tipos de residuos. Además, para el complejo comercial, es de gran importancia el analizar el diseño de la PMDS actualmente, y evaluar la inversión en mejorar la planta que se tiene, para lograr mejores resultados.

Con respecto a los datos de la planta, se puede observar en la Figura 2 el % de material orgánico y su variación en los dos períodos analizados en el año 2016 y 2017. Se recabó un total de 203,772 kg y 246,411 kg en 2016 y 2017, respectivamente. Esta variación, que es del 21%, se ve muy afectada porque en los primeros meses del 2016 no se recolectó material orgánico. Sin embargo, de forma contradictoria con estos datos, en el 2016 se presentaron registros mayores de % de material orgánico en relación a lo registrado en 2017.

Cabe mencionar que el origen de la información expuesta es de la empresa tercerizada y que expone la carencia de información que se posee con respecto al servicio que prestan ya que es básicamente toda la información con la que cuenta el complejo comercial.

Figura 2: Cantidad de residuos y porcentaje de material orgánico recolectado en PMDS en PMDS entre 2016 y 2017



(Complejo Comercial, 2017)

Mencionado lo anterior, siendo el principal recurso para obtener ingresos en la planta, es necesario realizar un estudio del proceso de recolección y separación de las bolsas que provienen del complejo comercial. Es importante entender la forma en que desempeñan todos los que aportan a lo que ingresa a la planta de forma que se pueda priorizar y hacer más con lo que se cuenta actualmente. Es decir, mayor material orgánico por bolsa, menor tiempo por bolsa, mayor material orgánico por tiempo, entre otros. A medida que se sea más productivo, mayores serán los ingresos en la planta y menor el impacto ambiental que generaría lo que no se pueda separar y termine como residuo municipal.

Es necesaria la orientación a las comunidades a cerca de los beneficios que genera la reducción de procesos en la clasificación de residuos con acciones educativas orientadas a crear conciencia ambiental. De esta manera se modifica el comportamiento de los ciudadanos incentivando su responsabilidad. Con el fin de reducir los impactos negativos sobre el ambiente y promover la valorización de los residuos como un recurso. El iniciar un proyecto de educación ambiental con de talleres en este tipo de escenarios es importante por la cantidad de residuos que se generan y por la cultura que puede cambiar en esa pequeña comunidad

¹ No se expone el período de octubre a diciembre del 2016 porque el fin de la figura es exponer y comparar los mismos períodos en 2016 y 2017.

Los humanos son seres que se adaptan al cambio, sin embargo, se necesitan aprender a manejarse correctamente. Es por eso que si quiere crear un cambio de cultura ambiental que impacte a las personas, es necesario educar de diferentes maneras, con estrategias que les permitan involucrarse de forma activa en la adopción de hábitos respecto al manejo integral de los residuos y que lo que cada uno aprenda, pueda ser transmitido a otros, con el fin de impactar al ambiente con nuestras acciones.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Módulo 1: Evaluación y propuesta para el diseño preliminar de compostera con sistema aeróbico en un complejo comercial”

1. ¿Qué es el compostaje?, la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes. La utilización de un material que no haya terminado el proceso de compostaje, puede presentar riesgos como:

a. Filotoxicidad, el nitrógeno se encuentra en forma de amonio que en condiciones de calor y humedad se transforma en amoníaco creando un medio tóxico para el crecimiento de las plantas y es generador de malos olores. (Román & Martínez, 2013)

b. Bloqueo biológico del nitrógeno ocurre cuando el compost no ha llegado a una relación de carbono y nitrógeno estable; o cuando el material es mucho más rico en carbono que en nitrógeno. Al aplicarlo al suelo, los microorganismos consumen el carbono presente en el material, lo que ocasiona un aumento rápido del consumo de nitrógeno, agotando las reservas del suelo. (Román & Martínez, 2013)

c. Reducción de oxígeno radicular ocurre cuando se aplica al suelo un material aún en fase de descomposición, por lo que los microorganismos utilizan el oxígeno del suelo para continuar con el proceso y eliminan el oxígeno del suelo para las plantas. (Román & Martínez, 2013)

El proceso de compostaje ocurre mediante la actividad de microorganismos que se encuentran naturalmente en la tierra. Bajo condiciones naturales todos los microorganismos o insectos que se encuentran en la tierra inician el proceso de descomposición y reducción del tamaño de partícula bajo condiciones controladas.

Quando se tienen condiciones óptimas físicas del suelo y de los microorganismos, se inicia el proceso de compostaje. (Román & Martínez, 2013)

El tiempo de maduración para la obtención de compost terminado varía considerando la composición del mismo y las características ambientales del lugar donde se procesa. La duración del proceso depende de la materia prima, el método de compostaje y el mantenimiento que se le da a la materia durante el proceso. Considerando todos estos factores, el tiempo de compostaje puede variar desde unos meses hasta varios años. El compost se considera terminado cuando las materias primas ya no se están descomponiendo y son químicamente estables. (Román & Martínez, 2013)

El método de compostaje aerobio es el tipo más eficiente de descomposición que permite la producción de compost en el menor tiempo. Si se tienen las cantidades apropiadas de nutrientes agua y aire que los microorganismos aeróbicos necesitan, estos eran capaces de descomponer la materia orgánica de manera más eficiente. El aumento de la temperatura que se produce a partir de la descomposición biológica es un subproducto de esta reacción. (Cooperband, 2002)

El compost puede ser fabricado a partir de distintas materias primas orgánicas. Entre las materias primas más comunes se encuentran: estiércol de ganado, desechos de procesamiento de alimentos, lodos de una planta de tratamiento de agua, entre otros. Idealmente, se recomienda mezclar distintas materias primas para mejorar las condiciones del producto final. (Cooperband, 2002)

2. Reacciones bioquímicas los residuos orgánicos que se consideran buenos para un proceso de compostaje varían en propiedades. Las maneras bioquímicas de modificar estos residuos son muy complejos; se expresan de manera general de esta manera:

Proteínas → Péptidos → Amino Acidos → Componentes de Amonio
→ Protoplasma Microbial, Nitrógeno atmosférico y Amonio

Carbohidratos → Azúcares Simples → Ácidos Orgánicos
→ CO₂ y Protoplasma Bacterial

(Polpraset, 2007)

Sin importar el sistema que se utiliza para el compostaje, los organismos biológicos tienen un papel principal en el proceso de descomposición. Los microorganismos, así como los gusanos y otros invertebrados, son los de mayor importancia en el proceso. Los residuos orgánicos, así

como hojas secas, restos de comida, lodos provenientes de plantas de tratamiento de agua municipal; sirven como alimento para los consumidores primarios; entre estos se encuentran las bacterias, fungi, nemátodos, entre otros insectos pequeños. Los consumidores secundarios son los que se alimentan de consumidores primarios, entre estos se encuentran algunos nemátodos, escarabajos entre otros insectos de mayor tamaño. Y por último están los consumidores terciarios que tienen como alimento a los consumidores secundarios, entre estos están: los ciempiés, escarabajos de mayor tamaño y escarabajos depredadores. (Polprasert, 2007)

Todos los tipos de compostaje dependen el trabajo de las bacterias y fungi. Estos microbios digieren la materia orgánica hasta convertirla en formas químicas que son utilizables por otros microbios, invertebrados o plantas. Durante el proceso de descomposición termófila las poblaciones de microorganismos aumentan y disminuyen sucesión con cada grupo dependiendo de las condiciones del ambiente y las fuentes de comida disponible. (Benedetti, 2011)

Las bacterias que se encuentran en el medio son las responsables de la generación de energía durante el compostaje. Estas permiten el uso de enzimas para romper químicamente una gran variedad de material orgánico. La población de bacterias incrementa exponencialmente en las primeras etapas del compostaje lo que les permite tener una ventaja de consumir azúcares. El calor se genera por la actividad metabólica, y si las condiciones son las adecuadas el compost aumenta de temperatura. (Benedetti, 2011)

El proceso de compostaje ocurre si existen o no invertebrados. Cuando el compost se realiza de manera comercial o industrial los invertebrados son excluidos y se manejan sistemas de compost termófilo por microorganismos y los invertebrados no se encuentran activos a estas altas temperaturas. Por otro lado, el compost que se realiza en la intemperie permite el ingreso de invertebrados que se encuentran usualmente en la tierra provocando que estos organismos descomponen tamaños de partícula mayores en la materia orgánica. (Benedetti, 2011)

3. Fases del compostaje el compostaje es un proceso biológico que ocurre en condiciones aeróbicas con una adecuada humedad y temperatura. Es posible interpretar el compostaje como una serie de procesos metabólicos complejos por parte de diferentes microorganismos en presencia de oxígeno. Dichos microorganismos en presencia de oxígeno aprovechan el nitrógeno y carbono presente para producir biomasa. El proceso de compostaje se puede dividir en cuatro, dependiendo de las variaciones de temperatura que se presentan:

a. Fase mesófica comienza con una mezcla de residuos orgánicos a temperatura ambiente y al paso de horas o días puede llegar hasta los 45°C. Este aumento en la temperatura se debe a la actividad microbiana debido a que los microorganismos utilizan fuentes sencillas de C y N y producen calor. La descomposición de compuestos solubles produce ácidos orgánicos y el pH puede bajar hasta llegar a un rango cercano a cuatro. (Román & Martínez, 2013).

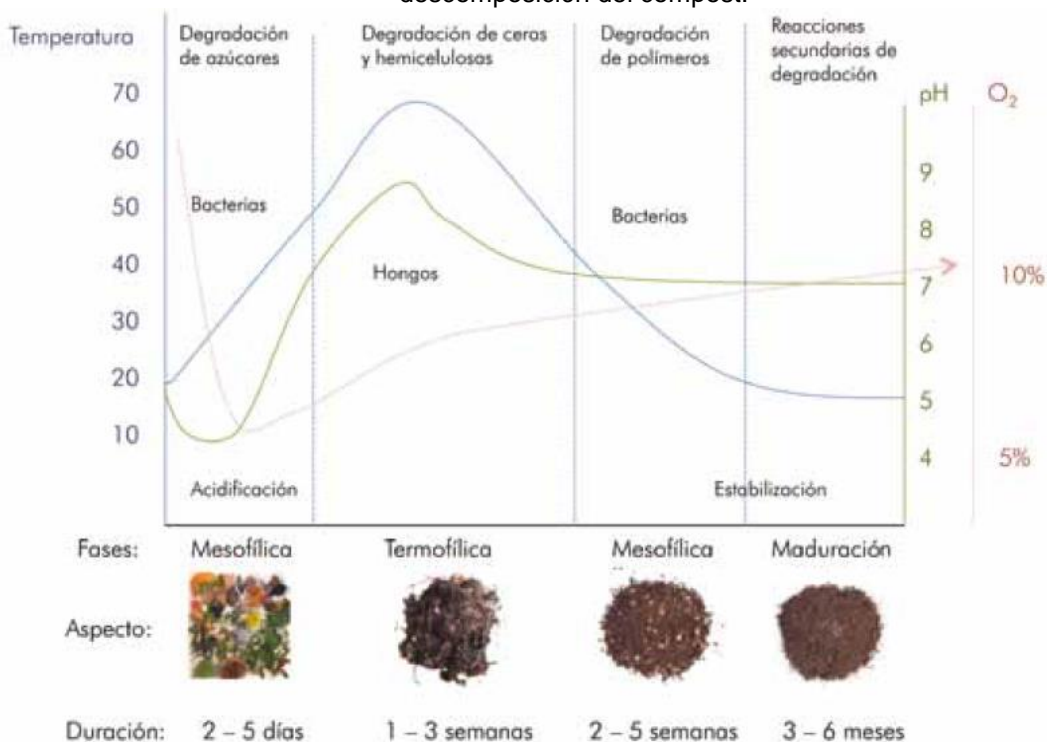
b. Fase termófila o higienización esta fase se alcanza cuando el material alcanza temperaturas mayores a 45°C. En este punto, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas facilitando la degradación de fuentes más complejas de carbono (celulosa y lignina). (Román & Martínez, 2013)

En este punto, los microorganismos comienzan a transformar el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH sube. Esta fase recibe el nombre de higienización debido a que el calor generado destruye bacterias y contaminantes como *Escherichia Coli*. (Román & Martínez, 2013)

c. Fase de enfriamiento o mesófila II, al agotarse las fuentes de carbono y nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40 – 45°C continuando la degradación de componentes como la celulosa. (Román & Martínez, 2013)

d. Fase de maduración es la última fase a temperatura ambiente, en el cual se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos. (Román & Martínez, 2013)

Figura 3: Esquema del comportamiento de la temperatura y pH respecto a la fase de descomposición del compost.



Nota: 1 - Corresponde al comportamiento de temperatura. 2 - Corresponde al comportamiento de oxígeno.
3 - Corresponde al comportamiento del pH.

(Román & Martínez, 2013)

4. Condiciones de fabricación de compost, el compostaje es un proceso biológico que necesita del control de parámetros para lograr las condiciones adecuadas para el crecimiento y reproducción de microorganismos encargados del proceso de descomposición de la materia orgánica. Entre los aspectos más importantes a monitorear, se tienen: oxígeno o aireación, humedad, temperatura, pH y relación C:N. El proceso de compostaje conlleva las siguientes fases: (1) preparación de la materia prima o pre-proceso, (2) compostaje y (3) clasificación y mejora o post-procesamiento. En la fase de preparación de la materia prima, usualmente, se requiere una reducción del tamaño de partícula y eliminación de contaminantes. (Benedetti, 2011)

El proceso de compostaje requiere de cierto equipo que permita adaptar las condiciones del medio para que los microorganismos responsables del proceso de degradación tengan un ambiente adecuado. En general, la disponibilidad de oxígeno, es el factor de mayor importancia. (Benedetti, 2011)

El tamaño de partícula que se ingresa al proceso de descomposición afecta el tiempo de la reacción. Disminuir el tamaño de partícula aumenta la superficie de contacto que permite la actividad microbiana y aumenta la rapidez de descomposición. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que, si las partículas son muy pequeñas y compactas, la circulación del aire sobre la pila de material se reduce, lo que provoca que la cantidad de oxígeno disponible para los microorganismos disminuye ocasionando una menor actividad microbiana. (Benedetti, 2011)

La fuente de oxígeno de los microorganismos es primordialmente la capa de aire que rodea a cada partícula. El oxígeno consumido, se reemplaza por el CO₂. Eventualmente, la cantidad de oxígeno que se encuentra alrededor de la partícula, se acaba y de no ser reemplazado las condiciones aeróbicas terminan. En consecuencia, el objetivo principal de un diseño aeróbico consiste en renovar las condiciones del aire en el sistema para lograr una cantidad suficiente de oxígeno para que esté disponible para los microorganismos. La renovación del oxígeno en el sistema se logra de las siguientes maneras: (1) moviendo físicamente las partículas para exponerlas a una nueva cantidad de aire, (2) desplazando cantidades de aire mientras que las partículas de compost se mantienen fijas. (Benedetti, 2011)

El porcentaje de aireación se debe encontrar en un rango del 5% al 15% respecto a la cantidad de materia orgánica del sistema para lograr un ambiente aerobio. Cuando se mantienen bajos niveles de aireación (menores al 5%) se tiene una insuficiente evaporación de agua lo que ocasiona un exceso de humedad en la pila de compost. La solución a este problema es un sistema de volteo para la mezcla o un sistema que permita que la adición de material permita una correcta aireación. Por otro lado, cuando el sistema tiene un exceso de aireación, se tienen problemas como: descenso en la temperatura y evaporación de agua, provocando que el proceso de descomposición se detenga. Este problema, se soluciona reduciendo el tamaño de partícula del material, reduciendo de esta manera la aireación. Para regular la humedad, se debe agregar agua a la pila de manera constante, o agregar materiales con mayor porcentaje de humedad. (Benedetti, 2011)

El movimiento físico de partículas, o agitación, consiste en que las partículas se levanten y luego caigan de manera aleatoria. Este mecanismo permite que el aire de la partícula sea renovado durante el proceso, se debe evitar que el material se compacte luego del proceso de agitación. En un proceso de desplazamiento de aire, las partículas permanecen estacionarias, y

la capa de aire que rodea las partículas, se disuelven o son reemplazadas por la masa de compost. (Benedetti, 2011)

El control de temperatura, es un aspecto crítico en la realización de compost. La temperatura a la que se debe mantener el compost depende de la fase de descomposición en la que se encuentre el proceso. El crecimiento microbiano que se lleva a cabo en el proceso de descomposición de la materia, se encuentra ligado con la temperatura a la que se mantenga el sistema. En la Figura 3, se puede observar en qué rangos de temperatura y qué tipo de microorganismos participan en cada fase del proceso de descomposición. (Benedetti, 2011)

El pH es un parámetro importante de controlar durante el proceso de compostaje. La literatura recomienda mantener un pH en el rango de 4.5 a 8.5; en caso de que este se salga del rango, pueden presentarse problemas. Un pH menor a 4.5 indica que existe un exceso de ácidos orgánicos en el medio, lo que es causado principalmente por materiales vegetales que liberan estos ácidos, esto se soluciona agregando material rico en nitrógeno. Por otro lado, un pH básico implica un exceso de nitrógeno en el medio y una relación deficiente de C:N produciendo amoníaco alcalinizado. Esto es posible resolverlo con la adición de material seco con alto contenido de carbono. (Benedetti, 2011)

Cuadro 1: Parámetros del compostaje

Parámetro	Rangos adecuados		
	Inicio	Fase termofílica 2	Compost maduro
Relación C:N	25:1 – 35:1	15:1 - 20:1	10:1 – 15:1
humedad	50% - 60%	45% - 55%	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~ 10%	~ 10%	~ 10%
Tamaño de partícula	<25 cm	~ 15 cm	<1.6 cm
pH	6.0 – 8.0	6.0 – 8.5	6.0 – 8.5
Temperatura	45 – 60°C	Temperatura ambiente - 45°C	Temperatura ambiente
Densidad	250 – 400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	50% - 70%	>20%	>20%
Nitrógeno total (Base seca)	2.5 – 3%	1 – 2%	~ 1%

(Román & Martínez, 2013)

5. Nutrientes básicos en un fertilizante, los nutrientes que posee un abono orgánico son muy bajos en comparación con un fertilizante químico. Los abonos sintéticos tienen entre 8 y 10 veces más de los elementos principales: nitrógeno, fósforo y potasio. Los abonos naturales tienen valores promedio del 2% de nitrógeno 0.9% de fósforo y 2.8% de potasio. Al analizar estos parámetros, en general, se requieren entre 6 y 10 veces más cantidad de carbono orgánico que fertilizante químico y debido a que los valores porcentuales son bajos, es necesario reforzarlos con cierta cantidad de fertilizantes químicos. (Anacafé, 2017)

El calcio, el magnesio y el azufre son tres nutrientes secundarios que requieren las plantas para crecer adecuadamente. Los nutrientes secundarios son esenciales para el crecimiento adecuado de la planta, pero se necesitan en menor cantidad que los nutrientes primarios. El calcio es el responsable de mantener unidas las paredes celulares de las plantas; en caso que este sea deficiente, los tejidos presentan un crecimiento distorsionado por la formación incorrecta de la pared celular. Deficiencia de calcio puede surgir de los niveles en la solución nutritiva son menores de 40 a 60 ppm o si los niveles de potasio, magnesio o sodio son demasiado altos. Por otro lado, las plantas adquieren el azufre como sulfato. El sulfato es difícil de disolver y es utilizado en las plantas para construir moléculas orgánicas. Es parte vital de todas las proteínas de las plantas y se usa para la formación de ciertos aceites y compuestos volátiles. La deficiencia de azufre está asociada a la formación de proteínas. El nivel mínimo de azufre proveniente de la solución debería ser de 25 ppm de azufre o 75 ppm de sulfato. En el caso del magnesio, este es necesario para que las enzimas de las células realicen un trabajo adecuado. Por tanto, este elemento se da en base a la clorofila y su importancia en la molécula. Deficiencia de magnesio provoca un cambio en el color de las plantas. Se requieren de por lo menos 25 ppm de este elemento en un fertilizante. (PROMIX, 2017)

El boro es un elemento que no se necesita en grandes cantidades en las plantas, pero puede causar problemas si no se administra en niveles adecuados. Por eso se utilizan en conjunto con el calcio para la síntesis en las paredes celulares y permite la división celular. La deficiencia de boro puede producirse cuando el pH del sustrato es mayor a 6.5 los niveles superiores de 0.5 ppm son considerados altos. El cobre es un micronutriente necesario para las plantas en muy pequeñas dosis. El rango normal se encuentra de 0.05 a 0.5 ppm. El cobre participa en el proceso de fotosíntesis, la respiración y ayuda en el metabolismo de carbohidratos y proteínas. El hierro, tiene un índice ideal en el tejido de 20 veces más alto que el del cobre. (PROMIX, 2017)

El hierro se clasifica como micronutriente lo que implica que las plantas requieren una menor cantidad en comparación con los macronutrientes primarios o secundarios. La tierra necesita grandes cantidades y su disponibilidad depende del PH del sustrato. El hierro es parte de varias enzimas y algunos pigmentos dentro de la planta. Si el pH del sustrato es mayor a 6.5 el hierro se hace insoluble dificultando su absorción por la planta. Comúnmente, el hierro se suministra utilizando fertilizantes y la mayoría de las plantas requiere una constante aplicación de hierro de 1 ppm. De igual manera, el manganeso es un importante micronutriente para el desarrollo de las plantas, es uno de los elementos que más contribuyen al funcionamiento de varios procesos biológicos incluyendo la fotosíntesis, la respiración y la asimilación de nitrógeno. La deficiencia de manganeso puede surgir cuando el pH es superior a 6.5. (PROMIX, 2017)

El zinc es uno de los micronutrientes esenciales para las plantas, pero en pequeñas cantidades en el nivel normal de si en el tejido foliar es de 15 a 60 ppm y en el sustrato de 0.1-2.0 ppm. El zinc activa las enzimas responsables de la síntesis de ciertas proteínas, es usado para formar clorofila y la conversión de almidones en azúcares. La toxicidad de zinc se presenta cuando sus niveles en el tejido exceden de 200 ppm. (PROMIX, 2017)

Cuadro 2: Compuestos del fertilizante y cantidades recomendadas

Compuesto del fertilizante	Cantidad requerida	Referencia
N	2 %	(Anacafé, 2017)
P ₂ O ₅	1 %	(Anacafé, 2017)
K ₂ O	3 %	(Anacafé, 2017)
CaO	40 - 60 ppm	(PROMIX, 2017)
MgO	> 25 ppm	(PROMIX, 2017)
S	25 - 75 ppm	(PROMIX, 2017)
B	< 0.5 ppm	(PROMIX, 2017)
Cu	0.05 - 0.5 ppm	(PROMIX, 2017)
Fe	Depende pH (6.5)	(PROMIX, 2017)
Mn	Depende pH (6.5)	(PROMIX, 2017)
Zn	0.1 -2 ppm Exceso = 200 ppm	(PROMIX, 2017)

Nota: Los valores presentados para N, P₂O₅ y K₂O son para un abono orgánico promedio. Los demás valores, se presentan con base en los requerimientos generales de nutrientes en un fertilizante para nutrir apropiadamente a las plantas.

6. Sistemas de compostaje, el tamaño de una pila de compostaje debe ser identificarse para el diseño de un reactor. La pila creada debe ser lo suficientemente grande para poder disipar el calor que se produce, así como la humedad. Sin embargo, debe ser lo suficientemente pequeña como para permitir una buena circulación de aire. Solamente para el compost que se realiza de manera termofílica, las pilas deben ser al menos de un metro cúbico para asegurar la retención de calor y humedad. (Román & Martínez, 2013)

a. Suministro de oxígeno, el oxígeno se suministra al compost de cualquiera de estas maneras:

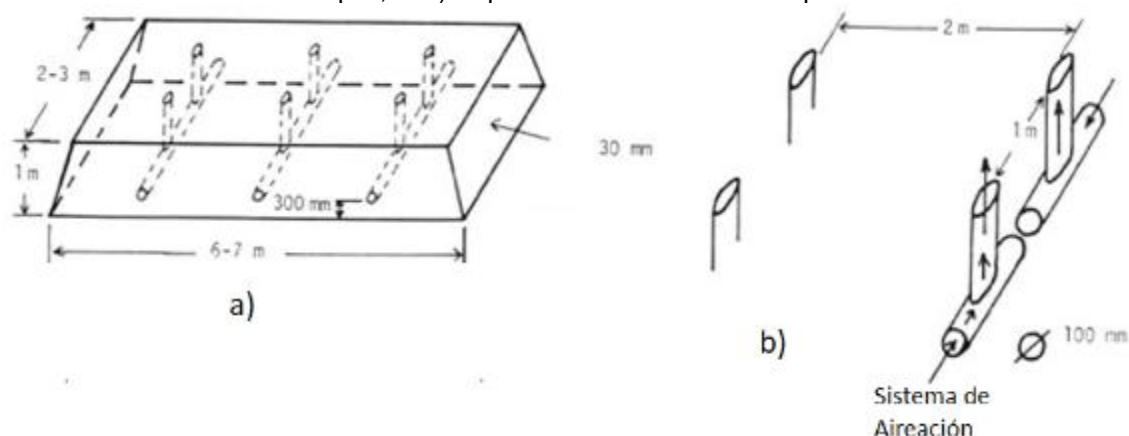
- Aireación pasiva: Es el resultado de convección entre la pila; temperaturas elevadas del centro de la pila causan que el aire se caliente y se eleve en la pila creando vacío en el centro de la pila y ocasionando que el aire entre por los lados de la pila.
- Agitación mecánica: consiste en exponer el material compostable al aire ambiental utilizando un sistema mecánico para mover las partículas.
- Aireación forzada: Se refiere a un proceso de forzar el aire a través de la pila de compost utilizando ventiladores de alta presión y tuberías perforadas, o algún tipo de distribuidor de aire. Existen dos tipos de aireación forzada: positiva y negativa que se refieren al movimiento del aire en relación a la pila. (Ver Figura 4) (Román & Martínez, 2013)



(Román & Martínez, 2013)

El suministro de oxígeno a una pila de compostaje puede hacerse mediante un procedimiento de aireación forzada positiva (ver Figura 5). Se observa la distribución de tuberías y la separación de estos para lograr la aireación dentro de la pila y garantizar el suministro de oxígeno. (Dalzell & et.al., 2013)

Figura 5: Esquema de un sistema de aireación forzada positiva a) Distribución y dimensiones de la pila, b) Separación de tuberías en la pila



(Dalzell & et.al., 2013)

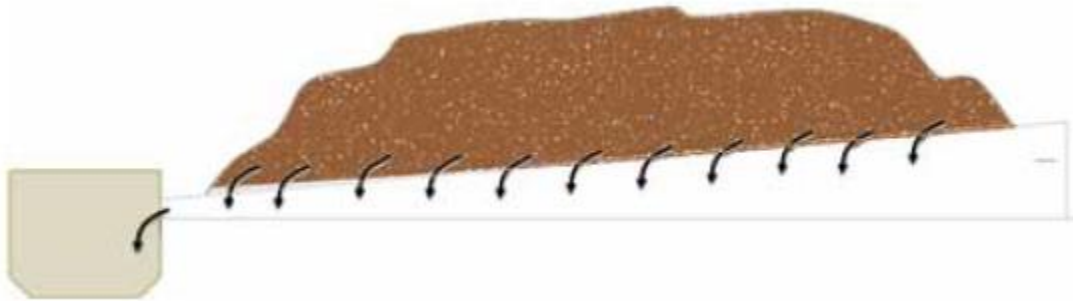
b. Recolección de lixiviados, el lixiviado es el agua que drena por la excesiva saturación de humedad del material orgánico durante el proceso de compostaje. El exceso de agua que sale puede colectarse debido a que éste tiene nutrientes solubles y algunos microorganismos. En caso de que el compost contenga exceso de agua cuando está inmaduro se pueden generar zonas aeróbicas donde se producen azúcares o ácidos que pueden resultar tóxicos para las plantas. Si el lixiviado proviene de compuesto fresco, el líquido tiene pH ácido, mal olor y aspecto oscuro.

La elección del área y nivelación se hace en función de las condiciones climáticas y el área de producción de residuos, es de importancia considerar la pendiente del terreno y colocar el mismo a una distancia prudente de nacimientos de agua. Se prefiere un área protegida de vientos, y de poca pendiente para evitar problemas de lixiviados y erosión del suelo. Los lixiviados deben ser recolectados para su tratamiento. (Román & Martínez, 2013)

El área de compostaje en pilas, debe ser posible de almacenar y procesar la materia prima en un área de baja permeabilidad y tener como mínimo un 2% de gradiente para drenaje que

permita direccionar los lixiviados a un tanque de recolección. De igual manera el compost terminado tiene que ser almacenado en un área determinada que tenga de igual manera un 2% de gradiente de drenaje. (EPA, 2013)

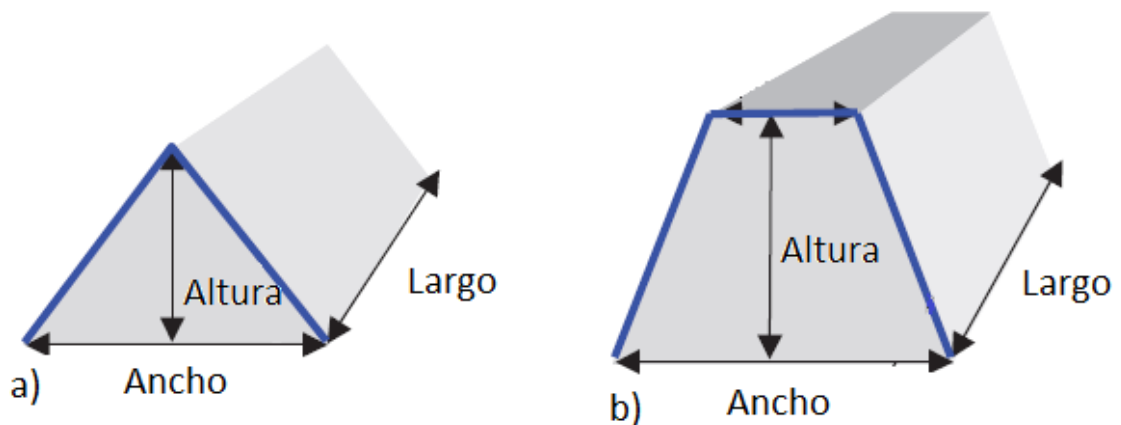
Figura 6: Sistema de recolección de lixiviados



(Román & Martínez, 2013)

c. Dimensionamiento de las pilas de compost, el dimensionamiento de la pila de material compostable se realiza en base a la forma que este tendrá. Existen distintas formas geométricas para las cuales se puede describir el volumen de material y la configuración que esta tiene dentro de una compostera. Entre las formas más comunes están la forma de triángulo o la forma de trapecoide que se ilustran a continuación: (Paul, 2008)

Figura 7: Geometría de las pilas de compostaje. a) Triangular y b) Trapezoidal



(Paul, 2008)

Ecuación 1: Volumen y masa de la pila triangular (Paul, 2008)

$$V = ancho * altura * largo * 0.5$$

$$M = volumen * densidad$$

Ecuación 2: Volumen y masa de pila trapezoidal (Paul, 2008)

$$V = (\text{ancho1} + \text{ancho 2}) * \text{altura} * \text{largo} * 0.5$$

$$M = \text{volumen} * \text{densidad}$$

El ángulo natural de reposo de la turba húmeda se encuentra en un rango de 60 a 75°. La turba es el nombre genérico de distintos materiales que se obtienen a partir de un proceso de descomposición de material orgánico (vegetales). Dependiendo de la naturaleza de la materia prima y las condiciones climáticas durante su formación, este material tiene distintas propiedades finales. Generalmente, la turba se genera de manera anaerobia, con exceso de humedad y deficiente oxigenación. El ángulo de reposo de la tierra húmeda compactada es de 45° mientras que el de la tierra seca y compacta es de 37°. (Sánchez, 2016) (Sotelo, 2002) (Navarro, 2008)

7. Beneficios del uso del compost, el compost es un tipo de materia orgánica con capacidad de mejorar química, física y biológicamente las características de la tierra. Mejora la retención de agua y promueve la estructura del suelo aumentando la estabilidad. Añadir compost a la tierra permite el aumento de la fertilidad y puede reducir el requerimiento de fertilizante en un 50%. (Canada, 2013)

Entre los aspectos más importantes del uso de composta en la agricultura es que esta se considera una práctica sustentable. Esto debido a que se asocia con la reducción de productos agroquímicos. Además, permite la conservación del equilibrio en el medio ambiente y permite aumentar la productividad del suelo y garantiza productos convenientes económicamente. (Canada, 2013)

Una de las ventajas de aplicar compost a la tierra es que permite mantener la estructura del suelo y al agregar el material orgánico este permite conservar los nutrientes y aumentar las propiedades en el suelo. Por otro lado, al evaluar el valor del compost se tienen dificultades debido a la amplia variedad de minerales que posee. La manera más fácil de evaluar el valor del compuesto es en base al cálculo de la cantidad de materia orgánica y nutriente que puede aportar a una planta considerando los macronutrientes de nitrógeno y potasio. (Canada, 2013)

Debido a las características fisicoquímicas del compost, este presenta el sustrato ideal para el crecimiento de microorganismos. El compost puede tener patógenos como bacterias, virus,

hongos y parásitos, pero numéricamente no son representativos en base a la población microbiana. (Canada, 2013)

El compost puede ser utilizado como un control de erosión. Permite mantener la humedad del ambiente y proveer características físicas, químicas y biológicas que permitan aumentar las propiedades del suelo. (Canada, 2013)

8. Proceso de compostaje, el proceso de generación de compost es un proceso aeróbico de carácter biológico que involucra el uso de diferentes microorganismos para lograr la descomposición de materia orgánica y convertirlo biológicamente en un producto estable. (Canada, 2013)

Para lograr un proceso de compostaje se requieren de distintos pasos para lograr un producto adecuado. El primer paso consiste en la separación de los materiales compostables desde el área de separación. Segundo, realizar la preparación de la materia, lo cual involucra un cambio en el tamaño de la partícula para asegurar la homogeneidad del material, en este paso se pueden dar las características físicas o químicas de la materia prima. En general, este paso incluye la separación, tamizado o incluso adición de agua para lograr la materia prima de las características deseadas. Tercero, realizar una descomposición rápida de los materiales que tienen un tiempo de degradación corto, este paso se caracteriza por tener altos niveles de actividad biológica y una necesidad alta de oxígeno. La actividad de los microorganismos aumenta la temperatura y cuando la cantidad de oxígeno y humedad son óptimos, la actividad biológica aumenta la temperatura entre 55°C a 65°C en 24 horas. El calor producido por los microorganismos conlleva varios beneficios, como permitir que las poblaciones de microorganismos patógenos se reduzcan a niveles aceptables. Sin embargo, altas temperaturas, pueden causar que el agua se evapore provocando una pérdida de humedad en el sistema. (Canada, 2013)

En este paso del proceso se requiere de mayor monitoreo debido a que puede ocasionar generación de olores y condiciones que permiten la atracción de insectos. Un compost activo puede durar de un mes hasta 8 o 12 meses, el rango amplio que se maneja se atribuye a distintos factores como: el tipo de materia prima, el grado de preparación de la materia prima, el tipo de compostaje, condiciones climáticas y el control y mantenimiento que se mantenga. (Canada, 2013)

Cuarto, en algunas instalaciones de compostaje se recuperan partículas grandes, que se pueden utilizar para un reproceso. Se seleccionan aquellas materias primas que tengan un tamaño mayor a 2.5 cm pasándolas por un tamiz. Las partículas pequeñas continúan en la siguiente etapa. Luego, viene la etapa de curado que involucra que los microorganismos comiencen a descomponer las estructuras orgánicas más complejas, por lo tanto, la cantidad de microorganismos decrece demandando una menor cantidad de oxígeno y provocando temperaturas más bajas. Por último, la etapa final consiste en pasar el material sobre tamiz para seleccionar aquellas partículas menores a 1.5 cm de diámetro, de esta manera se pueden eliminar aquellas partículas que no sufren de un proceso de descomposición. En los diagramas 1 y 2, representan los procesos de separación de desechos y el proceso de compostaje aerobio realizados en base al proceso descrito anteriormente. (Canada, 2013)

El rendimiento productivo de un proceso de compost se encuentra entre valores del 20% y 24%. El valor se obtuvo a partir de balances de masa, resultado de un proceso productivo de descomposición de material orgánico en una planta de compostaje. El material utilizado en esta planta es de tipo Fracción Orgánica de Residuos Municipales (FORM). Lo cual contempla la separación de la fracción orgánica desde el origen de los desechos. (Huerta, Soliva, & Zaloña, 2008)

B. Módulo 2: Evaluación de proceso anaeróbico para tratamiento de residuos sólidos orgánicos en un complejo comercial

1. Digestión anaerobia, la digestión anaerobia es un proceso biológico complejo de degradación de materia orgánica (residuos animales y vegetales), en la cual, microorganismos en ausencia de oxígeno, actúan para la digerir moléculas complejas y componentes energéticos de forma espontánea (Blanco, 2004). Durante este proceso, más del 90% del potencial energético disponible de la materia orgánica es transformado en metano a través de una oxidación directa. El 10% restante es utilizado para el crecimiento de los microorganismos (Varnero, 2011). El producto principal de la digestión anaerobia se denomina biogás, cuya composición química se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Composición del biogás

Sustancia	Símbolo	Porcentaje v/v
Metano	CH ₄	50 – 75 %
Dióxido de Carbono	CO ₂	25 – 45 %
Vapor de Agua	H ₂ O	2 – 7 %
Oxígeno	O ₂	< 2 %
Nitrógeno	N ₂	< 2 %
Amoníaco	NH ₃	< 1 %
Hidrógeno	H ₂	< 1 %
Ácido Sulfhídrico	H ₂ S	< 1 %

Fuente (Kanger, 2013)

El metano es el hidrocarburo más simple, que se encuentra en estado gaseoso a temperatura ambiente. En la actualidad, se realizan estudios y esfuerzos para aprovechar este gas generado a partir de procesos de descomposición de material orgánico en condiciones anaerobias, con el fin de ser utilizado como fuente de energía. También se genera de forma natural por el proceso digestivo de ganado, vertederos, incendios forestales, etc. A este gas se le atribuye una contribución 21 veces más hacia el efecto invernadero que el dióxido de carbono, con un tiempo de permanencia de aproximadamente 15 años en la atmósfera (Varnero, 2011).

Las cantidades presentes en el biogás de componentes que inhiben la reacción de degradación, como el amoníaco y ácido sulfhídrico, generalmente se encuentran en trazas. Sin embargo, la concentración de estos depende del contenido de nitrógeno orgánico presente en la materia, para el caso del amoníaco. Para el sulfuro de hidrógeno, el porcentaje presente se atribuye a la presencia de proteínas, por lo aminoácidos con alto contenido de azufre (Curinga, 2017).

2. Productos de la digestión anaerobia

a. Biogás, el biogás es una mezcla gaseosa, conformada principalmente por metano y dióxido de carbono, como se indica en el Cuadro 4. Razón por la cual, la mayoría de sus características fisicoquímicas están determinadas por el porcentaje de metano presente, en el Cuadro 4 se muestran algunas de sus características generales. La composición del biogás varía

dependiendo del sustrato utilizado y las condiciones de operación del proceso (temperatura, tiempo de retención, tipo de digestor, etc.) (Kanger, 2013).

La producción de biogás es una alternativa para el tratamiento de residuos biodegradables, empleado para aplicaciones energéticas. Entre sus usos se encuentran la generación de calor, por ejemplo, para la cocción de alimentos; también se emplea para iluminación y producción de electricidad (Njoroge, 2015).

Cuadro 4: Características generales del biogás

Característica	Valor
Masa molar	16.043 kg/kmol
Valor calórico	22 – 37 MJ/ m ³
Contenido energético	6.00 – 6.50 kWh/m ³
Límite de explosión	6.00 – 12.00% de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750 °C
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	- 82.5 °C
Densidad normal	1.22 kg/m ³
Olor	Huevo podrido

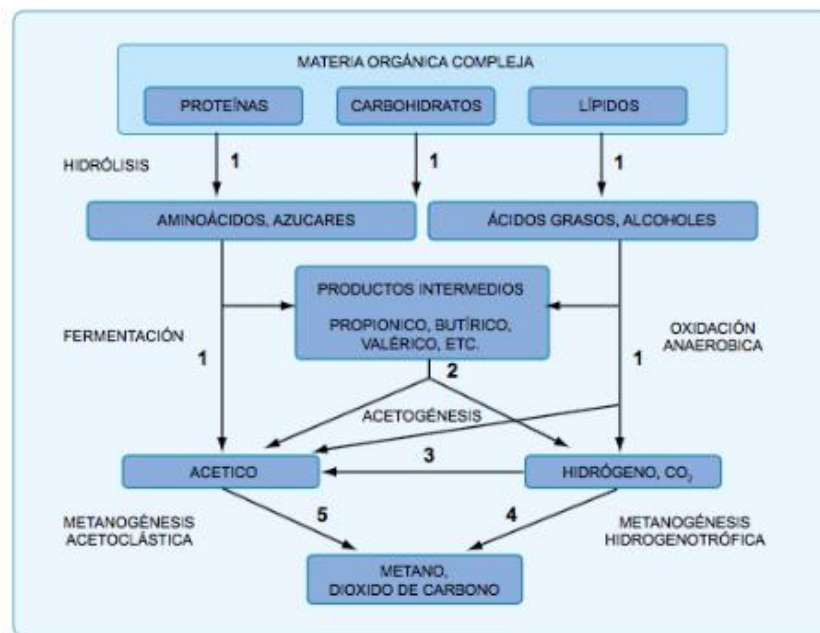
Fuente (Varnero, 2011)

b. Bioabono, el segundo producto de la digestión anaerobia es un material sólido pastoso, utilizado como bioabono para los suelos. Según Varnero, 2011: “El lodo de la digestión anaeróbica, tiene un elevado contenido de agua, constituido por fracciones de materia orgánica estabilizada, nutrientes totales y disponibles, sales solubles, con valores de pH cercano a la neutralidad, además enriquecido en inóculos microbianos metanogénicos”. Su contenido de materia orgánica, es menor que el de la materia prima, debido a los cambios bioquímicos ocurridos para la generación de metano. Sin embargo, debido a sus características químicas y biológicas, su incorporación al suelo permite mejorar su estructura y fertilidad, reduciendo problemas como la compactación y erosión (Blanco, 2004). Entre los usos más comunes de estos lodos se tienen: acondicionamiento de suelos, fertilizante orgánico, mezcla para macetas y recuperación de suelos.

A pesar que existen pocos estudios relacionados con el efecto de la digestión anaerobia en la supervivencia de patógenos que afectan las plantas, hay algunos que indican que, durante el tratamiento anaeróbico, las enfermedades que estos hongos provocan se inhiben durante la digestión mesofílica. Esto se debe a las condiciones a las que el proceso se da: temperatura, niveles de pH, contenido de ácidos volátiles y el contenido de amoníaco y sulfuro de hidrógeno; las cuales combinadas generan un ambiente hostil para la supervivencia de las esporas (Varnero, 2011).

c. **Etapas de digestión anaerobia**, la digestión anaerobia es un proceso complejo, ya que involucra gran número de reacciones y microorganismos que actúan de forma simultánea, si las condiciones del medio son las adecuadas. Según (Martí, 2006) estudios bioquímicos y microbiológicos dividen el proceso en cuatro etapas o procesos sucesivos e íntimamente relacionados: hidrólisis, etapa fermentativa o acidogénica, etapa acetogénica y etapa metanogénica. En cada etapa, intervienen diferentes microorganismos y se obtienen productos intermedios, esquematizados en la Figura 8.

Figura 8: Diagrama de reacciones y bacterias involucradas en digestión anaeróbica



Fuente (Varnero, 2011)

* Nota: Los números indican las bacterias relacionadas a la reacción: 1: bacterias fermentativas; 2: bacterias acetogénicas que producen hidrógeno; 3: bacterias homoacetogénicas; 4: bacterias metanogénicas hidrogenotróficas; 5: bacterias metanogénicas acetoclásticas.

1) Hidrólisis, es la primera fase de la fermentación anaerobia. Es típicamente, el paso más lento, por lo que es la fase limitante del proceso; más aún si los residuos tienen alto contenido de sólidos. Es de vital importancia ya que, los microorganismos de las siguientes etapas no pueden utilizar el material orgánico de forma directa; es necesario que sean hidrolizados en compuestos solubles que puedan atravesar su pared celular (Varnero, 2011).

Los microorganismos que intervienen en esta etapa, liberan enzimas que descomponen moléculas largas y complejas no disueltas (carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos). Tras la ruptura de los biopolímeros, se obtienen elementos más sencillos solubles o monómeros, como: azúcares, aminoácidos, ácidos grasos, glicerol, purina y pirimidinas (Kanger, 2013). Las bacterias hidrolíticas, se desarrollan y actúan de forma espontánea si el medio posee las condiciones adecuadas. Se consiguen buenos desempeños al trabajar en ambientes ácidos, con PH debajo de 5 (PWGSC, 2013). A pesar que la mayoría, son estrictamente anaerobias, también se han encontrado anaerobias facultativas 2 (Kanger, 2013).

2) Etapa acidogénica, en la acidogénesis, los compuestos orgánicos simples generados en la etapa anterior, son fermentados para obtener productos intermedios de cadena corta: ácidos grasos volátiles y alcoholes. (Al Seadi, *et al.*, 2008). En esta etapa, los microorganismos fermentativos también logran eliminar cualquier traza de oxígeno disuelto en el sistema. Estos, se componen de bacterias facultativas o anaerobias estrictas. Debido a la formación de los ácidos, el valor de pH disminuye, llegando a afectar el reactor si no se controla. Es por ello, que los microorganismos acidógenos y los eliminadores de ácido deben estar en equilibrio para tener un proceso de digestión estable (Kanger, 2013).

3) Etapa acetogénica, en la acetogénesis, los compuestos intermediarios son transformados por bacterias acetogénicas en ácido acético y gases de dióxido de carbono e hidrógeno; con el fin de que las bacterias metanogénicas puedan utilizarlos (Al Seadi, *et al.*, 2008). Por lo tanto, los compuestos formados durante esta fase son los precursores del metano. Las bacterias que degradan estos compuestos actúan únicamente de forma anaerobia (Blanco, 2004).

2 Bacteria facultativa: aquellas que se desarrollan en presencia o ausencia de oxígeno, denominadas aerobias facultativas o anaerobias facultativas.

4) Etapa metanogénica, la metanogénesis es llevada a cabo por bacterias metanogénicas, estrictamente anaerobias. En pequeñas concentraciones de oxígeno, estas bacterias son inhibidas. En esta fase, ocurre la estabilización de la materia orgánica, ya que los productos obtenidos de las etapas anteriores son transformados, para producir metano. Es la etapa final y la más importante de todo el proceso de una digestión anaerobia (Blanco, 2004).

Se distinguen dos tipos de microorganismos, las bacterias metanogénicas acetoclásicas y las metanogénicas hidrogenófilas. Las primeras hacen referencia a los microorganismos que degradan el ácido acético, mientras que las otras consumen el hidrógeno (Al Seadi, 2008). El gas metano a partir del acetato es la vía más productiva, siendo un aproximado del 70% del metano total producido; mientras que el 30% corresponde al generado por el hidrógeno y dióxido de carbono. Estos microorganismos no toleran pH bajos, por lo que debe mantenerse entre 6.5 y 7.2 (PWGSC, 2013).

3. Parámetros que influyen en la digestión, la efectividad de la digestión anaerobia se ve influenciada por algunos parámetros críticos, como: ausencia de oxígeno, temperatura constante, nivel de pH, tiempo de retención, relación C/N, dilución, agitación y carga orgánica; la cual puede estimarse con parámetros como sólidos totales y volátiles o DQO (Dioha, Ikeme, Nafi'u, Soba, & Yusuf, 2013).

a. Tipo sustrato, para el estudio realizado, se tendrían residuos orgánicos provenientes de actividades comerciales y restaurantes. Generalmente, este tipo de residuos está conformado principalmente por carbohidratos, frutas, verduras y proteínas. Según (Rincón, Rincón, Alvarez, & Chirinos, 2014), al trabajar con este tipo de residuos, la proporción adecuada para obtener los mejores desempeños es 24:71:5, de C:FV:P (Carbohidratos, frutas y verduras, proteínas). Al tener mayor presencia de frutas y verduras, se favorece la reacción de degradación, ya que sus constituyentes como vitaminas, minerales y contenidos de glucosa actúan como activadores de la reacción (Rincón, Rincón, Alvarez, & Chirinos, 2014).

b. Temperatura, los procesos anaeróbicos son fuertemente dependientes de la temperatura, la cual a su vez es determinante en la velocidad de crecimiento de los microorganismos. Entre mayor sea la temperatura de operación, más rápido se da el proceso de digestión, logrando mayores producciones de biogás. Las variaciones bruscas de temperatura desestabilizan la acción microbiana, es por ello que se deben mantener homogéneas con un

máximo de variación de ± 1.0 °C (Njoroge, 2015). Esto puede lograrse con un controlador de temperatura y un adecuado sistema de agitación.

Un proceso anaerobio puede ser trabajado en tres rangos de temperatura: psicrófilo, mesófilo y termófilo. La temperatura de operación está directamente relacionada con el tiempo de retención, ya que, para altos rangos, la velocidad de reacción es mayor. Además, se tiene un rango óptimo de temperatura, donde se consigue el máximo trabajo en cada uno de los rangos posibles. A continuación, se muestran los intervalos para cada condición:

Cuadro 5: Rangos de temperatura y tiempo de retención de proceso anaerobio

Condición	Mínimo	Óptimo	Máximo	Tiempo de retención
Psicrofílica	4 – 10 °C	15 – 18 °C	20 – 25 °C	> 100 días
Mesofílica	15 – 20 °C	25 – 35 °C	35 – 45 °C	30 – 60 días
Termofílica	25 – 45 °C	50 – 60 °C	75 – 80 °C	10 – 15 días

Fuente (Varnero, 2011)

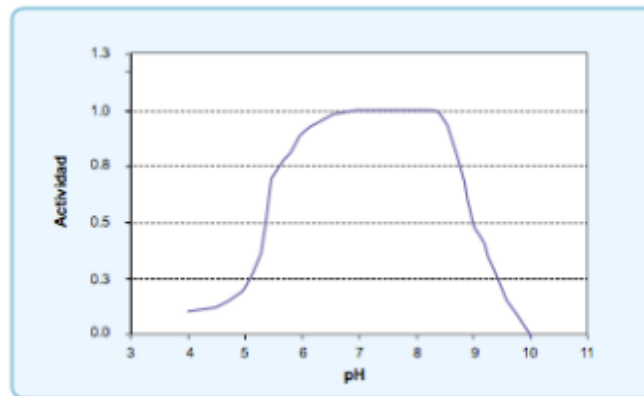
El régimen psicrófilico es el menos utilizado y ha sido poco estudiado. Debido al gran tamaño que se requiere es planteado como poco viable. Es el más utilizado es el mesofílico, sin embargo, el termofílico está siendo más empleado debido a las ventajas que presenta: efectiva destrucción de patógenos, mayor tasa de crecimiento de bacterias metanogénicas, menor tiempo de retención (haciendo el proceso más rápido y eficiente), mejor separación de fracciones líquidas y sólidas, y, mejor degradación de sustratos sólidos y mejor utilización del sustrato (Al Seadi, *et al.*, 2008). Se tiene que por cada incremento de 10 °C, la actividad biológica se duplica. Sin embargo, este régimen presenta mayor inestabilidad a cualquier cambio a las condiciones de operación, demanda energía para mantener las elevadas temperaturas y hay mayor riesgo de inhibición por amonio y otros componentes.

c. Tiempo de retención hidráulico (HRT), el tiempo de retención hidráulico es el intervalo de tiempo promedio en el cual el sustrato debe permanecer dentro del reactor, para que las bacterias metanogénicas puedan actuar. El HRT y la velocidad de carga orgánica, la cual depende del tipo de sustrato, son los principales parámetros de diseño (Al Seadi, *et al.*, 2008). Este se ve afectado por la temperatura del proceso y el tipo de sustrato utilizado. Típicamente,

el HRT varía de 30 a 100 días; en el Cuadro 5, se observa los HRT para cada régimen de temperatura (Njoroge, 2015).

d. pH y alcalinidad, la digestión anaerobia se ve afectada con pequeños cambios en los niveles de pH, que se encuentren fuera del rango óptimo. Los microorganismos presentes durante el proceso anaeróbico, actúan óptimamente en pH cercanos a la neutralidad. Las bacterias metanogénicas son las más susceptibles a variación de pH. Según (Varnero, 2011) el óptimo es entre 5.5 y 6.5 para acidogénicos y entre 7.8 y 8.2 para metanogénicos. De forma general, el pH no debe bajar de 6.0 ni subir de 8.0 para que el proceso se dé satisfactoriamente. De acuerdo a los valores de pH, se determina la producción de biogás y composición del mismo. Cuando se tienen valores menores a 6, el biogás generado es muy pobre en metano, lo cual disminuye sus cualidades energéticas. Para cultivos mixtos, debe encontrarse entre 6.8 y 7.4. A continuación, se presenta un gráfico de la actividad metanogénica respecto al valor de pH:

Figura 9: Comportamiento de la acción metanogénica frente al pH



Fuente (Varnero, 2011)

Valores bajos de pH indican una acumulación de ácidos grasos volátiles o excesiva acumulación de dióxido de carbono. Para controlar esto, puede reducirse la tasa de carga orgánica, para lograr que los ácidos grasos se consuman más de lo que se generan. De forma natural, este parámetro se controla dentro del sistema anaerobio por la destrucción de materia orgánica (proteínas) que liberan amoníaco; el cual al reaccionar con CO_2 produce bicarbonato de amonio que contribuye adecuadamente a la alcalinidad del sistema (Varnero, 2011).

Para mantener el pH óptimo en el reactor, también puede añadirse algún químico, como: bicarbonato de sodio, carbonato de sodio, hidróxido de amonio, gas amoníaco, cal, hidróxido de sodio y de potasio. Además, debe tomarse en cuenta el pH al que entra la materia prima al digestor, ajustándola para evitar que interfiera durante la digestión (Varnero, 2011).

e. Relación C/N, se refiere a la razón entre la cantidad de carbono y nitrógeno presente en el material orgánico. Cuando su valor se encuentra entre 20 y 30, es considerada adecuado para una digestión anaerobia. Al tener relación C/N alta, el nitrógeno es consumido rápidamente por las bacterias, por lo que ya no reacciona con el contenido de carbono sobrante del material y se obtienen bajas producciones de biogás. Por otro lado, si la relación C/N es baja, el nitrógeno se acumulará como amonio; aumentando los niveles de pH y disminuyendo la actividad de los microorganismos (Njoroge, 2015). Generalmente, este parámetro no es medido directamente; se aproxima con estimaciones de las cantidades de carbono y nitrógeno presente en la mezcla (PWGSC, 2013).

f. Dilución, generalmente, la mezcla introducida a los digestores, tiene una relación 1:1 de agua y material orgánico. Sin embargo, las proporciones varían de acuerdo a la consistencia del sustrato; llegando a tener relaciones de 1:1.25 o inclusive 1:2. El contenido de sólidos que contenga la dilución está dado por el valor de sólidos totales (ST) presentes. Para residuos de alimentos el ST% debe encontrarse en un rango de 18% a 30% (Zhang, Su, Baeyens, & Tan, 2014); mientras que para los sólidos volátiles (SV) se llegan a obtener valor de hasta 90%, según (BiogasWorld Media Inc., 2017) y (Kou & Dow, 2017).

4. Índice de producción de metano (IPM), el Índice de producción de metano (IPM) es un factor que permite conocer el volumen de metano generado de acuerdo a la carga orgánica específica de cada tratamiento (Ventura, 2014) y (Rocha, 2015). La ecuación para su cálculo está dada de acuerdo a la siguiente expresión:

Ecuación 3: IPM respecto a DQO (Ventura, 2014)

$$IPM (mL CH_4/g DQO) = \frac{V_{CH_4}}{DQO \times V_{mezcla}}$$

Donde:

V_{CH_4} = volumen de metano (mL)

DQO = carga orgánica (g DQO/L)

V_{mezcla} = volumen de mezcla (L)

Ecuación 4: IPM respecto a SV (Rocha, 2015)

$$IPM (mL CH_4/kg) = \frac{V_{CH_4}}{SV \times V_{mezcla}}$$

Donde:

V_{CH_4} = volumen de metano (mL)

SV = carga orgánica (kg SV/m³)

V_{mezcla} = volumen de mezcla (mL)

a. Parámetros de carga orgánica

1) Sólidos Totales (ST)³, hace referencia a la cantidad de material que permanece como residuo tras una evaporación a temperatura definida. Son un indicador del total de los sólidos disueltos y suspendidos en la muestra. El detalle del procedimiento para su determinación se especifica en la sección de anexos. A continuación, se presentan las ecuaciones para su cálculo:

Ecuación 5: Porcentaje de sólidos totales (EPA, 2001) e (INVEMAR, 2003)

$$\% \text{ sólidos totales} = \frac{M_{total} - M_{crisol}}{M_{muestra} - M_{crisol}} * 100$$

Ecuación 6: Sólidos totales (EPA, 2001) e (INVEMAR, 2003)

$$\frac{mg \text{ sólidos totales}}{L \text{ material}} = \frac{M_{total} - M_{crisol}}{M_{muestra} - M_{crisol}} * 1,000,000$$

Donde:

M_{crisol} = masa del crisol (mg)

M_{total} = masa del residuo seco y el crisol (mg)

$M_{muestra}$ = masa de la muestra humedad y el crisol (mg)

³ La nomenclatura ST y SV, hará referencia a los sólidos totales y sólidos volátiles, respectivamente, en el resto del informe.

2) Sólidos volátiles (SV), son parte de los sólidos totales de un sustrato, que, al ser sometidos a combustión, a 550 °C, la materia orgánica se volatiliza convirtiéndose en CO₂ y H₂O. La pérdida de peso es interpretada como la materia orgánica o materia volátil presente en la mezcla. Es por ello, que el potencial de producción de biogás de varios sustratos, puede ser calculado sobre la base de su contenido de sólidos volátiles (Njoroge, 2015). Sin embargo, la pérdida por ignición no se limita únicamente al contenido de materia orgánica, ya que durante la combustión también ocurre volatilización de algunas sales minerales. Por esta razón, es recomendable caracterizar la materia orgánica con otra prueba de carga orgánica, como el DQO (APHA, 1998).

El detalle del procedimiento para su determinación se especifica en la sección de anexos. A continuación, se presentan las ecuaciones para su cálculo:

Ecuación 7: Porcentaje de sólidos volátiles (EPA, 2001) e (INVEMAR, 2003)

$$\% \text{ sólidos volátiles} = \frac{M_{total} - M_{volátil}}{M_{total} - M_{crisol}} * 100$$

Ecuación 8: Sólidos volátiles (EPA, 2001) e (INVEMAR, 2003)

$$\frac{mg \text{ sólidos volátiles}}{L \text{ material}} = \frac{M_{total} - M_{volátil}}{M_{total} - M_{crisol}} * 1,000,000$$

Donde:

M_{crisol} = masa del crisol (mg)

M_{total} = masa del residuo seco y el crisol (mg)

$M_{volátil}$ = masa del residuo y crisol después de la ignición (mg)

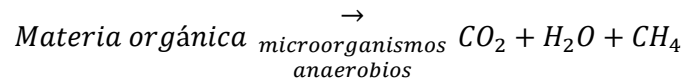
3) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), el DBO mide la cantidad de oxígeno necesario por los microorganismos para degradar materia orgánica. En otras palabras, indica la cantidad de O₂ que los microorganismos consumen al alimentarse de la materia orgánica presente. Es un parámetro que se emplea para conocer la materia orgánica presente en el agua, sin embargo, presenta la desventaja de ser difícil de medir. La medición de organismos biológicos es compleja, debido que la actividad microbiana se ve inhibida por diversos factores o alteraciones del medio. Además, las pruebas de DBO requieren como mínimo, 5 días, para determinar la cantidad de materia orgánica que los microorganismos pueden degradar,

asociada a la cantidad de oxígeno consumida. Es por ello, que se emplean métodos que provean un resultado más rápido, como el DQO (Del Angel, 1994).

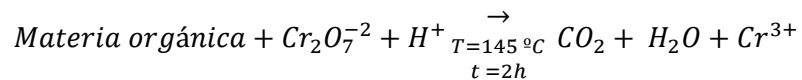
4) Demanda química de oxígeno (DQO), el DQO es un parámetro utilizado la cantidad necesaria para oxidar químicamente la materia orgánica presente. Este método, reemplaza a los microorganismos causantes de la degradación en las pruebas de DBO; empleando un reactivo oxidante fuerte: dicromato de potasio en ácido sulfúrico a alta temperatura. El método se basa en que todos los compuestos orgánicos pueden oxidarse a CO₂ y H₂O, por la acción de agentes oxidantes en medios ácidos. Es por ello, que los valores de DQO son mayores a los de DBO.

Según (Del Angel, 1994) “La porción de materia orgánica oxidable, se mide como equivalente a oxígeno, que es proporcional al dicromato de potasio consumido”. Sin embargo, se continúa midiendo el DBO, debido que la relación entre ambos no es directa, ya que hay sustancias como ion ferroso, nitritos y sulfitos, que también reaccionan con el dicromato y son registrados como consumidores de oxígeno; cuando los microorganismos no pueden degradarlos. Así como, hay componentes orgánicos que no reaccionan con el dicromato y si son asimilables por las bacterias. No obstante, es uno de los parámetros más empleados para determinar la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra líquida, la cual puede obtenerse en 90 minutos a 3 horas, comparado con los 5 días de la prueba de DBO. La degradación biológica en condiciones anaeróbicas y degradación química puede compararse mediante las siguientes expresiones:

Ecuación 9: Reacción de degradación biológica



Ecuación 10: Reacción de degradación química



C. Módulo 3: Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel

1. Biodiésel, es un combustible sustituto para motores diésel, considerado renovable ya que su obtención es principalmente de materias primas agrícolas (aceites de plantas oleaginosas, tales como aceite de girasol, de palma o de soja). Posee las mismas propiedades que el combustible diésel, el cual se utiliza para automóviles, camiones, entre otros (Lizana, 2006).

El biodiésel se obtiene mediante una reacción química de transesterificación o conversión de ácidos grasos a ésteres metílicos o ésteres etílicos, en dependencia del tipo de alcohol utilizado en la conversión; este es producido a partir de aceites vegetales, grasas animales o aceite comestible previamente usado (Lizana, 2006).

Por otra parte, al momento de producir biodiésel se produce un subproducto, el cual es la glicerina; este puede ser purificado y utilizado en múltiples industrias, tales como farmacéuticas, cosméticos, entre otros (Lizana, 2006).

Puede llegar a utilizarse puro (B100), o en mezclas de diferentes concentraciones con el combustible diésel de petróleo. Una de las mezclas más utilizadas en la actualidad es al 20%, es decir, 20 partes de biodiésel y 80 partes de diésel (Stratta, 2000).

2. Propiedades fisicoquímicas, algunas propiedades fisicoquímicas de interés son las siguientes:

a. Peso molecular, al momento en que se da una combinación de dos o más átomos, se forman compuestos complejos denominados moléculas; en las que el peso es la suma de todos los pesos atómicos que se encuentran en la fórmula molecular del mismo (Brown, 2009).

b. Estructura molecular, la estructura molecular es la representación tridimensional que tienen los átomos dentro de una molécula; este llega a determinar propiedades y características del componente, tales como polaridad, fase, reactividad, entre otros (Brown, 2009).

La posición de los átomos dentro de la molécula se determina en dependencia del tipo de enlace que exista entre los mismos (Brown, 2009).

c. Densidad, es una propiedad de la materia que caracteriza cada una de las diferentes sustancias; esta se define como la cantidad de masa por unidad de volumen. Generalmente en los líquidos y sólidos se llega a expresar en gramos sobre centímetro cúbico o sobre mililitro (Brown, 2009).

Esta propiedad depende directamente de la temperatura a la que se encuentre la sustancia (Brown, 2009).

d. Punto de ebullición, es la temperatura máxima a la que una sustancia permanece en fase líquida a una presión determinada. Se puede determinar que una sustancia puede llegar a tener diversos puntos de ebullición en dependencia de la presión a la que se esté; por la relación que tiene con el cambio de fase líquida a gaseosa, pueden llegar a visualizarse las condiciones exactas en la curva dentro de un diagrama de fases (T, P) (Picado, 2008).

e. Calor específico, es el número de Joules para elevar la temperatura de 1.00 kg de una sustancia a 1.00 K, o el número de calorías necesarias para elevar la temperatura de 1.00 g de una sustancia en 1.00 °C (Brown, 2009).

f. Capacidad o poder calorífico, es la cantidad de energía que desprende la unidad de masa de un combustible cuando éste se quema. Se puede medir en kcal/kg, kJ/kg, cal/g y J/g (Camps, 2008).

3. Métodos de producción de biodiesel, los métodos de producción de biodiésel a nivel industrial más utilizados son los siguientes:

a. Catálisis ácida

Cuadro 6: Ventajas y desventajas de utilizar la catálisis ácida como método de producción de biodiésel.

Catalizador	Ventajas	Desventajas
Compuesto ácido	<ul style="list-style-type: none"> Los porcentajes de conversión son altos. 	<ul style="list-style-type: none"> Posee una velocidad de reacción lenta. Requiere de una temperatura alta de operación. La separación de glicerina es compleja de efectuar. Requiere materiales de construcción de los equipos resistentes, debido a que se está trabajando con compuestos altamente corrosivos.

(Lizana, 2006)

b. Catálisis alcalina no iónica

Cuadro 7: Ventajas y desventajas de utilizar la catálisis alcalina no iónica como método de producción de biodiésel.

Catalizador	Ventajas	Desventajas
Compuesto básico orgánico	<ul style="list-style-type: none"> Los porcentajes de conversión son altos. Poseen tiempos de reacción bajos. 	<ul style="list-style-type: none"> La separación de los productos es difícil de efectuar. El catalizador posee un costo elevado.

(Lizana, 2006)

c. Catálisis alcalina

Cuadro 8: Ventajas y desventajas de utilizar la catálisis alcalina como método de producción de biodiésel.

Catalizador	Ventajas	Desventajas
Compuesto básico	<ul style="list-style-type: none"> • Los catalizadores son baratos y menos corrosivos que al trabajar con catalizadores ácidos. • Pueden llegar a alcanzar porcentajes de conversión superior al 99%. • La cinética es rápida. • No requiere de equipos complejos o especiales. • La separación de los productos es bastante simple. 	<ul style="list-style-type: none"> • Durante la reacción se debe de tener ausencia de agua, puesto que se puede inducir a la saponificación.

(Lizana, 2006)

d. Catálisis con lipasas

Cuadro 9: Ventajas y desventajas de utilizar la catálisis con lipasas como método de producción de biodiésel.

Catalizador	Ventajas	Desventajas
Enzima hidrolítica	<ul style="list-style-type: none"> • Las enzimas son estables y tolerantes a diversos solventes. 	<ul style="list-style-type: none"> • No es una reacción viable a nivel comercial. • Cinéticas de reacción bajas. • Las condiciones de operación son bastante complejas.

(Lizana, 2006)

e. Catálisis heterogénea

Cuadro 10: Ventajas y desventajas de utilizar la catálisis heterogénea como método de producción de biodiésel.

Catalizador	Ventajas	Desventajas
Polímero	<ul style="list-style-type: none"> • Los polímeros no se incluyen como impurezas. • La cinética de separación de los productos es rápida. 	<ul style="list-style-type: none"> • No es un método viable al trabajar con grandes volúmenes, ya que es susceptible a las impurezas. • El costo del catalizador es bastante elevado.

(Lizana, 2006)

f. Catálisis supercrítica

Cuadro 11: Ventajas y desventajas de utilizar la catálisis supercrítica como método de producción de biodiésel.

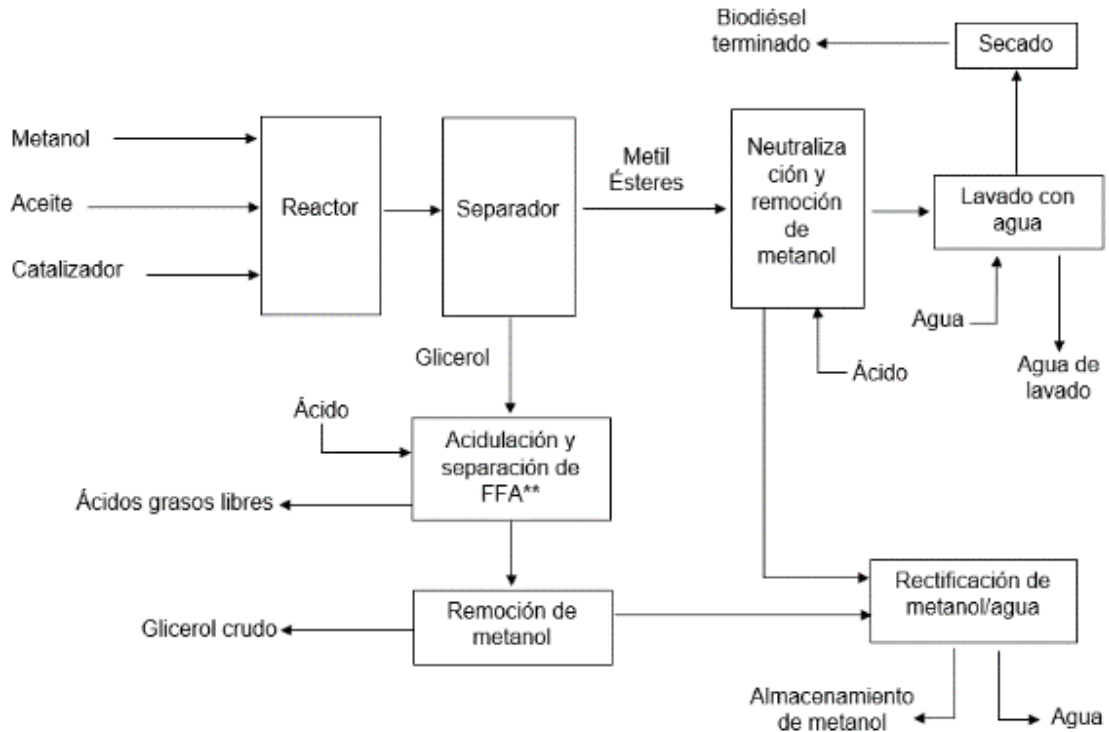
Catalizador	Ventajas	Desventajas
Alcohol	<ul style="list-style-type: none"> • La cinética es diez veces más rápida. • Sus porcentajes de conversión son superiores al 99%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las condiciones de operación son extremas, por lo que no es un método viable a mayor escala.

(Lizana, 2006)

4. Producción de biodiésel

Las etapas de producción del biodiésel se muestran en el siguiente diagrama de bloques:

Figura 10: Diagrama de bloques del proceso de producción de biodiésel.



(Knothe, 2005)

** Los ácidos grasos libres son representados por sus siglas en inglés FFA (Free fatty acids).

La producción de biodiésel puede llegar a darse por lotes al ser una planta muy pequeña, pero al momento de trabajar con plantas que producen más de cuatro millones de litros al año, se prefiere trabajar con un proceso continuo, por lo que se utilizan reactores continuos, tal como lo es el CSTR (Knothe, 2005).

La reacción usualmente se lleva a cabo en dos etapas, en el primer reactor se utiliza aproximadamente 80% de alcohol y catalizador. Posteriormente, el flujo del producto se dirige hacia un separador de glicerina antes de ingresar al segundo reactor. El 20% restante se añade al aceite que aún se tiene. El arreglo anterior se efectúa para procurar obtener una reacción completa, utilizando una menor cantidad de alcohol (Knothe, 2005).

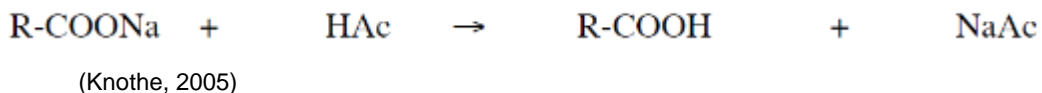
Al completar la reacción, se hace pasar la mezcla de productos a un decantador con la finalidad de separar la glicerina del biodiesel. Esto se puede efectuar debido a la baja solubilidad que tiene la glicerina con los ésteres (Knothe, 2005).

El metanol añadido en exceso tiene como propósito actuar como solubilizante y así retardar la separación. Este no se elimina sino hasta que la separación se dé por completo, debido a que puede llegar a revertir la reacción de transesterificación (Knothe, 2005).

Luego, los metil ésteres ingresan en un proceso de neutralización y posteriormente pasan a un evaporador al vacío o evaporador de película descendente para llegar a eliminar el alcohol (Knothe, 2005).

Se añade ácido al biodiésel para llegar a reaccionar y neutralizar el catalizador que aún permanezca en el tanque y para separar y eliminar algún jabón que se haya llegado a producir durante la reacción. Los jabones reaccionaran con el ácido que se añade, de acuerdo con la siguiente reacción:

Figura 11: Reacción de jabón de sodio con un ácido.



La neutralización se realiza con la finalidad de eliminar la cantidad de agua a utilizarse, además de minimizar la formación de emulsiones cuando el producto entra en contacto con el agua de lavado (Knothe, 2005).

Se efectúan diversos lavados con agua para eliminar y separar por completo las impurezas, catalizador, jabón, alcohol, sales y rastros de glicerina que puedan quedar contenidos en el tanque. Para la eliminación de dichos contaminantes existen dos métodos que se detallan a continuación:

1) Lavado con agua, para este lavado, debe utilizarse agua destilada o agua suavizada, levemente ácida de pH 6 y una temperatura entre 50-60°C; esta se utiliza para eliminar el calcio, magnesio, trazas de hierro y cobre que disminuyen la estabilidad del combustible (Sarín, 2012).

El agua previene la precipitación de ésteres ácidos grasos saturados, retarda la formación de emulsiones, elimina la contaminación por calcio y magnesio y neutraliza el catalizador remanente. El mismo debe de hacerse por medio de la adición lenta y homogénea de agua sobre la superficie de la columna de biodiésel crudo, se recomienda añadirse en forma de spray para evitar promover la agitación y prevenir la formación de jabones, los cuales disminuyen la eficiencia de la purificación (Sarín, 2012).

El agua tiene menor densidad que el biodiésel por lo que el agua desciende, pasando a través de la columna de biodiésel, arrastrando a su paso los compuestos solubles en agua como los alcoholes y el glicerol y neutralizando el catalizador remanente, formando una sal que es eliminada junto con el agua de lavado (Sarín, 2012).

Luego de lavar varias veces la fase acuosa se vuelve menos turbia, lo cual indica que los contaminantes han sido arrastrados en lavadas previas. Posteriormente, la fase oleosa es separada de la acuosa por medio de decantación o una centrifugadora (Sarín, 2012).

2) Lavado en seco, esta técnica consiste en reemplazar el agua por resinas de intercambio de iones o polvo de silicato de magnesio para disminuir la cantidad de glicerol presente y el contenido de jabón; Esta técnica tiene como ventaja que no utilizan agua por lo que elimina la posible formación de emulsiones y jabón (Sarín, 2012).

Por otra parte, los ácidos grasos permanecen junto con el biodiésel. Finalmente se calienta el biocombustible para su purificación y eliminación de agua e impurezas que la misma contenga (Knothe, 2005).

La corriente de glicerina debe de ser tratada como un desecho peligroso, debido a que contiene metanol; el primer paso usualmente es añadir algún ácido para separar el jabón en

sales y ácidos grasos libres. Los ácidos grasos libres no son solubles en el glicerol, por lo que se ubican en la parte superior del tanque en donde pueden llegar a ser removidos y posteriormente reciclados; por otra parte, las sales contenidas dentro de la glicerina pueden llegar a precipitar o sino se agrega hidróxido de potasio como catalizador y ácido fosfórico para neutralizar, por lo que se llegan a formar sales de fosfato de potasio, las cuales pueden llegar a utilizarse como fertilizante (Knothe, 2005).

Finalmente, el metanol contenido dentro de la glicerina se puede llegar a eliminar mediante una evaporación; por lo que se obtiene un producto de aproximadamente 85% de pureza y generalmente se vende a un refinador de glicerina (Knothe, 2005).

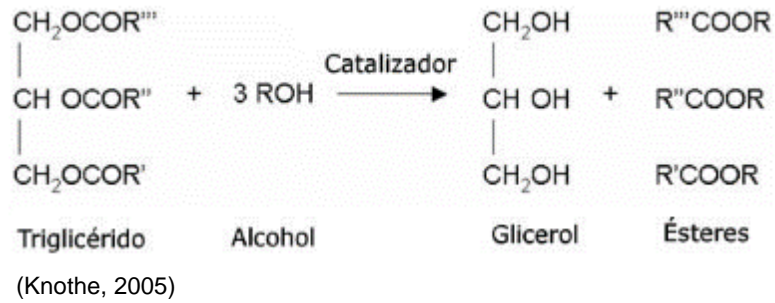
Generalmente se trabajan a temperaturas bajas y presión atmosférica, lo cual hace que la reacción se tome más tiempo en llegar a completarse; pero su ventaja principal es que se tiene una reducción de los costos de los equipos (Knothe, 2005).

5. Calidad del biodiesel la calidad del biodiésel depende de varios factores, entre los más importantes se encuentran la calidad del aceite usado, la composición de los ácidos grasos, el proceso de producción utilizado, los materiales usados para la producción y los parámetros analizados del biodiésel terminado (Knothe, 2005).

Generalmente, los parámetros del biodiésel están dados por la normativa norteamericana (ASTM D6751) y por la normativa europea (EN 14214); también se pueden llegar a utilizar los métodos desarrollados por organizaciones oleo químicas profesionales, tal como la sociedad americana de químicos de petróleo, los cuales desarrollaron parámetros específicamente para grasas y aceites libres de petróleo, bajo los estándares ASTM (Knothe, 2005).

6. Reacción de transesterificación es una reacción que se da al añadir alcohol más una base a un triglicérido, dando como productos alquil ésteres y glicerina.

Figura 12: Reacción química de transesterificación.



En general, es una secuencia de tres reacciones reversibles y consecutivas, en el que los intermediarios que se forman son los monoglicéridos y diglicéridos; la primera reacción permite que los triglicéridos sean convertidos en diglicéridos, los cuales son convertidos en monoglicéridos, y posteriormente en glicerol (Knothe, 2005).

Para que se lleve a cabo la transesterificación se requieren tres moles de alcohol por cada mol de triglicérido; A nivel industrial se trabaja con alcohol en exceso, en una relación molar de por lo menos 6:1 (Metanol: Aceite) a 60 °C, para asegurar que la reacción se dé por completo (Knothe, 2005). La selección del mismo generalmente se relaciona con factores económicos y técnicos del proceso de producción, por ello los más utilizados son metanol y etanol. El metanol presenta las siguientes ventajas:

- Requiere menor cantidad de alcohol en exceso.
- La eficiencia de conversión de aceites es mayor.
- Es menor la temperatura de reacción.
- El tiempo de reacción es menor.
- Se da la separación de fases con mayor facilidad.
- La recuperación del alcohol es más fácil (Lizana, 2006).

Para acelerar la reacción se utiliza un catalizador, el cual tiende a ser un compuesto alcalino; debido a que poseen rendimientos de conversión altos, son higroscópicos y bajos tiempos de reacción. Los más utilizados son alcóxidos e hidróxidos de metales (Knothe, 2005).

Es de vital importancia tomar en cuenta el contenido de agua presente en el alcohol o en el aceite, el cual debe ser menor al 0.06%, debido a que se puede llegar a dar una reacción de saponificación consumiendo el catalizador, haciendo que se dé una baja eficiencia. Además, se

debe de contar un 0.5% de ácidos grasos libres dentro de la materia prima, para que no tienda a darse otro tipo de reacción y así bajar el rendimiento de la misma (Knothe, 2005).

Cuando se lleva a cabo una reacción de transesterificación, se puede observar la formación de dos fases, siendo la menos densa la formada por ésteres y la más densa formada por glicerol, materia prima que no reaccionó e impurezas (Lizana, 2006).

7. Ventajas y desventajas del biodiesel entre las principales ventajas y desventajas de utilizar biodiésel como combustible se encuentran las siguientes:

Cuadro 12: Ventajas y desventajas de trabajar con biodiésel.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Este es un combustible renovable, no tóxico y es biodegradable con el tiempo. • Puede utilizarse en motores de inyección directa sin hacer alguna modificación especial en los mismos. • Posee una menor cantidad de emisiones de monóxido de carbono, por ser una reacción bastante oxigenada; lo cual llega a favorecer a la reducción de gases de efecto invernadero. • Los gases de salida no poseen óxidos de sulfuro, por lo que no producen lluvia ácida. • Posee un alto desempeño en comparación con combustibles fósiles. • Posee un punto de inflamación bastante alto, por lo que el manejo del mismo es seguro. • Llega a disminuir el consumo de combustibles fósiles. • La materia prima de producción puede llegar a ser aceites usados, por lo que le da uso a un residuo, disminuyendo la cantidad de aceite en los mantos acuíferos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posee un 8% menos de energía que un litro de diésel, por lo que se afecta la potencia y el consumo del motor. • Los costos de producción son elevados. • Al trabajar con temperaturas relativamente bajas, se puede llegar a tener problemas de congelamiento y residuos en el motor. • Se oxida con una mayor rapidez que el diésel, por lo que es un problema al almacenar el producto por un largo periodo de tiempo; al ser este viejo, forma sedimentos y se vuelve ácido. • Es corrosivo para algunos tipos de materiales, tales como, zinc, plomo, caucho y algunos plásticos. • Posee altas emisiones de aldehídos y de óxidos de nitrógeno.

(Lizana, 2006)

8. Métodos de depreciación es la reducción del valor de un activo tangible en libros, no en efectivo. El método utilizado para la depreciación de un activo, es una forma de considerar el valor decreciente del activo para el propietario del mismo y para representar la disminución de los fondos de capital invertido en él (Blank, 2012).

Existen diversos métodos para la depreciación de un activo, algunos de ellos son los siguientes:

a. Depreciación en línea recta tiene dicho nombre, debido a que el valor en libros disminuye linealmente con respecto al tiempo. La tasa de depreciación es la misma para cada año del periodo de recuperación ($1/n$) (Blank, 2012).

Para propósitos de depreciación en libros, ofrece una excelente representación del valor en libros de cualquier activo que utilice de manera regular a lo largo de un número estimado de años (Blank, 2012).

b. Depreciación de saldo decreciente y de saldo doble decreciente se aplica como el método de depreciación en libros; este por sí mismo no puede utilizarse para determinar la depreciación impositiva anual. Es el método más común para fines de depreciación fiscal y en libros (Blank, 2012).

9. Evaluación de proyectos de inversión la medida de valor económico más citada para un proyecto y opción es la tasa interna de rendimiento (TIR); esta es una forma bien aceptada de determinar si el proyecto o inversión es económicamente aceptable (Blank, 2012).

La tasa de rendimiento es la tasa pagada sobre el saldo no pagado del dinero obtenido en préstamo, o la tasa ganada sobre el saldo no recuperado de una inversión, de forma que el pago o entrada final iguala el saldo exactamente a cero con el interés considerado. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que llegará a tener una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. Dicha tasa se expresa como porcentaje por periodo. Se presenta como porcentaje positivo; cuyo valor numérico oscila entre un rango de -100% a infinito (Blank, 2012).

La tasa interna de retorno es un indicador de la rentabilidad de un proyecto; este define si se acepta el proyecto, siempre y cuando el valor de TIR sea mayor o igual al porcentaje de rentabilidad aceptable (TMAR) (Blank, 2012). Para la determinación del mismo se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 11: Tasa Interna de Retorno

$$TIR = \frac{-I + \sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n i * F_i}$$

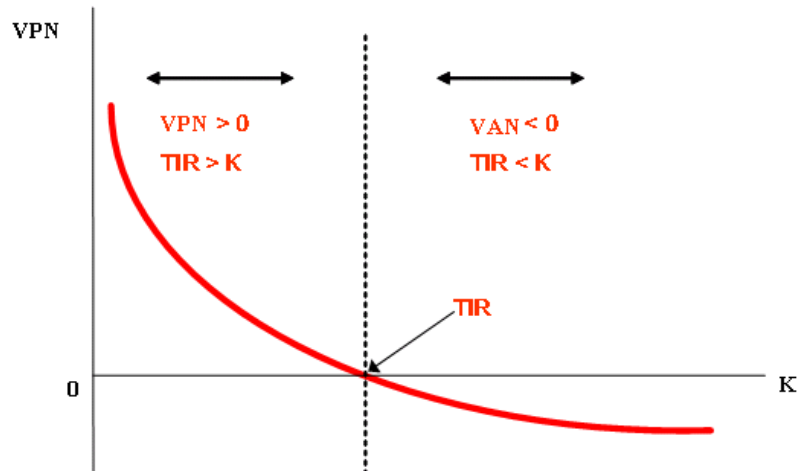
En donde,

I, es la inversión inicial.

F_i, son los flujos de efectivo por período.

n, es el número de período de tiempo a analizar.

Figura 13: Relación entre el Valor actual neto y la tasa interna de retorno.



Otro criterio para la evaluación de proyectos es el valor neto actual, el cual permite calcular el valor presente de un determinado número de flujo de cajas futuros, originados de una inversión. Este se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 12: Valor neto actual

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

En donde,

I_0 , es la inversión inicial.

V_t , son los flujos de efectivo por período.

t , es el número de período de tiempo a analizar.

k , es la tasa mínima aceptable de retorno.

Dependiendo del valor obtenido del valor actual neto, se pueden llegar a tomar decisiones con respecto a la rentabilidad del proyecto.

Valor	Significado	Decisión
$VAN > 0$	La inversión produce ganancias.	Se acepta el proyecto.
$VAN = 0$	No hay pérdidas ni ganancias.	Se acepta el proyecto.
$VAN < 0$	La inversión produce pérdidas.	Se rechaza el proyecto.

D. Módulo 4: Evaluación y propuesta de la instalación de un generador eléctrico operado con biodiesel para carga de vehículos eléctricos

1. Biocombustibles son los combustibles orgánicos derivados de la biomasa. Estos pueden ser sólidos, gaseosos o líquidos.

Dentro de los biocombustibles se encuentran los biocarburantes, que es el término que agrupa al conjunto de combustibles líquidos de origen vegetal que provienen de las distintas reacciones físico-químicas, a las cuales ha sido sometida la materia orgánica. Los biocarburantes se pueden dividir en dos grupos básicos.

Por una parte, se encuentran los bioalcoholes, que provienen de la fermentación alcohólica de cultivos vegetales ricos en azúcares, también están los bioaceites, los cuales son derivados de diversos tipos de especies oleaginosas y se dan de la transformación de los aceites vegetales usados. Una de las grandes ventajas de estos tipos de combustibles radica en su origen, ya que provienen de materia vegetal y ya se le ha extraído parte del dióxido de carbono que se podría liberar en la atmósfera. Por eso, su utilización como combustibles no implica un aumento neto de dióxido de carbono a la atmósfera, de manera que contribuye a minimizar el efecto de los gases invernadero.

2. Historia del biodiesel usando aceite vegetal

a. Antecedentes y fuentes de combustibles el aceite de palma era considerado como una fuente de combustible diésel a lo largo de los años, esto a pesar de la diversidad de aceites y grasas como fuentes de combustible diésel. La mayoría de los principales países europeos con colonias africanas tales como Bélgica, Francia, Italia y Reino Unido, tenían cierto interés en los combustibles de aceite vegetal, al igual que los alemanes también tenían varios documentos de fuentes académicas sobre combustibles de aceite vegetal.

Los aceites vegetales se han investigado desde los años 70 como combustible diésel y con ello poder llegar a convertirse en una fuerza motriz importante para el uso de diésel a base de aceite vegetal. Actualmente el biodiésel se deriva de diversas fuentes, entre ellas los aceites vegetales, grasas animales y los aceites de fritura usados.

b. Aspectos técnicos diversas publicaciones a lo largo de la historia discuten sobre el rendimiento adecuado de los aceites vegetales como combustibles. Por ejemplo, la viscosidad cinemática de los aceites vegetales es de un orden de magnitud mayor que la del combustible diésel convencional derivado del petróleo. Una alta viscosidad provoca una mala atomización del combustible en las cámaras de combustión del motor y también tendrá problemas operativos, tales como los depósitos del motor.

3. Fundamentos de los motores diésel y los combustibles diésel

a. Motor de combustión interna, es una máquina que aprovecha las energías químicas, contenidas dentro de un combustible, para transformarla en energía cinética y poder alimentar a un generador eléctrico.

b. Principio de funcionamiento, la fuente de energía que permite que un motor de combustión interna trabaje, es el calor que se produce debido a la combustión de una mezcla de aire-combustible. La combustión se lleva a cabo dentro de un cilindro sellado que contiene un pistón, una biela-manivela y todo el conjunto se mueve de arriba hacia abajo, provocando un incremento de presión.

Dentro del cilindro, el pistón se mueve y transforma la fuerza de presión que se produce dentro de la cámara de combustión para mover un eje, por lo que el movimiento rectilíneo del pistón se convierte en movimiento de rotación.

Quando se lleva a cabo la combustión, el calor producido se convierte en presión que es utilizada mecánicamente para producir potencia. A medida que el combustible, se quema y el pistón desciende, la cámara se hace más grande y esto permite la utilización continua de esta presión.

c. Motor diésel, es un motor de combustión endotérmica, constituye su principal diferencia en el sistema de alimentación y la forma que se realiza la combustión. El funcionamiento se basa en que, cuanto más se comprime una determinada cantidad de gas, más aumentará su temperatura, cuando hay una mayor diferencia entre las temperaturas del gas y en los dos volúmenes antes y después de la compresión, mejor funcionará el motor, y por ende será mayor el trabajo producido al suministrar una determinada cantidad de energía, la cual proviene del combustible.

El combustible debe introducirse a una cierta presión y mezclarse con el aire comprimido. El combustible líquido entra en forma de chorro finamente pulverizado que se evapora rápidamente al absorber calor de la alta temperatura existente en la cámara de combustión, al combinarse de forma homogénea con el aire y reaccionar con el oxígeno se produce la combustión.

d. Componentes básicos de un motor de combustión interna

1) Bloque, es la estructura del motor donde se colocan los cilindros, contiene pasos para el agua de refrigeración o conductos de distribución.

2) Cilindros, es el lugar donde se mueve el pistón de forma alterna de un punto a otro, en este sitio también se realiza la combustión y se genera la presión que actúa sobre el pistón para hacer girar el cigüeñal.

3) Eje cigüeñal, es el eje principal giratorio donde se conectan las bielas, este mecanismo convierte el movimiento lineal del pistón en movimiento circular que realiza el cigüeñal.

4) Biela, es una barra que cuenta con dos ensanchamientos en sus extremos (uno de menor tamaño en relación al otro), en ellos aloja el cigüeñal y el pistón. Su función es transformar el movimiento ascendente y descendente del pistón y transmitir la fuerza creada en la combustión sobre el pistón para originar el movimiento de rotación, en el eje cigüeñal.

5) Pistón, es un cilindro abierto en su base inferior y cerrado en la parte superior, trabaja dentro del cilindro y está sujeto a la biela en su parte intermedia. Se encarga de comprimir la mezcla, transmitir la presión de combustión al cigüeñal por medio de la biela.

6) Culata, es la parte del motor que se encarga de cerrar los cilindros en la parte superior, también se encarga de alojar las válvulas de admisión y escape y está provista de orificios para permitir el paso del fluido encargado de la refrigeración del motor.

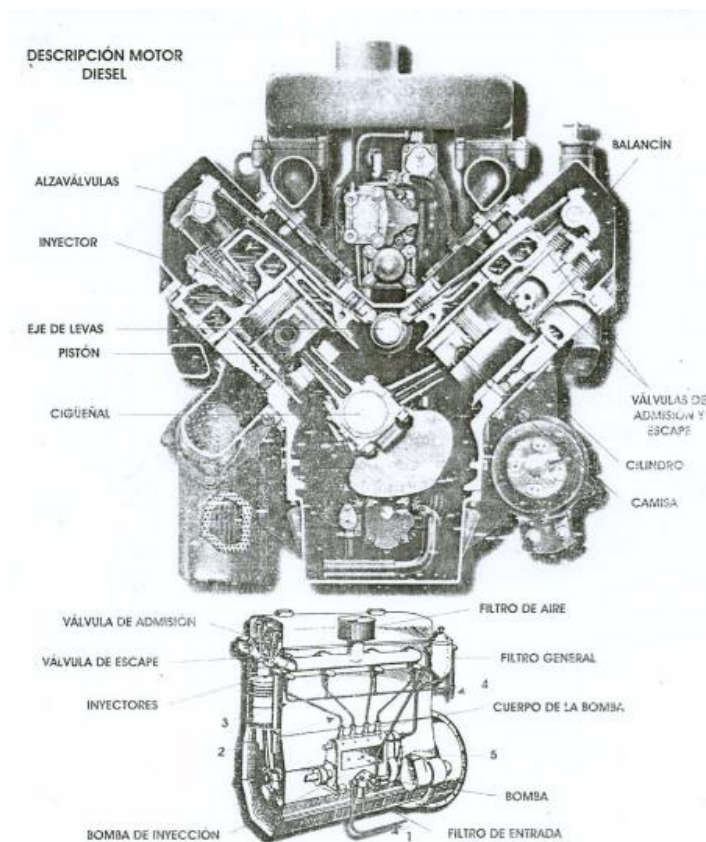
7) Leva y eje de levas, es el órgano capaz de transformar el movimiento rotativo uniforme en movimiento rectilíneo. Mientras que el eje de levas o árbol de levas es el órgano del motor que se encarga de regular el movimiento de las válvulas de admisión y escape. Es conducido por el cigüeñal mediante engranajes, ruedas dentadas a través de cadena o por poleas y faja dentada.

8) Carter, es la parte inferior del motor, donde se encuentra fijado el eje cigüeñal y también se realiza el movimiento de rotación del mismo.

9) Válvulas, son dispositivos instalados en la culata del motor, las cuales se encargan de recibir la mezcla aire-combustible y también dan paso a la salida de los gases de escape luego de la combustión.

10) Cámara de combustión, es el espacio determinado en el interior del motor, donde se lleva a cabo la compresión de aire-combustible, esto debido al recorrido ascendente del pistón.

Figura 14: Componentes principales de un motor diésel



Fuente: Palacios, 2007

e. Ciclo de trabajo, es un proceso mecánico que se realiza en cuatro desplazamientos rectilíneos de pistón y dos revoluciones del eje cigüeñal, cada desplazamiento (carrera), se efectúa desde un extremo a otro en el interior del cilindro conocidos con el nombre de punto muerto superior (PMS) y punto muerto inferior (PMI).

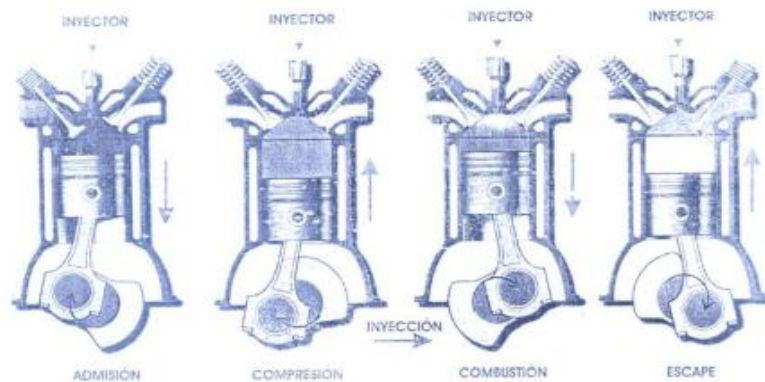
1) Tiempo de admisión, es en el que se abre la válvula de entrada y al bajar el pistón, este aspira la cantidad requerida de aire puro de manera que el cilindro quede lleno.

2) Tiempo de compresión, Al subir el pistón, este comprime el aire aspirado hasta dejarlo reducido a un volumen menor, y debido a esto se alcanza un temperatura elevada, la cual permite la autoinflamación a una presión mayor.

3) Tiempo de combustión, al presionar el pedal de acelerador, éste penetra en el inyector una pequeña cantidad de combustible para ser inyectada de manera controlada a la cámara de combustión, debido a la gran presión a que entra y la forma del inyector el combustible se pulveriza, las primeras partículas que hacen contacto con el aire a temperatura elevada, se vaporizan e inflaman, después el fuego, se expande y la combustión continúa a medida que se realiza la inyección.

4) Tiempo de escape, este tiempo se realiza cuando la válvula de escape se abre y a través del movimiento ascendente que hace el pistón luego de la combustión, son expulsados a exterior los gases resultantes de la misma.

Figura 15: Ciclo de trabajo del motor diésel



Fuente: Palacios, 2007

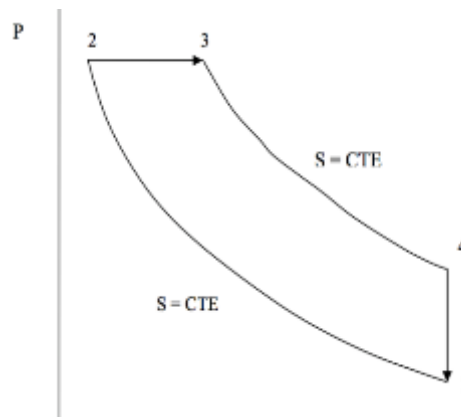
f. Sistema de enfriamiento, los diferentes componentes del motor, al momento de efectuar el trabajo correspondiente generan temperaturas de diferentes valores que pueden ser aceptables y no permitidos en la estructura del mismo. Es por esto que es indispensable eliminar o evacuar cierta cantidad de calor producido por el funcionamiento total de la unidad de

combustión interna de forma rápida, eficaz y controlada para mantener el rango de temperatura que especifica el fabricante y el requerido por las situaciones de trabajo en condiciones de carga nominal y real. Para cumplir con las necesidades de temperatura requeridas por el fabricante, se hace necesario recurrir a un fluido que sea capaz de atrapar y desalojar el calor existente.

1) Líquido de refrigeración, es un líquido que además de refrigerar el motor, lo protege y hace que funcione mejor, protege de la corrosión. Puede ser un líquido con composición a base de agua con aditivos que ayudan a refrigerar, evitan la presencia de corrosión y congelamiento. Cuando la refrigeración se da por agua, se forma un circuito, que tiene contacto directo con la cámara de combustión y absorbe calor del radiador y lo transporta al depósito refrigerante, para ser enfriado y volver al ciclo anterior.

2) Ciclo termodinámico, por medio de este ciclo, se dan una serie de eventos en donde la cantidad más grande de energía a un nivel elevado, se convierte en trabajo útil y el resto de la misma se disipa a través del funcionamiento del sistema. Para esto es conveniente considerar al aire como medio ideal de trabajo con calor específico constante.

Figura 16: Ciclo diésel estándar de aire



Fuente: Palacios, 2007

Donde:

P=Presión

V=Volumen

S=Entropía

CTE=Constante

- 1 a 2 Compresión isoentrópica: se absorbe trabajo para llegar a la temperatura de autoinflamación
- 2 a 3 Expansión isobara: Adición de energía a presión constante, se absorbe calor y se genera trabajo
- 3 a 4 Expansión isoentrópica: se realiza trabajo sin intercambio de calor
- 4 a 1 Expulsión de energía a volumen constante: se cede calor al foco frío y no se realiza trabajo.

4. Determinación de los factores que afectan el funcionamiento del motor

a. Condiciones de trabajo, una de las aplicaciones importantes del motor Diésel, es la utilización como máquina motriz estacionaria acoplada a un generador eléctrico, para obtener energía eléctrica que puede ser destinada para usarse para un objetivo principal en lugares donde no existe red de distribución de energía, o en este caso particular, es un motor instalado a un generador que debe cumplir con un requerimiento de potencia.

b. Altitud, la altura sobre el nivel del mar afecta el valor de la temperatura, la presión atmosférica y por ende, influye de forma directa en punto de ebullición del agua, la cual será el medio utilizado en el sistema de enfriamiento, esto conlleva a establecer el valor de la temperatura a la que hierve el agua con relación a la altura de trabajo. Además es indispensable determinar cuánto se debe prolongar el valor de ebullición para que el agua de refrigeración funcione de forma correcta.

A medida que aumenta la altitud, se reduce la densidad del aire, por lo tanto, disminuye la velocidad de transferencia térmica de este y como consecuencia se experimenta un aumento en la temperatura del medio de refrigeración utilizado en el sistema. Cuando el aire pierde densidad, entra menor masa del mismo al cilindro aunque el volumen permanezca constante, esto afecta

directamente en la quema de combustible, esto debido a que la densidad del aire disminuye a razón de tres por ciento por cada 300 metros.

c. Fuentes de calor, durante el funcionamiento del motor, hay generación de calor, la cual es controlada a través del sistema de enfriamiento. Sin embargo, pueden existir otras áreas generadoras de calor aledañas al lugar de trabajo o muy cercanas al mismo y esto puede afectar el desenvolvimiento esperado. Cuando se incrementa la temperatura del ambiente, el aire que se utiliza, tiende a cambiar su densidad, esta disminuye a razón de 1 % por cada 5.6 oC de aumento, por lo que esto representa ausencia de oxígeno, el cual es el elemento que interviene de forma directa en la mezcla y en el proceso de combustión.

d. Tipo de combustible, el motor diésel emplea el gasoil que es un producto más denso que la gasolina y posee un poder calorífico mayor para el mismo volumen, el grado detonante o de autoinflamación de este combustible, se mide por el número de cetano, entre más corto sea el intervalo en el momento en que se inyecta el gasoil y empieza a quemarse, más alto es el número de cetano.

1) Selección del aceite diésel (lubricante), al seleccionar el aceite diésel más adecuado para un motor, es necesario tomar en cuenta la potencia calorífica, el costo, la disponibilidad del combustible, los niveles de aplicación de carga, las revoluciones del motor, la frecuencia de los cambios de carga y las condiciones atmosféricas de operación.

e. Características del combustible, son las propiedades que definen la calidad de un combustible en relación directa con el funcionamiento y rendimiento del motor.

1) Viscosidad, del combustible es alta, la bomba de inyección no podrá suministrar suficiente combustible para llenar la cámara de bombeo y habrá pérdida de potencia también.

El rango de viscosidad para los combustibles típicos de biodiésel se superpone a la gama de combustible diésel. Si la viscosidad del combustible es extremadamente excesiva, como ocurre con los aceites vegetales, se producirá una degradación de la pulverización en el cilindro,

lo que ocasionará una atomización deficiente, la contaminación del aceite lubricante y la producción de humo negro.

2) Número de cetano, es un índice de la calidad de encendido del combustible, cuanto más alto es el número de cetano, menor es el retardo de ignición, por lo que se tiende a disminuir la combustión ruidosa, proporciona un incremento de la eficiencia, arranque más fácil, calentamiento rápido y reduce la producción de humo.

3) Punto de inflamabilidad, se especifica para cumplir con requisitos de seguridad en el manejo, utilización y almacenamiento, el punto de inflamabilidad indica la temperatura a la cual se desprenden del combustible vapores inflamables, que en algunos casos es un índice de riesgo de incendio.

4) Contenido energético (calor de combustión), los combustibles diésel con altos porcentajes de compuestos aromáticos tienden a tener un alto contenido energético por litro, a pesar de que los aromáticos tienen bajos valores de calentamiento por kilogramo. Un combustible con un menor contenido de energía por litro hará que el motor produzca menos potencia de pico.

La potencia de pico es la potencia máxima que la fuente de alimentación puede soportar durante un período de tiempo corto. La potencia de pico difiere de la potencia continua respecto a que es la cantidad de energía que la fuente puede suministrar continuamente. La potencia máxima es siempre superior a la potencia continua y sólo se requiere durante un tiempo limitado.

Cuando el motor está en carga parcial, éste todavía es capaz de satisfacer la demanda de energía, pero se deberá inyectar un mayor volumen de combustible.

Los combustibles de biodiésel no contienen aromáticos, pero contienen ésteres metílicos con diferentes niveles de saturación, los cuales tienen un menor contenido de energía en base al peso, pero debido a su mayor densidad, tienen más energía por unidad de volumen.

5) Dosificación de carga, en la dosificación de la carga es necesario considerar aspectos como: especificaciones de capacidad, procedimiento de operación, intervalos de carga y parámetros de funcionamiento para proporcionar la cantidad correcta de carga a un motor diésel sin importar el tipo de trabajo que tenga aplicado. En caso que el acoplamiento sea a un generador eléctrico debe arrancarse y esperar que se alcancen los parámetros de operación.

a) Procedimiento, la aplicación de la carga debe ser dosificada de acuerdo a los diferentes equipos y componentes eléctricos auxiliares que son accionados o puestos en funcionamiento y al tipo de distribución de áreas diseñadas en el lugar de transferencia, como en el caso actual no se dispone de alimentación de energía eléctrica por una red de distribución solo hay que considerar precauciones de dosificación y proceso de transferencia para alimentar las áreas de trabajo asignadas.

i. Arranque y dosificación inicial, hay que proteger tanto al motor diésel estacionario como a la unidad generadora, de posibles daños tanto mecánicos como eléctricos que puedan producirse en el momento de arranque y en el tiempo de operación. Para lograr lo anterior, se procede a aplicar al inicio entre un rango de 40% y 50% del total de la carga disponible, esto conlleva a la disminución o inexistencia de esfuerzos excesivos y bruscos que pueden ser fuente de fallas en los diferentes componentes y elementos auxiliares de equipo o sistemas integrantes.

ii. Dosificación complementaria, esta se efectúa en la etapa inicial, se procede a realizar la actividad que consiste en un aumento de la carga hasta alcanzar de 70% a 80% del valor disponible para luego hacer la última dosificación y poder llegar a obtener una carga plena a 90%.

Se mantiene un rango de 10% con el objetivo de cubrir en cualquier momento situaciones riesgosas a las condiciones de funcionamiento y no trabajar al límite. Este parámetro de seguridad tiene la finalidad de absorber cualquier pico de sobrecarga que se originen de elementos mecánicos y eléctricos del equipo que es accionado por el generador.

iii. Verificación de parámetros, cuando se efectúa el funcionamiento del motor, además de cumplir con las etapas de dosificación establecidas, se debe realizar en cada

una de estas, la visualización de valores de temperatura, revoluciones del motor como datos de voltaje, amperaje y frecuencia del generador, esto se hace para comparar los valores obtenidos durante la operación contra los especificados o estándares establecidos.

Además en este proceso se tiene que efectuar en un intervalo de cada dos horas de trabajo, el registro de los diferentes datos que se producen durante la operación del equipo.

iv. Procedimiento de arranque, es un requisito primordial tener buenas condiciones de los diferentes componentes del motor, el cumplimiento de instrucciones claras y específicas en el arranque del mismo influye en la obtención de resultados satisfactorios.

Las prácticas inadecuadas de encendido y de operación son causa de posibles problemas mecánicos que pueden repercutir e incidir en el tiempo óptimo de funcionamiento, los efectos que se obtienen significan fallas instantáneas, constantes o progresivas de elementos internos como de equipo auxiliar en todo el proceso o secuencia de operación.

A continuación se presentan algunas consideraciones importantes para tomar en cuenta a la hora de arrancar el motor, con esto se pretende que el motor proporcionen el funcionamiento en condiciones específicas y que no sobrepase los datos o parámetros establecidos.

- Realización con certeza del sistema de seguridad de encendido.
- Verificar en el indicador, la lectura de voltaje del acumulador.
- Inspección del sistema de enfriamiento.
- Revisión de niveles de combustible y lubricante.
- Efectuar señal de encendido a través del interruptor correspondiente.
- Verificación de la estabilización de revoluciones de motor.
- Inspección auditiva de ruidos, así como verificación de movimientos anormales en el arranque.
- Aplicar con, precaución, seguridad y efectividad las diferentes actividades de dosificación de carga.

5. Estudio técnico del motor los diferentes elementos individuales como los componentes que conforman los diversos sistemas del motor, están diseñados con materiales

apropiados que operan a determinados parámetros técnicos, los cuales deben cumplirse para mantener las condiciones normales y obtener los resultados especificados.

Los parámetros indicativos en la toma de mediciones de un motor, se reúnen a través de inspección visual y registros periódicos, los cuales proporcionan por medio de una interpretación detallada de forma técnica, información indispensable para constatar la operación correcta del motor, analizar las variaciones, aplicar medidas de correcciones inmediatas o predeterminadas y evaluar resultados riesgosos.

El motor diésel que se analiza en este trabajo, acciona un generador eléctrico de 72 kW, con un funcionamiento de entre 5 y 7 horas al día. Por lo que la evaluación de la máquina motriz, se hace a régimen de parada.

a. Rendimiento, el término “rendimiento”, es un valor adimensional que se reporta en porcentaje. Se determina para indicar la óptima operación que produce el motor con relación a los diferentes recursos invertidos en el funcionamiento.

b. Sistema de enfriamiento

1) Clase de líquidos, en la actualidad, se encuentran en el mercado varios tipos de fluidos líquidos para el sistema de enfriamiento que deben mezclarse con el agua en forma proporcional de acuerdo a los requerimientos de operación y mantenimiento. Está el agua, el refrigerante verde y el refrigerante rojo. Cada uno tiene propiedades específicas en el motor.

2) Lubricación, es toda sustancia sólida, semisólida o líquida de origen animal, vegetal, mineral o sintética que puede utilizarse para disminuir el rozamiento entre elementos en movimiento. El lubricante para motores está compuesto por dos grandes familias de productos, la base y los aditivos. El aceite para lubricar que se recomienda para el motor estudiado es un aceite de calidad API (Instituto Americano de Petróleo). La clasificación que presenta el Instituto Americano de Petróleo, es de acuerdo al año de fabricación del motor, condiciones de utilización, propiedades específicas de calidad que se desean cubrir, para motores de combustible diésel, hace referencia a la letra C. Las categorías de aceite son varias, sin embargo, el aceite que se debe añadir al motor estudiado, es el CG-4, el cual se aplica para motores de alta velocidad en

trabajos de recorrido alto y obras industriales. Está indicado para combustibles con bajo contenido de azufre. Protegen la formación de depósitos de alta temperatura, el desgaste, la corrosión, la oxidación y la acumulación de carbón.

6. Mantenimiento del motor de combustión interna el mantenimiento es una serie de trabajos que se realizan en una máquina industrial o equipos auxiliares, con el objetivo de conservar en buen estado los diferentes componentes y que proporcionen los servicios asignados en el diseño y fabricación. Un buen mantenimiento está constituido por actividades y procedimientos planificados, organizados para ejecutarlos con la finalidad de evitar paros inesperados o repentinos de diferente tiempo de duración y además lograr el máximo rendimiento de las piezas de cambio, suministros utilizados, obtener óptimos resultados de operación y garantizar la vida útil del motor estacionario.

a. Tipos de mantenimiento, los tipos más conocidos son el mantenimiento correctivo y preventivo, cada uno de estos es aplicado de acuerdo a la situación que se presente en el motor y a los resultados que se esperan obtener.

b. Mantenimiento correctivo, son actividades dirigidas hacia la corrección o modificación de algunos componentes del motor. Esto incluye la corrección de piezas, interrupción de funcionamiento, reacondicionamientos y reparaciones para operar con normalidad y mantener las características de fabricación. En este tipo de mantenimiento no hay tiempo de descanso durante su aplicación, se basa en la ocurrencia de paros.

1) Frecuencia de fallas, una falla, es la interrupción del funcionamiento del motor causada por cualquier anomalía que se presente en uno o varios componentes de los diferentes sistemas integrantes del mismo es indispensable mencionar que paros forzados pueden presentarse en el motor por incumplimiento del procedimiento de arranque y paro, además por inconvenientes que repercuten en el generador y que provocan esfuerzos anormales en la unidad motriz.

2) Plan de acción inmediata, es necesario diseñar e implementar un plan que contenga el procedimiento y guía técnica correctos que proporcione una reparación eficiente de

la falla presentada, aproveche al máximo el tiempo utilizado y optimice los recursos invertidos como piezas de cambio y personal técnico empleado.

c. Mantenimiento preventivo, es un proceso completo que recurre a actividades que se realizan a través de visitas, revisiones, pruebas, ajustes, servicios periódicos de limpieza y lubricación con el apoyo de técnicas específicas de planificación, ejecución y retroalimentación.

Figura 17: Modelo de formato de ficha de control de paros

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO						
Motor No.		Código	Ficha No.			
Modelo		Serie				
Fecha	Hora	Tipo de falla	Repuestos utilizados	Tiempo empleado	Trabajo efectuado por	Observaciones
F. _____			F. _____			
Supervisor de mantenimiento			Jefe de mantenimiento			

Fuente: Palacios, 2007

1) Inspección diaria de operación, es una acción rutinaria y secuencial, que incluye la verificación del estado de los sistemas del motor.

a) Inspección inicial, se efectúa antes de arrancar el motor, tiene como función verificar el estado correcto de varios componentes para determinar el inicio o no ejecución del procedimiento de arranque y evitar con esto daño a elementos e interrupciones en

la operación. Al momento de realizar la inspección, se puede utilizar como apoyo, el modelo de la hoja de control que aparece en la Figura 18.

Figura 18: Modelo de formato de ficha de inspección inicial para el motor

FICHA INSPECCIÓN INICIAL					
Motor No. _____		Fecha: _____		Hora _____	
Variable	Niveles			Fugas	
	Bajo	Normal	Exceso	Sí	No
Aceite					
Refrigerante					
Combustible					

Nivel líquido de batería	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">B N</div>	Carga de batería	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">B N</div>
Purga circuito de	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 30px; margin: 0 auto;"></div>	Transferencia desconectada	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 30px; margin: 0 auto;"></div>
Alarma en panel de control	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">s n</div>		

OBSERVACIONES: _____

B: Bajo N: Normal s: sí n: no

Fuente: Palacios, 2007

b) Inspección en operación, esta sirve para controlar que los datos reales proporcionados en la operación del motor permanezcan dentro de un rango o parámetro establecido por el fabricante, también se puede visualizar la tendencia de funcionamiento de ciertos elementos para tomar decisiones inmediatas y planificar revisiones o reparaciones

posteriores con el personal técnico del proveedor. A continuación se muestra un modelo de ficha de inspección técnica para la operación del motor

Figura 19: Modelo de formato de ficha de inspección en operación

FICHA DE INSPECCIÓN EN OPERACIÓN											
Motor No: _____						Fecha: _____					
Hora	Vel	Ten	Corr	Fre	Temperatura °C			Presión kg/cm ²		Color de humo	
					Mot	Ac e	T ur	Ac e	Comp		Air
	(RPM)	(V)	(A)	(Hz)							

OBSERVACIONES:

F. _____ F. _____

Operario Supervisor

Mot:m Ace: Tur: Com: Air:
 otor Aceite Turbo Combustible Aire

Fuente: Palacios, 2007.
 Nota: Vel=Velocidad, Ten=Tensión, Corr=Corriente, Fre=Frecuencia.

d. Control de mantenimiento, es un elemento clave para la correcta administración de un programa de mantenimiento implementado, el cual puede ayudar a precisar las actividades de inspección, revisión, ejecución a intervalos cortos, medianos o largos. Entre los propósitos más importantes del control de mantenimiento, es establecer el historial de funcionamiento, parámetros permisibles, datos especificados por el fabricante y valores eficientes de operación.

1) Fichas de registro, es un medio que se utiliza para controlar de forma adecuada las diferentes actividades de mantenimiento, los componentes, sistemas y el motor como unidad global. Los registros pueden llevarse en una base de datos electrónica o en documentos tipo formato entendibles, interpretativos, fáciles de llenar y que contenga información útil para la operación constante del motor.

2) Ficha técnica, contiene la identificación del motor y es la fuente inicial de información del mismo. Como mínimo debe contener los siguientes datos:

- Número que identifique la máquina
- Especificaciones técnicas como marca, modelo, serie, capacidad, cantidad de cilindros
- Fabricante
- Representante comercial

El formato modelo de la ficha técnica del motor, se puede visualizar en la Figura 20.

Figura 20: Modelo de formato de ficha técnica del motor

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		
Ficha No.	Fecha	Código del motor
Motor No.	Modelo	Serie
No. de cilindros	Amperaje	Orden de encendido
Voltaje	Tipo de ventilador	RPM
No. turbo compresores	Año fabricación	Bomba inyección
Marca	Representante comercial	Fecha instalación
Fabricante		
OBSERVACIONES: _____ _____ _____		
F. _____ Supervisor mantenimiento		F. _____ Jefe mantenimiento

Fuente: Palacios, 2007

3) Ficha de actividades, el registro de las diferentes actividades, es fundamental para el control y efectividad del mantenimiento porque el análisis respectivo de la misma proporciona componentes a inspeccionar, períodos de revisión, datos técnicos, calidad y cantidad de repuestos a utilizar. En esta ficha, se anota la fecha, causas de las órdenes de trabajo generadas, horas utilizadas, repuestos, accesorios empleados, descripción de las actividades realizadas y observaciones preventivas, por ejemplo. El formato modelo de una ficha de actividades, se muestra en la Figura 21.

Figura 21: Modelo de formato de ficha de actividades

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO								
Motor No.		Código	Ficha No.					
Modelo		Serie						
Fecha	Repuestos				D T	T E	Trabajo Efectuado por	Obs.
	Local	Importa	No de parte	Nom				

F. _____ F. _____
Supervisor de mantenimiento Jefe de mantenimiento

4) Órdenes de trabajo, es la ficha que contiene las distintas actividades de mantenimiento para las que el motor funcione sin inconvenientes, una orden de trabajo pueden generarse a consecuencia de revisiones periódicas, hoja de control de inspección en operación, control de registro de actividades y recomendaciones especificadas por el fabricante.

La ejecución del trabajo indicado en la orden, debe hacerse en la fecha y hora correspondiente para evitar interrupciones, atrasos o alteraciones tanto en la planificación de mantenimiento como en el proceso de producción. En toda orden de trabajo es conveniente incluir los siguientes datos:

- Número correlativo
- Trabajo a realizar
- Materiales o repuestos a utilizar
- Fecha de elaboración
- Fecha y hora de ejecución
- Observaciones
- Nombre de mecánico responsable
- Firma de mecánico, supervisor y jefe de mantenimiento

Un modelo de una orden de trabajo, se puede observar en la Figura 22.

Figura 22: Modelo de formato de ficha de orden de trabajo

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			
Motor No.	Código	Orden No.	
Modelo	Serie	Marca	
Fecha de orden: _____	Prioridad	Urgente	
		Normal	
Fecha de ejecución: _____		Preventivo	
Técnico asignado: _____	Área o sistema: _____		
Tiempo estimado: _____	Tiempo utilizado: _____		
Trabajo por efectuar:			
Repuestos o materiales a utilizar: _____			
OBSERVACIONES: _____			
F. _____		F. _____	
Personal técnico		Supervisor de mantenimiento	

7. **Biodiésel**, a lo largo del tiempo se han realizado investigaciones sobre los métodos para reducir la alta viscosidad de los aceites vegetales y con ello permitir su uso en motores diésel comunes sin problemas operacionales tales como los depósitos que se forman en los motores. La transesterificación es el método más común y el cual se tratará en este capítulo.

Solamente la reacción de transesterificación conduce a los productos comúnmente conocidos como biodiésel, es decir, ésteres alquílicos de aceites y grasas. Además de los aceites vegetales y las grasas animales, otros materiales, como los aceites de fritura usados, también pueden ser adecuados para la producción de biodiésel.

La transesterificación es la reacción de desplazamiento del alcohol de un éster por otro en un proceso similar a la hidrólisis, con la excepción que se usa alcohol en lugar de agua.

El metanol es el alcohol más común utilizado debido a su bajo costo y bajo nivel de contenido de agua. Este proceso ha sido ampliamente utilizado para reducir la alta viscosidad de los triglicéridos con el uso de los aceites vegetales.

El biodiésel es un combustible sustituto del gasóleo, para motores diésel, éste puede ser producido de materias primas agrícolas, tales como: aceites vegetales y/o grasas animales. Posee las mismas propiedades del combustible diésel y es utilizado como combustible para automóviles y camiones y puede ser mezclado en cualquier proporción con el diésel que se obtiene por refinación de petróleo.

La American Standard for Testing and Materials (ASTM), lo define como "*Ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales y que se emplean en los motores de ignición de compresión (motores diésel) o en calderas de calefacción*".

8. **Efecto del combustible biodiésel en las emisiones de contaminantes** motores diésel el biodiésel tiene unas propiedades físicas similares a las del gasóleo (densidad equivalente, viscosidad sólo ligeramente superior), sin embargo, como inconvenientes

presenta un menor poder calorífico (alrededor de un 10%) y un comportamiento inferior a baja temperaturas con tendencia al solidificarse en condiciones de frío extremas, lo que obliga a que deba ser tratado con aditivos específicos.

Una de sus ventajas es que presenta un número de cetano superior al del gasóleo, mejorándolo si se emplea como aditivo de éste y que presenta un punto de inflamación más alto, permitiendo un almacenamiento mucho más seguro. Las bajas emisiones del biodiésel hacen de él un combustible ideal para el uso en las áreas marinas, parques nacionales, bosques y sobre todo en las grandes ciudades.

Las especificaciones para biodiésel han sido implementadas en varios países alrededor del mundo a lo largo del tiempo. Estos estándares han surgido del consenso de grupos relevantes que han participado en su elaboración, como ser: fabricantes de vehículos, motores y equipos de inyección, compañías refinadoras, productores de biocombustibles, representantes de los gobiernos y de los usuarios de biocombustibles.

Cuadro 13: Límites de especificaciones en el biodiésel: propósito, importancia y efectos de su desviación

Propiedad	Propósito/importancia/efectos posibles de la desviación e especificación
Contenido de éster (min.)	Valores inferiores a la especificación indican reacción incompleta/presencia de aceite. Provocará alta viscosidad, disminución del efecto spray, aumento de carbonilla, combustión deficiente.
Densidad (15 °C)	Depende del aceite de partida y proceso de transesterificación. Un valor bajo indica excesivo resto de alcohol.
Viscosidad (40 °C)	Satisfactoria combustión del combustible. El valor de la viscosidad debe ser del mismo nivel del diésel convencional. Bajos valores indican exceso de metanol. Altos valores indican degradación térmica y oxidativa, presencia de aceite sin reaccionar y pueden provocar problemas en los inyectores y sistema de bombeo. Acorta la vida del motor.
Punto de inflamación (min.)	Seguridad contra incendios. Un bajo valor puede provocar problemas en el manipuleo, transporte y almacenamiento.
Azufre	Proteger el sistema catalítico del escape. El biodiésel generalmente contiene menos de 15 ppm de azufre. Un valor alto indicaría contaminación del biodiésel y provocaría mayores emisiones de SO ₂ .
Número de cetano (min.)	Buen desempeño del motor, es una medida de la calidad de ignición del combustible y del proceso de combustión. Los requerimientos de número de cetano dependen del tamaño y diseño del motor, de la naturaleza de las variaciones de velocidad y carga, y de las condiciones atmosféricas. Depende de la materia prima y nivel de oxidación del biodiésel.

Propiedad	Propósito/importancia/efectos posibles de la desviación e especificación
	Un bajo valor indica poca tendencia a la auto-ignición y provocaría mayor cantidad de depósitos en el motor y mayor desgaste en los pistones.
Contenido de agua	Un exceso de agua en el biodiésel puede ocasionar problemas de hidrólisis (aparición de ácidos grasos libres).
Agua y sedimentos	Prevenir corrosión y proliferación de organismos. Establecido al mismo nivel del diésel convencional.
Metanol	Depende exclusivamente del proceso de producción. Restos de metanol provocan baja temperatura de inflamación, viscosidad y densidad, y corrosión en piezas de aluminio y zinc.
Glicerina libre	Buen desempeño a bajas temperaturas. La glicerina total comprende la glicerina libre y la porción de glicerina de aceite o de grasa sin reaccionar o que ha reaccionado parcialmente. Un valor alto indica una mala decantación y lavado del biodiésel. Altos niveles de mono-, di-, y triglicéridos y de glicerina libre pueden causar depósitos en los inyectores y afectar adversamente la operación en climas fríos causando taponamiento de filtros.
Glicerina total	
Índice de acidez	Protege el motor. Se utiliza para determinar el nivel de ácidos grasos libres o ácidos de proceso que puedan estar presentes en el biodiésel. Un alto número ácido puede ocasionar aumento en la degradación del biodiésel, aumentar la formación de depósitos en los sistemas de inyección y la probabilidad de corrosión.
Estabilidad de oxidación a (110 °C)	Su valor depende de la materia prima y proceso de producción. Se permite el uso de aditivos para mejorar este parámetro. Un bajo valor indica aceite de partida degradado, o degradación del biodiésel en el proceso. Un tiempo inferior al especificado no aseguraría la estabilidad del biodiésel durante su almacenaje y distribución.
Punto de enturbamiento	Buen desempeño a bajas temperaturas. Define la temperatura a la cual aparece una nube o nubosidad de cristales en el combustible, bajo condiciones de ensayo prescritas. Problemas de operación en climas fríos.

Fuente: Manual de Biocombustibles

9. Aseguramiento de la calidad por parte de los proveedores para asegurar el correcto funcionamiento del combustible en los vehículos, este debe cumplir con las especificaciones correspondientes que deben certificarse por parte de su proveedor. Cuando el combustible se obtiene a partir de la mezcla de dos combustibles diferentes, como es el caso de la mezcla diésel-biodiésel, existirán especificaciones de calidad para la mezcla y para los combustibles que lo componen por separado.

Cuadro 14: Recomendaciones de uso de biodiésel de los fabricantes de automóviles y motores

Fabricante	Posición
Asociación de Fabricantes de Motores (EMA)	B5 aceptable si este cumple con la ASTM D 6751
Caterpillar	Muchos motores aprobados para B100; para otros solamente es aceptable B5. Este debe cumplir con ASTM D 6751
Cummins	Todos los motores aprobados para B5. Este debe cumplir con ASTM D 6751
Daimler Chrysler	B5 aceptable para todos los vehículos pero este debe cumplir con ASTM D 6751
Detroit diesel	B20 aprobado para todos los motores/vehículos pero este debe cumplir las especificaciones para diésel.
Ford	B5 aceptable para todos los vehículos pero debe cumplir con ASTM D 6751 y EN 14214
General Motors	B5 aceptable para todos los vehículos pero debe cumplir con ASTM D 6751
Internacional Truck and Engine	B20 aceptable para todos los motores pero debe cumplir con ASTM D 6751
John Deere	B20 aceptable para todos los motores pero debe cumplir con ASTM D 6751
Volkswagen	B5 aceptable para todos los motores, pero el combustible debe tener un estándar de calidad (ASTM D 6751 o EN 14214)

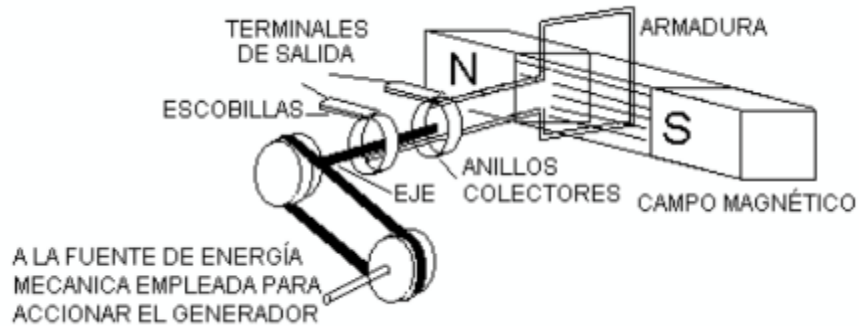
Fuente: Manual de Combustibles (IFQC Biofuels Center), 2009.

10. Generador eléctrico actualmente la principal manera de obtener electricidad es mediante el uso de las grandes centrales termoeléctricas, en las cuales la energía térmica que se libera de una fuente de energía primaria, tal como madera, petróleo, carbón, gas, combustible nuclear, etc.), se transforma en electricidad a través de un proceso con equipos tales como turbinas y generadores. Estos son la etapa final de conversión de energía mecánica en eléctrica. En el proceso de la conversión de la energía mecánica a eléctrica, se utilizan generadores de corriente alterna o alternadores y su funcionamiento básico es el siguiente:

a. Generadores eléctricos, es una máquina que produce voltaje a través de inducción electromagnética. Esto se lleva a cabo debido a la rotación de bobinas de alambre a través de un campo electromagnético o por la rotación de un campo magnético en el centro de las bobinas de alambre. Este trabajo se dio gracias a Michael Faraday y Joseph Henry en 1831 y también dieron lugar al motor eléctrico, bocina, transformador y micrófono. En la actualidad, más del 95% de la energía eléctrica mundial se suministra mediante generadores.

b. Generador básico, un voltaje alterno estacionario se produce cuando se hace girar una bobina de alambre entre los polos de un imán permanente. En la figura 10, se muestra el esquema de un generador sencillo. A la bobina se le denomina armadura, sus extremos están conectados a anillos colectores aislados, los cuales se encuentran montados sobre el mismo eje de la armadura. Las escobillas estacionarias presionan los anillos colectores y mediante esto se conecta la armadura rotatoria a un circuito externo. Una fuerza mecánica acciona y hace girar la armadura, y con ello se convierte la energía mecánica en energía eléctrica.

Figura 23: Generador de corriente alterna de una bobina sencilla

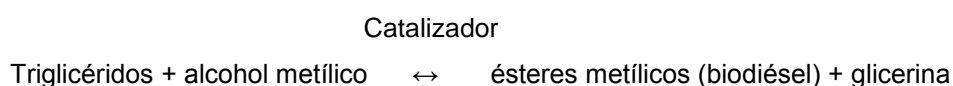


Fuente: Yescas, 2003.

E. Módulo 5: Evaluación técnica y propuesta para el tratamiento de agua residual de lavado de biodiésel en un complejo comercial

1. Biodiésel es un combustible alternativo, considerado renovable ya que su obtención es principalmente a partir de los aceites de plantas oleaginosas, como aceite de girasol, de palma o de soya. Se puede usar también los aceites de frituras usados y las grasas animales. Para la obtención del biodiésel es necesario que los aceites se sometan a una transesterificación, en donde los ácidos grasos presentes, se transforman en ésteres metálicos en un corto intervalo de tiempo (Bart, 2010).

La reacción de transesterificación para la obtención de biodiésel se da de la siguiente manera:

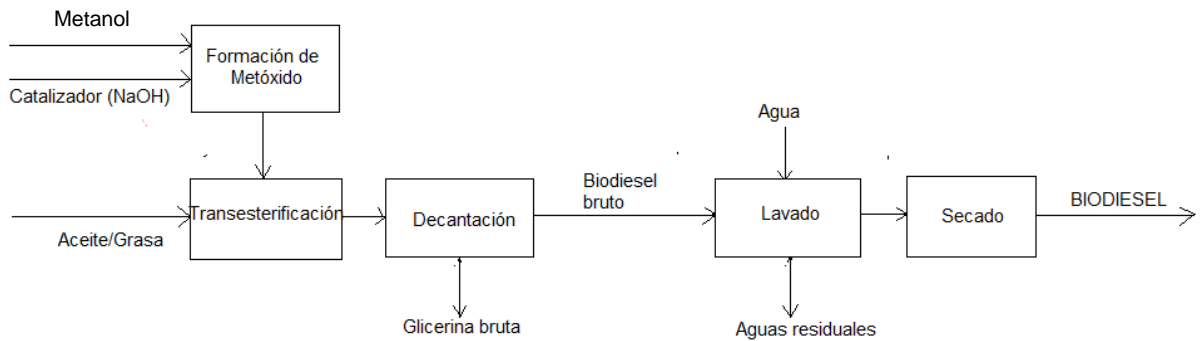


Los triglicéridos se ponen en contacto con un alcohol en presencia de un catalizador, usualmente se utiliza dióxido de sodio o dióxido de potasio. Para llevar a cabo la reacción es necesario utilizar un 0.7-1.0% en peso de un catalizador alcalino, una relación molar de metanol/aceite de 6:1 o incluso 9:1 para mejorar la eficiencia, este proceso se lleva a cabo a 60°C durante una hora. Como parte del residuo se obtiene glicerina, la cual debe ser eliminada por decantación y el biodiésel se debe someter a sucesivas etapas de lavado con agua para eliminar impurezas, el agua se deja decantar entre 12 y 24 horas hasta que se obtenga biodiésel purificado; el agua de biodiésel se descarta y constituye la principal corriente de agua residual del proceso de producción de biodiésel. El material que se elimina del biodiésel por lavados son trazas de grasas, aceites, catalizador básico, sales, jabones, trazas de glicerol y metanol (Bart, 2010).

Descripción del proceso de transformación de biodiésel

La transesterificación de triglicéridos con catálisis homogénea alcalina es el método más utilizado para obtener biodiésel a escala industrial, a continuación, se muestra un diagrama de bloques que describe las etapas básicas de obtención de biodiésel.

Figura 24: Proceso de obtención de biodiésel (catálisis homogénea alcalina).

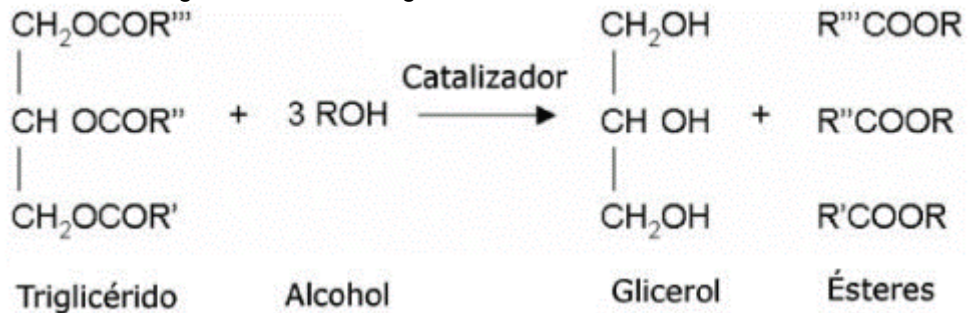


(Bart, 2010)

- Transesterificación:

Es una reacción en equilibrio a temperatura de 60°C, presión de 1 atm, en donde se utiliza una relación de alcohol: aceite de 6:1, en donde por cada mol de aceite transesterificado. Se obtienen tres moles de éster metílico y uno de glicerina. (Bart, 2010)

Figura 25: Reacción global de transesterificación.



(Knothe, 2005)

2. Proceso de purificación de biodiésel a manera de obtener un combustible de mejor calidad, se debe purificar el biodiésel cuando sale del proceso de transesterificación, en el contenedor de productos se encuentran subproductos generados en el proceso, los principales son metanol y glicerina, estos deben de ser removidos del biodiésel. (Sarin, 2012)

- Remoción de metanol: debido a que el punto de ebullición del metanol es superior al del agua, este puede separarse por medio de una destilación en donde la cual el metanol ebulle, convirtiéndose en vapor, este se hace pasar por un condensador para nuevamente transformarlo

en metanol en fase líquida. Por la naturaleza del sistema de separación, el metanol tiende a salir con una muy baja cantidad de impurezas, trazas de otros compuestos o subproductos (Sarin, 2012).

- Remoción de glicerina: debido a que la glicerina no es soluble en el biodiésel y es más densa que el mismo, se debe dejar asentarse para decantarlo. Al momento de retirar la glicerina de la columna de biodiésel es recomendable dejar pasar parte del biodiésel como medio de seguridad de no dejar remanentes de glicerina en el combustible (Sarin, 2012).

La mezcla de la reacción de transesterificación es enviada a un decantador, en donde se lleva a cabo una separación de fases por solubilidad, una fase más densa, esta fase es rica en glicerina, metanol y trazas del catalizador y otra fase menos densa, la cual es rica en éster metílico, aceite sin reaccionar y algunas cantidades pequeñas de metanol, glicerina, jabones y otros (Sarin, 2012).

Luego de la reacción de transesterificación, se obtiene biodiésel crudo el cual debe de ser purificado por medio de la eliminación de subproductos y reactivos que se agregan en exceso y que no reaccionaron. En su mayoría, los compuestos a eliminar son: glicerol, agua, sales y jabones. Para la eliminación de dichos contaminantes existen dos métodos que se detallan a continuación (Sarin, 2012).

a. Lavado con agua, para este lavado, debe utilizarse agua destilada o agua suavizada, levemente ácida de pH de 6, para eliminar la contaminación de calcio, magnesio, trazas de hierro y cobre que disminuyen la estabilidad del combustible, y tibia entre 50-60°C. El agua previene la precipitación de ésteres ácidos grasos saturados, retarda la formación de emulsiones, elimina la contaminación por calcio y magnesio y neutraliza el catalizador remanente. El lavado debe de hacerse por medio de la adición lenta y homogénea de agua sobre la superficie de la columna de biodiésel crudo, se recomienda utilizar un atomizador para evitar promover la agitación y prevenir la formación de jabones, disminuyendo la eficiencia de la purificación. El agua tiene menor densidad que el biodiésel, por lo que el agua desciende, pasando a través de la columna de biodiésel, arrastrando a su paso los compuestos solubles en agua como los alcoholes y el glicerol y neutralizando el catalizador remanente, formando una sal que es eliminada junto con el agua de lavado (Sarin, 2012).

Luego de lavar varias veces, la fase acuosa se vuelve menos turbia, lo cual indica que los contaminantes han sido arrastrados en lavadas previas. Luego, la fase oleosa es separada de la acuosa por medio de decantación o una centrifugadora. El agua remanente puede eliminarse haciendo pasar Na_2SO_4 (25%) por la columna y eliminándola por filtración (Sarin, 2012).

Lavar con agua suele aumentar los costos y el tiempo de producción, pérdida de producto y contaminación del líquido efluente; así pues, pueden llegar a formarse emulsiones y jabones, sobre todo cuando se trabaja con aceite residual de cocina (Sarin, 2012).

b. Lavado en seco, esta técnica consiste en reemplazar el agua por resinas de intercambio de iones o polvo de silicato de magnesio para remover las impurezas. Estas son técnicas de lavado en seco disminuye la cantidad de glicerol presente y reduce el contenido de jabón. Ambos procesos de lavado en seco tienen la ventaja de que no utilizan agua por lo que elimina la posible formación de emulsiones y jabón (Sarin, 2012)

3. Agua residual de lavado de biodiesel para determinar una forma adecuada del tratamiento de agua como subproducto, es indispensable conocer las características de la misma con un análisis y estudios de caracterización.

a. Caracterización de agua residual las aguas residuales utilizadas para el lavado de biodiésel se caracterizan por tener una apariencia, de color blanco opaco, alta viscosidad, alcalinas y tienen alguna fracción de aceite residual, sales solubles, metil ésteres, jabones, catalizador, acilgliceroles, glicerol, metanol y otros. Las concentraciones de los principales contaminantes en las aguas residuales varían dependiendo al origen de la muestra por lo que resulta complicado predecir con exactitud los valores medios de contaminación para este tipo de agua residual; así pues, varía el volumen de agua residual obtenida pues esto también depende de la materia prima y del proceso. Los principales parámetros de caracterización de agua residual se enumeran a continuación (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2006):

- pH
- Conductividad
- Demanda química de oxígeno
- Demanda biológica de oxígeno
- Concentración de nitrógeno
- Concentración de fósforo
- Metanol

- Glicerol
- Sólidos suspendidos

(Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2006):

A continuación, se presentan algunas propuestas para el tratamiento de agua residual de plantas de biodiesel

- Tratamiento biológico con un ajuste de pH y adición de fuentes de fósforo, azufre y nitrógeno, a manera de inhibir el crecimiento de microorganismos que se encuentran en dichas aguas residuales (Romero, 2010).
- Neutralización con pH con ácido acético y lavado con agua caliente para luego realizar una filtración con arenas y membranas de filtración; seguido por un proceso de coagulación-floculación con sulfato ferroso y otra filtración para eliminar los sólidos coagulados-floculados (Romero, 2010).
- Acidificación para ajuste de pH por adición de ácido, para destruir toda emulsión que se haya formado y para facilitar la separación (Romero, 2010).

4. Acuerdo gubernativo 236-2006 es un documento publicado en la ciudad de Guatemala el 5 de mayo de 2006, en el cual se establecen los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reúso de aguas residuales, también indica como deberá ser la correcta disposición de lodos. El propósito de dicho documento se basa en la mejora de las características de las aguas mencionadas anteriormente, así pues, que se logre establecer un proceso adecuado con dos objetivos principales (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2006)

- Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.
- Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

Además, se plantea como objetivo el establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación

y mejoramiento del recurso hídrico del país (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2006).

El acuerdo aplica a:

- Los entes generadores de aguas residuales
- Las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público
- Las personas que produzcan aguas residuales para su re utilización
- Las personas que re utilicen parcial o totalmente aguas residuales
- Las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos.
- (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2006)

El acuerdo establece las definiciones y la clasificación de las aguas residuales de acuerdo a su origen y características, de la siguiente manera:

- Aguas residuales: las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.
- Aguas residuales de tipo especial: las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas.
- Aguas residuales de tipo ordinario: las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de un alcantarillado.
- Alcantarillado pluvial: el conjunto de tuberías, canalizaciones y obras accesorias para recolectar y conducir las aguas de lluvia.
- Alcantarillado público: el conjunto de tuberías y obras accesorias utilizadas por la municipalidad, para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo ordinario o de tipo especial, o combinación de ambas que deben ser previamente tratadas antes de descargarlas a un cuerpo receptor. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2006)

5. Tratamiento de aguas residuales el tratamiento o purificación de agua, consiste en la remoción de algunas o todas las impurezas presentes, así estén disueltas, suspendidas o en estado coloidal. Existen dos grandes clasificaciones del tratamiento de agua:

a. La purificación realizada por los servicios públicos y municipalidades para hacer que las condiciones del agua sean adecuadas para usos domésticos generales. Como usos generales a nivel residencial, se busca proporcionar agua que sea adecuada para el consumo

humano, es decir, que contenga una baja cantidad de bacterias que podrían llegar a causar enfermedades e infecciones, que sea poca turbia y que conlleve un control de olor, sabor y color. Los procesos utilizados normalmente para el tratamiento de aguas para consumo humano consisten en sedimentación, filtración y cloración para desinfección (Romero, 2009).

La sedimentación consiste en dejar el agua en reservorios por cierto período de tiempo a manera que las partículas suspendidas y flotantes se desplacen hacia el fondo y pueda removerse una columna de agua libre de partículas sólidas. Algunas partículas se sedimentan lentamente por lo que a veces se recomienda la adición de químicos que aceleran el proceso; estos químicos se denominan coagulantes (Romero, 2009).

La cloración se realiza luego de la sedimentación y consiste en la adición de una pequeña cantidad de cloro para matar bacterias que no se quedan retenidas en los filtros. El agua de consumo residencial no suele ser tratada por procesos de suavización (Romero, 2009).

b. Proceso de purificación aplicado a varios procesos industriales para mejorar el uso del agua en relación a los requerimientos particulares de cada industria. La mayoría de veces se requiere que el agua utilizada a nivel industrial esté suavizada, es decir, que se hayan removido los minerales y sales disueltos, la cual genera consumos excesivos de jabones y causa incrustaciones y deterioro de tuberías y equipo. Las sales presentes en el agua no pueden ser removidas por filtros ya que se encuentran disueltas (Romero, 2009).

6. DQO Y DBO son dos parámetros de un agua que nos permiten conocer la cantidad de materia orgánica que hay en ésta. La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar totalmente la materia orgánica biodegradable que se encuentre en la muestra. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente (generalmente con permanganato potásico o con dicromato potásico en medio ácido) toda la materia orgánica que se pueda encontrar presente en la muestra. De esto se deduce que la DQO siempre es mayor, o al menos igual, que la DBO (IMAGUA Water Technologies SL, 2013).

La DBO y la DQO son dos parámetros muy importantes a la hora de caracterizar un agua, no sólo para el consumo humano, sino también a la hora de realizar un vertido. Para reducir el valor de la DBO y la DQO de una corriente de agua, pueden aplicarse diferentes tratamientos, siendo los más importantes los tratamientos biológicos. La degradación es realizada por los

microorganismos contenidos en la misma agua residual. Estos utilizan la materia orgánica para reproducirse y para obtener energía. Tras esta etapa del proceso, es necesario pasar la corriente de agua por un sedimentador para eliminar los microorganismos presentes. Parte de ellos se recirculan hasta el comienzo de la etapa, ya que si no podríamos producir un lavado del reactor y eliminar demasiados microorganismos (IMAGUA Water Technologies SL, 2013).

Aunque los procesos biológicos habían sido inicialmente concebidos para la eliminación de materia orgánica, también pueden ser útiles para la eliminación de nutrientes (N, P), como en los procesos de nitrificación y desnitrificación (IMAGUA Water Technologies SL, 2013).

7. Turbidez este parámetro hace referencia a la transparencia del agua y está íntimamente relacionado con la presencia de sólidos en suspensión en la misma. La medición de la turbidez se realiza con un Turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua. La turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU, de sus siglas en inglés) (IMAGUA Water Technologies SL, 2013).

8. Sólidos suspendidos totales los sólidos presentes en una corriente o muestra de agua pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- Sólidos suspendidos (que a su vez pueden ser volátiles o no volátiles).
- Sólidos en disolución (IMAGUA Water Technologies SL, 2013).

El tratamiento para la eliminación de cada uno de estos tipos de sólidos es diferente, ya que para los sólidos en suspensión se utilizan diferentes métodos de filtrado (como pueden ser los filtros de arena o los filtros de carbón activo), mientras que para la retirada de los sólidos en disolución puede ser necesario recurrir a tratamientos más específicos como la ósmosis inversa (IMAGUA Water Technologies SL, 2013).

9. pH según el pH clasificaremos un agua como ácida, básica o neutra. El pH está relacionado con la concentración de protones, y se define de la siguiente manera:

Ecuación 13: pH

$$pH = -\log[H^+]$$

Un pH ácido es aquel que se encuentra en el rango de 1-6, 7 es un pH neutro y de 8-14 es un pH básico.

10. Filtración mecanismo físico de remoción de partículas que se da por la acción de colar, cribar o tamizar agua, que se lleva a cabo a través de medios porosos, que por lo general son de arena o arena y antracita. En una planta de purificación de agua filtración remueve materiales suspendidos, medidos en partículas como turbiedad, además a la filtración se le atribuye la disminución de microorganismos que pueden llegar a ser altamente resistentes a la desinfección. La filtración tiene como propósito principal la reducción de turbiedad. A pesar de retener materiales suspendidos, algunos de estos suelen pasar entre los espacios existentes entre los granos del medio filtrante, el mecanismo por el cual un filtro retiene y remueve el material suspendido se debe a diferentes factores como las diferentes acciones físicas, químicas y biológicas que ocurren en el filtro. A continuación se muestran los diferentes mecanismos de remoción en un filtro (Romero, 2009):

Figura 26: Mecanismos de remoción en un filtro

Mecanismo	Descripción
1. Cribado	
a) Mecánico	Partículas más grandes que los poros del medio son retenidas mecánicamente.
b) Oportunidad de contacto	Partículas más pequeñas que los poros del medio son retenidas por oportunidad de contacto.
2. Sedimentación	Las partículas se sedimentan sobre el medio filtrante, dentro del filtro.
3. Impacto inercial	Las partículas pesadas no siguen las líneas de corriente.
4. Interceptación	Muchas partículas que se mueven a lo largo de una línea de corriente son removidas cuando entran en contacto con la superficie del medio filtrante.
5. Adhesión	Las partículas floculentas se adhieren a la superficie del medio filtrante. Debido a la fuerza de arrastre del agua, algunas son arrastradas antes de adherirse fuertemente y empujadas más profundamente dentro del filtro. A medida que el lecho se tapona, la fuerza cortante superficial aumenta hasta un límite para el cual no hay remoción adicional. Algún material se fugará a través del fondo del filtro, haciendo aparecer turbiedad en el efluente.
6. Adsorción química	Una vez que una partícula ha entrado en contacto con la superficie del medio filtrante o con otras partículas, la adsorción, física o, química, permite su retención sobre dichas superficies.
a) Enlace	
b) Interacción química	
7. Adsorción física	
a) Fuerzas electrostáticas	
b) Fuerzas electrocinéticas	
c) Fuerzas de Vander Waals	
8. Floculación	Partículas más grandes capturan partículas más pequeñas y forman partículas aún más grandes.
9. Crecimiento biológico	Reduce el volumen del poro y puede promover la remoción de partículas.

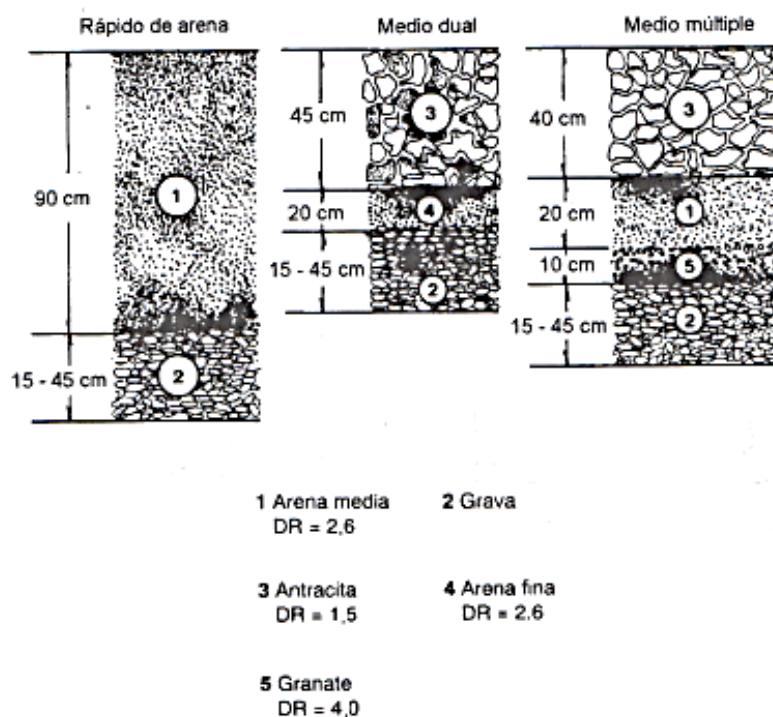
(Romero, 2009)

Existen diversos tipos de lechos filtrantes y estos se seleccionan de acuerdo a la cantidad de partículas por remover, existen de un solo medio que suelen estar conformados por arena fina o antracita, medios duales que consisten de ambos materiales o lechos mezclados que pueden contener arena, antracita, granate o ilmenita. La selección del medio filtrante se determina por la durabilidad requerida, el grado deseado de purificación, la duración de la carrera del filtro y la facilidad de su lavado. El medio seleccionado debe de tener un tamaño tal que permita obtener un efluente satisfactorio, ser de un material durable, capaz de retener sólidos y que sea fácil de limpiar con poca agua de lavado. En una arena gruesa la permeabilidad es mayor que en una arena fina, aunque la porosidad y el volumen de vacíos sean iguales. Los poros pequeños de la arena fina causan mayor resistencia al flujo, o sea, menor permeabilidad (Romero, 2009).

El dimensionamiento de los lechos de grava depende del sistema de drenaje usado; así mismo, el tamaño y la profundidad de la capa superior de grava dependen del tamaño de la capa inferior del medio fino (arena) que soporte. El lecho de grava ideal es uno en el cual ésta es casi esférica en forma y existe un incremento uniforme en tamaño desde el techo hasta el fondo. La profundidad del lecho de grava puede variar entre 15 y 60cm, es usual una profundidad de 45cm en filtros raídos. Piedras de tamaño hasta de 7.5cm pueden colocarse cerca de los drenajes del filtro pero se prefiere un tamaño máximo de 2.5cm (Romero, 2009):

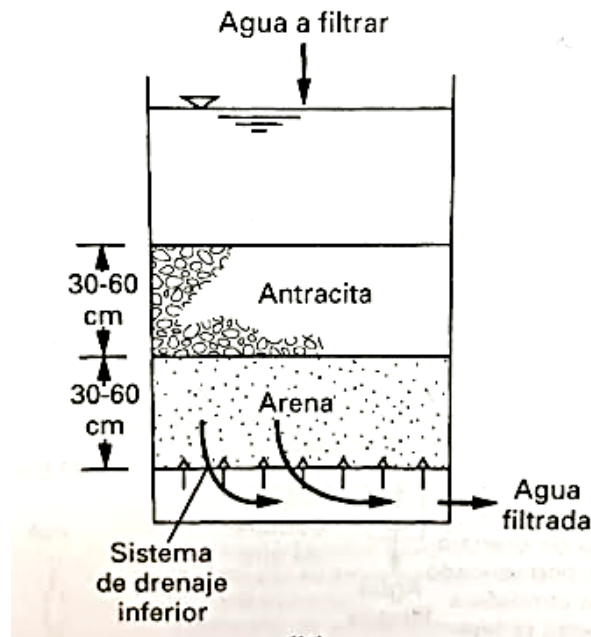
A continuación se observa una imagen en donde se pueden comparar los tres tipos de medios filtrantes usados comúnmente en tratamientos de aguas y las alturas sugeridas para cada medio (Romero, 2009).

Figura 27: Medios de filtración



(Romero, 2009)

Figura 28: Filtro bimedio, convencional de flujo descendente.



(Metcalf, 2010)

Los filtros lentos fueron los primeros en ser utilizados, en estos se recomienda colocar 1.0m de arena y 0.3m de grava. En la búsqueda de filtros más económicos y con menor tasa de filtración, se proponen rediseños en los filtros lentos proponiendo filtros con diferentes medios filtrantes, ya sea duales o mezclados (Romero, 2009).

El flujo de agua a través de un filtro, a las tasas empleadas en tratamiento de agua obedece la Ley de Darcy, por lo tanto, la tasa de filtración es directamente proporcional a la cabeza o energía disponible de filtración y la permeabilidad del lecho, e inversamente proporcional al espesor del medio. Utilizando investigación original, Rose estableció una ecuación que permite determinar analíticamente la pérdida de carga por fricción a través de lechos de material granular. Para esto, se debe conocer la velocidad de filtración que se encuentra de la siguiente manera (Romero, 2009):

Ecuación 14: flujo del líquido

$$v = \frac{Q}{At}$$

(Romero, 2009)

Donde:

v : velocidad de filtración

Q : tasa de filtración

At : área transversal

Ecuación 15: pérdida de fricción en lecho de filtración

$$h = 1.067 * C_d * \left(\frac{1}{\epsilon^4}\right) \left(\frac{L}{\phi}\right) \left(\frac{v}{60}\right)^2 \left(\frac{1}{g}\right)$$

(Romero, 2009)

Donde:

ϵ : porosidad

L : altura de lecho

ϕ : diámetro de partícula

Q_h : velocidad de filtración

g : gravedad

C_d : coeficiente de arrastre, el cual se obtiene.

Ecuación 16: coeficiente de filtro

$$Cd = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

(Romero, 2009)

Donde:

Re : número de Reynolds

Ecuación 17: número de Reynolds

$$Re = \frac{vP\phi}{\nu}$$

(Romero, 2009)

v = tasa de filtración

ϕ = diámetro de partícula

ν = viscosidad cinemática (su supone igual a la del agua)

11. **Adsorción** es un fenómeno que ocurre cuando las moléculas en solución golpean la superficie de un sólido adsorbente y son adheridas a su superficie, es el proceso por el cual moléculas de un fluido son concentradas sobre la superficie de otra fase mediante fuerzas químicas o físicas o por ambas. El material concentrado constituye el adsorbato y el material que adsorbe es el adsorbente. La adsorción supone la acumulación del adsorbato sobre una superficie o interfaz (Metcalf y Eddy, 1995).

En general, existen tres tipos de adsorción: física, química y de intercambio. La física no es específica y se debe a la acción de fuerzas débiles de atracción entre moléculas como las fuerzas de Van der Waals en tal caso, la molécula adsorbida tiene movimiento libre sobre la superficie del sólido adsorbente y no está unida a un sitio específico, puede condensarse y formar varias capas superpuestas sobre la superficie del adsorbente, generalmente es reversible. La adsorción química se debe a fuerzas mucho más fuertes como las que conducen a la formación de compuestos químicos, el compuesto adsorbido forma una capa mono molecular sobre la superficie del adsorbente y las moléculas no son libres de moverse un sitio a otro; cuando la superficie está cubierta por el material adsorbido, la capacidad del adsorbente está agotada. La adsorción química no es reversible y para remover el material debe calentarse el adsorbente (Metcalf y Eddy, 1995).

Un adsorbente bastante utilizado es el carbón activado, este se fabrica a partir de compuestos de carbono con propiedades adsorptivas. El carbón activado es un adsorbente excelente porque posee una red inmensa de poros de tamaño variable para aceptar moléculas grandes y pequeñas de contaminantes. Por esta razón, el carbón activado tiene un área superficial muy grande, por ejemplo, 500g de carbón tienen un área superficial de 0.6km^2 . El carbón activado puede fabricarse a partir de una gran variedad de materiales carbonáceos como

la madera, carbón mineral, coque, turba, lignina, cáscara de nuez, bagazo de caña de azúcar, aserrín, huesos y residuos del petróleo. El material crudo es deshidratado y carbonizado mediante calentamiento lento en ausencia de aire para extraer el agua y convertirlo en carbón primario. La activación física o química ensancha y aumenta los poros del carbón, desarrollando una microestructura porosa de gran área superficial (Metcalf y Eddy, 1995).

En la actualidad, el carbón activado es utilizado para la remoción de color, de compuestos productores de olores, sabores y contaminantes orgánicos. En plantas de tratamiento de aguas residuales se utiliza como tratamiento terciario para remover sustancias orgánicas disueltas resistentes y mejorar la calidad físico-química del efluente. En general, el carbón activado es bastante útil para la adsorción de compuestos orgánicos disueltos. Algunas de las aplicaciones más comunes son (Metcalf y Eddy, 1995):

- Remoción de sustancias orgánicas que producen olores y sabores.
- Remoción de trihalometanos, pesticidas y compuestos orgánicos del cloro.
- Remoción de residuos orgánicos tóxicos y peligrosos.
- Remoción de metales pesados.
- (Metcalf y Eddy, 1995)

La adsorción de solutos en solución es proporcional a la concentración y al tiempo de contacto. La adsorción de solutos de soluciones por carbón activado en polvo parece ser el resultado del carácter hidrofóbico del soluto o de una gran afinidad del soluto por el carbón activado, en general se puede representar por la isoterma de Freundlich, la cual relaciona matemáticamente la concentración residual en la solución con la adsorbida, a una temperatura y condiciones específicas (Metcalf y Eddy, 1995).

Ecuación 18: Isoterma de Freundlich

$$q = \frac{X}{m} = kC^{\frac{1}{n}}$$

(Metcalf y Eddy, 1995)

Donde:

k: contante para cada soluto y temperatura.

C: concentración residual de soluto después de la adsorción.

n: constante para cada soluto y temperatura

De acuerdo a la ecuación anterior, de manera logarítmica, la isoterma de Freundlich se puede escribir así:

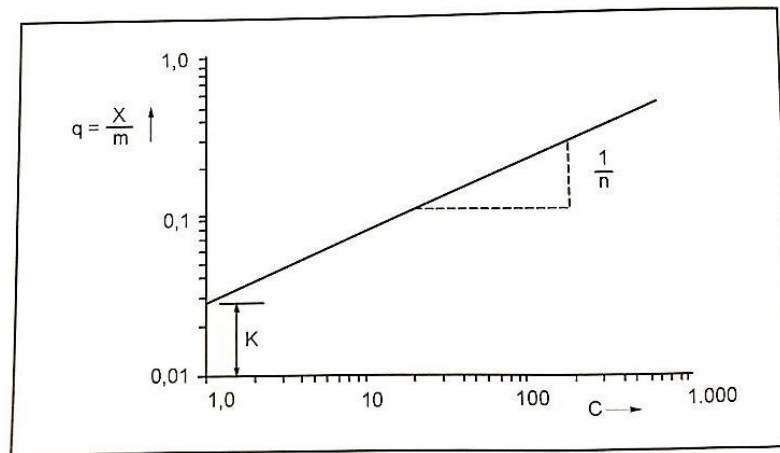
Ecuación 19: Isoterma de Freundlich

$$\log q = \log \frac{X}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log C$$

(Metcalf y Eddy, 1995)

La representación gráfica se muestra a continuación:

Figura 29: Representación gráfica de la ecuación de Freundlich.



(Romero, 2009)

F. Módulo 6: Auditoría, diagnóstico e implementación de Programa de Oficina Verde en instalaciones administrativas de un complejo comercial

1. Oficina Verde

PROGRAMA DE OFICINA VERDE es un programa de gestión y educación ambiental, enfocado principalmente al área administrativa de las organizaciones. Tienen la ventaja de ser una herramienta flexible, que se adapta a las necesidades y las demandas del sitio laboral y permite vincular las acciones con temas ambientales. Este trabajo bajo cinco líneas estratégicas:

Uso eficiente de la energía eléctrica, uso eficiente de agua, reducción y separación de residuos, uso eficiente de materiales de oficina y limpieza y uso eficiente de combustible (Subsecretaría Recursos Naturales, 2017). El Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, además sugiere incorporar al Programa de Oficina Verde, mediciones de salud y seguridad ocupacional de los colaboradores para mejorar las áreas de trabajo y crear un mejor ambiente para estos, evaluando así la eficiencia de sus actividades diarias y si esta puede estar afectada por las condiciones de los puestos de trabajo (CGP+L, 2015).

El propósito del programa es desarrollar una cultura participativa entre todos los colaboradores de la organización, desde la alta dirección hasta el personal de limpieza, para promover prácticas ambientales responsables y sostenibles en beneficio del ambiente (Subsecretaría Recursos Naturales, 2017).

Algunos de los beneficios de la transformación de las oficinas en verdes y ecológicas es medir el ahorro mediante establecimiento de indicadores de desempeño, disminuir el impacto ambiental relacionado con las actividades de la oficina, generar ahorros económicos por consumo responsable de materiales y recursos, obtener una certificación del cumplimiento del programa (Subsecretaría Recursos Naturales, 2017).

INSTITUCIÓN ENCARGADA DE REALIZAR LA CERTIFICACIÓN, LA INSTITUCIÓN EN GUATEMALA, encargada de otorgar la certificación del programa de oficina verde es la fundación centro guatemalteco de producción más limpia, la cual es una institución sin fines de lucro establecida desde el año de 1999 y constituida como fundación en el año 2007. su objetivo es desarrollar y proveer las condiciones necesarias, fomentar la capacidad local en aplicaciones de producción más limpia y temas relacionados, contribuyendo con la competitividad, eficiencia y el desarrollo social y ambiental de las empresas tanto del sector público como privado (cgp+l, 2015).

2. Producción más limpia

a. Que es la producción más limpia, según el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia total y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente. La Producción Más Limpia se puede aplicar a los procesos usados en cualquier industria, a los productos mismos y a los distintos servicios que proporciona la sociedad, incrementando el uso eficiente de materiales, agua y energía y reduciendo las emisiones y la cantidad de residuos en la fuente. Esto se logra al involucrando factores como cambio de actitudes en el personal, tecnología disponible y a través del conocimiento y aplicación de técnicas (Lafferriere, 2008).

b. Prácticas de producción más limpia, son estrategias ambientales preventivas que se aplican a procesos, productos y servicios con el fin de incrementar la eficiencia de los procesos, reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente y lograr la sostenibilidad del desarrollo económico. Implica implementar acciones que garanticen la eficiencia al usar materias primas y los recursos (como agua y energía) y prevenir y minimizar la generación de residuos y aplicar técnicas para reutilización o reciclaje de estos. Entre estas acciones se encuentran: adecuado mantenimiento, tomando las acciones administrativas apropiadas para prevenir fugas, derrames, paradas sorpresivas; sustituir materiales por menos tóxicos o no tóxicos, usar materiales renovables y agregar los que tengan una vida útil más larga; mejorar el control del proceso modificando procedimientos operativos, instrucciones en el uso de los equipos y llevar registros de operación para que estos se ejecuten efectivamente generando menos desperdicio y emisiones, reducir materias primas y los productos perdidos en filtraciones, derrames o desgastes; optimizar parámetros operacionales para reducir la generación de residuos y productos secundarios, llevar controles de operación, costo y materias primas, eliminar las etapas innecesarias en el proceso operativo; modificar el equipo de producción existente para ejecutar los procesos a una mayor eficiencia; reemplazar la tecnología para minimizar la generación de desperdicio y emisiones durante la producción; reutilizar los materiales desperdiciados en el mismo proceso o en otra aplicación útil dentro de la empresa; modificar las características del producto para minimizar el impacto ambiental del producto durante o después de su uso; usar energía de fuentes renovables en la iluminación, refrigeración, calentamiento, compresión de aire, aislamiento etc (Lafferriere,2008).

c. Desarrollo sostenible, en el informe de la comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1987 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se define como esto como "la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades". El objetivo principal que persigue es definir proyectos viables tomando en cuenta los aspectos económicos, sociales y ambientales de las actividades humanas. Es decir, mantener un equilibrio entre el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2016).

d. Pilares del desarrollo sostenible

- Pilar económico: su objetivo es continuar produciendo riquezas para satisfacer las necesidades de la población mundial mediante modos de consumo y de producción sostenibles (Sánchez, 2014).
- Pilar social: impulsa la participación de todos los grupos sociales propiciando la cohesión y el progreso social, promueve la equidad, vela por la reducción de las desigualdades entre los pueblos del mundo (Sánchez, 2014).
- Pilar medio ambiental: está relacionado con el uso y gestión responsable de los recursos naturales, vela por la conservación de los mismos con el fin de no degradar el medio ambiente para las generaciones futuras (Sánchez, 2014).

e. Ciclo de mejora continua, el ciclo PHVA viene de Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, que también es llamado Círculo de Deming, por su autor, Edward Deming. En esta metodología se describen los cuatro pasos que se llevan a cabo de manera sistemática para lograr la mejora continua, entendiendo como tal el mejoramiento continuado de la calidad (disminuir fallos, aumento de la eficacia y eficiencia, solución de problemas, previsión y eliminación de riesgos potenciales, entre otros.). Está compuesto de cuatro etapas cíclicas, es decir, una vez acabada la etapa final se debe volver a la primera y repetir el ciclo de nuevo, de forma que las actividades son reevaluadas periódicamente para incorporar nuevas mejoras. Esta metodología está enfocada principalmente para aplicarse en empresas y organizaciones (Sánchez, 2014).

f. Identificación de aspectos e impactos ambientales, proceso por el cual se determinan impactos potenciales pasados, presentes o futuros, positivos o negativos, de las

actividades de la organización sobre el medio ambiente. En la actualidad la sociedad demanda que las organizaciones se impliquen en el cuidado del medio ambiente haciendo que los sistemas de gestión ambiental sean oportunos para mejorar su comportamiento ambiental. La implementación de estos sistemas permite que la organización identifique los aspectos ambientales cuya actividad pueda tener un impacto sobre el medio, estableciendo acciones para actuar sobre ellos y minimizar dicho impacto (Subsecretaría Recursos Naturales, 2017).

3. Sostenibilidad

a. Gestión de carbono, consiste en una serie de etapas o pasos a seguir para que una entidad: comprenda su huella de carbono, desarrolle metodologías para identificar sus puntos críticos y priorice sus acciones de reducción, desarrolle un plan de reducción, prepare un plan de implementación, monitoree sus acciones con respecto al cambio climático y revele sus impactos (MMA, 2015).

En Guatemala, el proyecto REDD+GUATECARBÓN en la Reserva de Biósfera Maya, logró la generación de 700 mil créditos de carbono listos para comercializarse en el mercado internacional, se comercializan en un mercado de carbono y los créditos son adquiridos por empresas, personas o instituciones que por filantropía quieren hacer un aporte para contrarrestar los efectos del cambio climático, son empresas que tienen políticas de responsabilidad social y ambiental muy desarrolladas, como NIKE, UNILEVER, FIFA, Disney, son ejemplo de grandes empresas internacionales que compran estos créditos con el fin de apoyar los esfuerzos mundiales de detener el cambio climático (MMA, 2015).

Un crédito de carbono reduce emisiones de gases de efecto invernadero y es equivalente a una tonelada de CO₂ (MMA, 2015).

b. Huella de carbono, permite cuantificar la cantidad de emisiones de CO₂e que son liberados a la atmósfera debido a nuestras actividades cotidianas o la comercialización de un producto, abarcando todas las actividades de la cadena de comercialización (adquisiciones, producción, almacenamiento, transporte, distribución, venta, etc.) (Borquéz, 2010).

c. Huella hídrica, (HH) es un indicador del uso, consumo y contaminación de recursos de agua dulce. Implica el uso directo de un consumidor o productor y su uso indirecto que es el

volumen de agua que usa en toda la cadena de producción de un bien o servicio. Este indicador puede ser empleado para determinar el consumo hídrico de una nación, una cuenca, región, por sectores productivos, procesos de fabricación, productos, personas, entre otros (Arreguin, 2007).

La huella hídrica consiste en dos partes, la huella hídrica interna la cual es el volumen de agua usada, de los recursos hídricos domésticos de un país, para producir bienes y servicios consumidos o exportados por los habitantes del país; y la huella hídrica externa la cual equivale al volumen de agua usada en otros países para producir bienes y servicios importados y consumidos por los habitantes del país referenciado (Arreguin, 2007).

Se pueden utilizar los siguientes métodos de cálculo para encontrar la huella hídrica de un país. Para esto se debe de obtener la huella hídrica del país, medida en metros cúbicos por año. Esta huella está conformada por la suma de la huella hídrica interna y externa del país. La huella hídrica interna (HHPI) es, a su vez, la suma del volumen de agua doméstica usada en la economía nacional menos el volumen de agua virtual exportada a los otros países. La huella hídrica externa (HHPE) es, a su vez, el volumen anual de agua usada en otros países para producir los bienes y servicios importados y consumidos en el país de referencia. Para realizar comparaciones cruzadas entre países es útil calcular la huella hídrica promedio por habitante (Arreguin, 2007).

4. Indicadores de desempeño

a. Definición, son herramientas que proporcionan información cuantitativa relación a un logro o resultado en la entrega de productos ya sean bienes o servicios generados por la institución, cubriendo aspectos cuantitativos o cualitativos (CEPAL, 2016).

b. Uso, miden la eficiencia en sus áreas operativas y de servicio. Por ejemplo, se suelen medir la productividad y los volúmenes de producción y ventas por turno, línea de producción, planta, día, mes, semana, mes, trimestre y año, así como el desperdicio de la materia prima en las empresas industriales, el número de cajas o kg distribuidos a las tiendas y/o clientes por cierto período, el consumo de combustibles con respecto a la producción, la producción con respecto al número de obreros, la merma en las empresas comerciales, el comportamiento de los elementos del costo, el importe y el número de incidencias de los gastos preventivos y correctivos de los gastos de mantenimiento, entre otros. (CEPAL, 2016).

c. Indicadores ambientales de desempeño, también llamado Índice de Rendimiento Ambiental o EPI por sus siglas en inglés (Environmental Performance Index) fue desarrollado por el Centro de Política y Ley Ambiental de la Universidad de Yale, junto a la Red de Información del Centro Internacional de Ciencias de la Tierra, de la Universidad de Columbia. Es un método que sirve para cuantificar y clasificar numéricamente el desempeño ambiental de las políticas en la materia que un país implementa, describe el compromiso que los países tienen con el mantenimiento y la protección del medio ambiente apegados al cumplimiento de las políticas para mejorar el estado de la situación. Se han publicado cinco informes: 2006, 2008, 2010, 2012 y 2015. En la evaluación del año 2012, con una cobertura de 132 países evaluados, encabezan la clasificación Suiza, Letonia, Noruega y Luxemburgo, Guatemala se ubica en la posición 98 (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial, 2013).

El Índice de Rendimiento Ambiental (EPI), elaborado por las universidades de Yale / Columbia, cubre una amplia gama de parámetros ambientales y ha tenido importantes impactos en las políticas de países como Corea del Sur, Malasia, China, Irlanda, Túnez, etc. El EPI fue precedido por el Índice de Sostenibilidad Ambiental (Environmental Sustainability Index), publicado entre 1999 y 2005. El nuevo índice EPI (año 2012) incluye 132 países y utiliza indicadores orientados hacia resultados, por lo que sirve como índice de comparación, permitiendo así un mejor entendimiento por parte de políticos, científicos, defensores del medio ambiente y público en general. Los cinco países que encabezan la clasificación EPI son: Suiza, Letonia, Noruega, Luxemburgo y Costa Rica. Los cinco países con la clasificación más baja son: Irak, Turkmenistan, Uzbekistan, Kazajistan y Sudáfrica. Este índice ayuda a identificar las prioridades clave de la política ambiental y ofrece el marco para medir el progreso hacia la consecución de los objetivos en un formato comprensible por los responsables de las políticas (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial, 2013).

El EPI se basa en dos objetivos principales de la política ambiental: salud ambiental, que permite las presiones ambientales sobre la salud humana, y vitalidad del ecosistema, que mide la salud de los ecosistemas y la gestión de los recursos naturales (Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial, 2013).

5. **Desechos sólidos** es todo tipo de residuo o desecho que genera el ser humano a partir de su vida diaria. Estos residuos se generan en actividades de producción y consumo que no alcanzan ningún valor económico. Ocupa un mayor porcentaje en el total de desechos debido a que en gran parte de lo que consumimos cotidianamente deja desechos de este tipo y ocupan mayor espacio al no asimilarse al resto de la naturaleza. Los residuos sólidos “son los restos de

actividades humanas, considerados por sus generadores como inútiles, indeseables o desechables, pero que pueden tener utilidad para otras personas (Ruíz, 2014).

a. Tipos de desechos sólidos, estos se clasifican en orgánicos y en inorgánicos. Los primeros pueden ser descompuestos por la acción natural de organismos vivos, mientras que los segundos no. No obstante, hay otras clasificaciones (a) por su naturaleza física: seca o mojada, (b) por su composición química: orgánica e inorgánica, (c) por los riesgos potenciales: peligrosos y no peligrosos. (d) por su origen de generación: domicilios, comerciales, industriales, de escuelas, de mercados (Ruíz, 2014).

1) Orgánicos, los residuos orgánicos son los restos biodegradables de plantas y animales. Incluyen restos de frutas y verduras y procedentes de la poda de plantas. Con poco esfuerzo estos desechos pueden recuperarse y utilizarse para la fabricación de un fertilizante eficaz y beneficioso para el medio ambiente (Ruíz, 2014).

Estos desechos se originan principalmente en hogares y comercios, y de manera secundaria en instituciones y centros industriales. Al ser biodegradables pueden ser procesados en presencia de oxígeno para su compostaje, o en ausencia de oxígeno mediante la digestión anaeróbica. La digestión anaerobia también produce gas metano suponiendo una fuente de bioenergía (Ruíz, 2014).

2) Inorgánicos, los desechos inorgánicos son aquellos que provienen de materiales que son incapaces de descomponerse o que tardan tanto en hacerlo que sería inútil considerarlos como tales. Por ejemplo, los plásticos (unos 1000 años), vidrio y por supuesto los metales. Una colilla de un cigarro se descompone a los 5 años. Se incluye el papel y el cartón. Estos se descompondrán, pero no a la rapidez como lo hace una hoja seca o una cáscara de naranja (Ruíz, 2014).

a) Vidrio, en el proceso de su fabricación se emplean como materias primas: arena (sílice), sosa (carbonato sódico) y caliza (carbonato cálcico). A esto se le añaden otras sustancias, como colorantes, etc. Las materias primas se funden en hornos a temperaturas cercanas a 1500 °C, y el vidrio resultante en estado fluido a 900°C se distribuye en los moldes

que le darán forma. Por último, se somete a un proceso de recocado para darle mayor resistencia (Ruíz, 2014).

b) **Papel y cartón**, el papel se define como una “hoja delgada hecha con pasta de fibras vegetales obtenidas de trapos, madera, paja, etc., molidas, blanqueadas y desleídas en agua, que se hace secar y endureces por procedimientos especiales (Ruíz, 2014).

Desde el siglo XIX en su fabricación se emplea madera y gracias a un proceso químico que consume grandes cantidades de agua, energía y productos químicos, se obtiene la pasta de papel. La materia prima es la madera de árboles, que son descortezados, troceados y en un proceso de digestión se obtiene la pasta. Esta es lavada y blanqueada, y posteriormente se procede a la fabricación de la hoja de papel o cartón. Se utiliza en forma de papel-prensa, envases, embalajes, etc. Su participación en el conjunto de los residuos es elevada debido a su gran consumo por habitante y año (Ruíz, 2014).

El consumo de papel es uno de las mayores fuentes de residuos en el trabajo. Al fomentar el uso de nuevas tecnologías, como también el soporte virtual (no imprimir, leer en el computador) supone un ahorro. El uso de papel libre de cloro y la instalación de contenedores para el reciclaje contribuye a mejorar el entorno (Ruíz, 2014).

c) **Plástico**, se obtiene por la combinación de un polímero o varios, con aditivos y cargas, con el fin de obtener un material con unas propiedades determinadas. Los polímeros son macromoléculas de origen sintético cuya unidad estructural es el monómero. Este, mediante una reacción de polimerización, se repite un número elevado de veces formando la macromolécula. Son compuestos de naturaleza orgánica, y en su composición intervienen fundamentalmente el carbono y el hidrógeno, además de otros elementos en menor proporción, como oxígeno, nitrógeno, cloro, azufre, silicio, fósforo, entre otros (Ruíz, 2014).

Se pueden obtener a partir de recursos naturales, renovables o no, aunque hay que precisar que todos los polímeros comerciales se obtienen a partir del petróleo. Los polímeros son materiales no naturales obtenidos del petróleo por la industria mediante reacciones de síntesis, lo que les hace ser materiales muy resistentes y prácticamente inalterables. Esta última

característica hace que la naturaleza no pueda, por sí misma, hacerlos desaparecer y permanezcan en los vertederos por largos periodos (Ruíz, 2014).

Los plásticos contribuyen de forma reducida en el conjunto de los residuos, un 7% en peso aunque llegan al 20% en volumen. La impresión errónea de ser muy abundantes se debe a su baja densidad, a ser muy resistentes e inalterables, y que al estar moldeados en formas huecas se desplazan con facilidad. Lo que unido a su gran vistosidad los hace omnipresentes. Dentro de los plásticos se encuentran las poliolefinas con un 75%, las de mayor consumo, distribuidas del siguiente modo: un 31% el PEBD, un 28% el PEAD, un 15% el PP. El resto, incluye el PVC (8%), PS (7%), PET (7%) y el 2% restante corresponde a otros plásticos (Ruíz, 2014).

Son materiales muy recientes que se han incorporado a nuestra civilización en la última mitad del Siglo XX. Se utilizan ampliamente en prácticamente todos los sectores industriales por su versatilidad, facilidad de fabricación, bajo coste, resistencia a los factores ambientales, transparencia, entre otros (Ruíz, 2014).

6. Documentos de referencia

a. Acuerdo Gubernativo 229-2014, enmienda 33-2016, en este acuerdo se emitió el reglamento de Salud y Seguridad ocupacional, el cual tiene por objeto regular las condiciones generales de salud y seguridad ocupacional, en la que deben ejecutar sus labores los trabajadores de patronos privados, Estado, municipalidades e instituciones autónomas. Esto con el fin de proteger la vida, salud e integridad de las personas que prestan sus servicios (Acuerdo Gubernativo 229-2014, 2016).

- Artículo 76: Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo deben ser los establecidos en el siguiente Cuadro, considerando las exigencias visuales de la tarea que se desarrolle:

Cuadro 15: Límites permisibles de niveles de iluminación por área de trabajo

Zona de trabajo	Exigencia visual	Nivel mínimo
FÁBRICAS		
Áreas de tránsito y pasillos	Baja	100-150
Tanques y bombas	Baja	100-150
Baños	Baja	100-150
Escaleras y pasamanos	Media	150-200
Sala de calderas y cuartos de control	Media	150-200
Bandas de transportadoras	Media	150-200
Bodegas de almacenaje y centros de distribución	Alta	200-500
Bancos de trabajo y líneas de producción	Alta	200-500
Empaque de productos	Alta	200-500
Áreas de carga	Alta	200-500
Control de calidad	Alta	200-500
Laboratorios	Alta	200-500
OFICINAS		
Escaleras y pasillos	Baja	100-150
Baños	Baja	100-150
Recepción y sala de reuniones	Media	200-500
Bodegas de materiales	Media	200-500
Trabajo de oficinas	Alta	200-500
Redacción	Alta	1,500-2,000
Archivo	Alta	1,500-2,000
BODEGAS Y TALLERES		
Baños	Baja	100-150
Bodegas de almacenaje y centros de distribución	Alta	200-500
Trabajo, inspección y selección de producto	Alta	1,500-2,000
Trabajo mecánico o manual	Alta	1,500-2,000
COMERCIOS		
Pasillos	Baja	100-150
Recepción	Baja	100-150
Baños	Baja	100-150
Elevadores y gradas eléctricas	Media	200-500

Restaurantes y cocinas	Alta	1,500-2,000
HOSPITALES		
Baños	Baja	100-200
Sala de espera y corredores	Media	200-500
Laboratorios	Alta	500-1,000
Cuarto de examinación	Alta	1,500-2,000
Quirófano y sala de operaciones	Alta	1,000-3,000

Fuente: Acuerdo Gubernativo 229-2014 Enmienda 33-2016

- Artículo 88: En los lugares de trabajo cuyo nivel de presión sonora sea superior a los ochenta y cinco decibeles (85 dB) (A) para ruido continuo, para ruidos intermitentes o de impacto; las jornadas de trabajo se ajustarán a las disposiciones siguientes:

Cuadro 16: Niveles de presión sonora y límites de tiempo de exposición permisibles

NPSeq (dB (A) lento)	Tiempo de exposición por día		
	Horas	Minutos	Segundos
85	8,00		
86	6,35		
87	5,04		
88	4,00		
89	3,17		
90	2,52		
91	2,00		
92	1,59		
93	1,26		
94	1,00		
95		47,40	
96		37,80	
97		30,00	
98		23,80	
99		18,90	
100		15,00	
101		11,90	
102		09,40	
103		07,50	
104		05,90	
105		04,70	
106		03,75	

NPSeq (dB (A) lento)	Tiempo de exposición por día		
	Horas	Minutos	Segundos
107		02,97	
108		02,36	
109		01,88	
110		01,49	
111		01,18	
112			56,40
113			44,64
114			35,43
115			29,12
118			14,06
121			07,03
124			03,52
127			01,76
130			00,88
133			00,44
136			00,22
139			00,11
140			00,05

Fuente: Acuerdo Gubernativo 229-2014 Enmienda 33-2016

- Artículo 176: Se debe entender que el trabajador se expone a un lugar de trabajo calurosos, cuando al evaluar su sobre carga térmica se obtiene valores superiores a los índices de la temperatura de globo, seca y bulbo húmedo (TGBH), recomendados y vigentes por La Conferencia Americana Gubernamental de Higiene Industrial de los Estados Unidos, sobre valores límites permisibles.

b. Norma INTECO 2000-09-20

- Niveles de iluminación: Para establecer un valor apropiado de iluminación el diseñador debe estar familiarizado con el diseño interior y con las características de los futuros ocupantes. La reflectancia del fondo del trabajo, de 0 a 100%, es importante en la selección de la iluminación. Además, el diseñador debe poder especificar la edad de los trabajadores y, con el cliente, la importancia de la velocidad y precisión para el desempeño de la tarea. Desde esta información, el diseñador puede determinar los factores de peso apropiados, aplicando el siguiente procedimiento:

Paso 1. Dado que la categoría de iluminación apropiada ha sido seleccionada, determine cada uno de los tres factores de peso (-1,0,+1), para la edad de los trabajadores, la importancia de la velocidad y precisión, y la reflectancia del fondo de trabajo, según se establece a continuación:

Cuadro 17: Factores de peso por categoría para determinación de niveles de iluminación

Para categorías de la Tabla 1a			
Características del trabajo y el trabajador	Factor de peso		
	-1	0	+1
Edad de los trabajadores	Debajo de los 40	40-55	Más de 55
Velocidad y precisión	No importante	Importante	Crítica
Reflectancia del fondo del trabajo	Más del 70 %	30 a 70 %	Menos de 30%

Fuente: Norma INTE 31-08-06-2000

Paso 2. Sume juntos los factores de peso

Paso 3. Si la suma de los tres factores de peso es -2 o -3, use la menor de las tres iluminaciones en el rango, si es +2 o +3, use la más alta; si es -1, 0, +1, use la iluminación del Cuadro siguiente:

Cuadro 18: Límites permisibles de niveles de iluminación para diferentes tareas

Clase de tarea visual	Iluminación sobre el plano de trabajo (lux)	Ejemplos típicos de tareas visuales
Visión ocasional Solamente	100 –150-200	Para permitir movimientos seguros por ejemplo en lugares de poco tránsito; sala de calderas, depósito de materiales toscos y voluminosos, y armarios;
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes	200–300-500	Trabajos toscos, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de inventario, colocación de maquinaria pesada;
Tareas moderadamente críticas y prolongadas, con detalles medianos	500-750-1000	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montajes. Trabajos comunes de oficina, tales como: lectura, escritura, archivo;
Tareas severas y prolongadas, y de poco contraste	1000-1500-2000	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montaje e inspección; pintura extrafina, costura de ropa oscura;
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	2000-3000-5000	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibre, trabajo de molienda fina;
Tareas excepcionales difíciles e importantes	5000-7500-10000	Trabajo fino de relojería y reparación;
	10000-15000- 20000	Casos especiales, como ejemplo: iluminación del lugar de operación en una sala de cirugía.

Fuente: Norma INTE 31-08-06-2000

G. Módulo 7: Análisis financiero de proyecto y propuesta de diseño de planta de manejo de residuos en un complejo comercial

1. Aprovechamiento de los residuos se entiende como el proceso por el que pasa el residuo, para luego ser valorizado y obtener un retorno económico sobre el producto o subproducto utilizable.

La empresa separadora de residuos, del complejo comercial de estudio, aprovecha los residuos que son reciclables, mediante la venta de los mismos. Los residuos que no son reciclables, los desecha al camión municipal. Los residuos orgánicos, se aprovechan internamente en el complejo comercial. Dichos residuos comprenden los aceites vegetales, los desperdicios alimenticios y de jardinería.

A partir de la obtención de residuos orgánicos, el complejo comercial los destina a la producción de compost y de biodiésel. Seguidamente se detalla lo que comprende el aprovechamiento del compost, y del biodiésel.

a. compostaje, proviene de materia orgánica, dicha materia es un componente esencial en el cuidado de los suelos. los residuos orgánicos se reconocen como un recurso de materia orgánica importante y tienen diversos beneficios. sin embargo, cuando estos son enviados a los vertederos municipales, los residuos generan emisiones de gases de efecto invernadero, lo que puede provocar problemas de salud. por esta razón, y por sus beneficios al suelo, es importante convertir este recurso en fertilizante. (environment canada, 2013)

La elaboración del compost se da por un proceso de descomposición. Puede darse de forma natural, o se puede controlar las condiciones para acelerar su descomposición. Se puede elaborar compost desde una caja de madera, o hasta haciendo volúmenes mayores. La eficacia de la descomposición de compost depende de factores como los nutrientes, aireación, agua, microbios, tiempo, temperatura, y tamaño de partículas. (Clean up the world, 2008) Se pueden reciclar los siguientes materiales: pan, café, cáscaras de huevo, ceniza, hojas de té, papel, estiércol, césped, verduras y frutas, etc.

BIODIÉSEL, PROVIENE DE ACEITES O GRASAS DE ORIGEN VEGETAL O ANIMAL. PUEDE SER UTILIZADO COMO COMBUSTIBLE, DE FORMA PURA O MEZCLADO CON DIÉSEL DE PETRÓLEO. SE OBTIENE MEDIANTE UN PROCESO QUÍMICO, LLAMADO TRANSESTERIFICACIÓN. DICHO PROCESO COMBINA LOS ACEITES ORGÁNICOS CON ALCOHOL, MEDIANTE UNA ALTERACIÓN QUÍMICA, EN LA QUE FORMAR ÉSTER ETÍLICO O METÍLICO. (CASTRO, 2007)

La calidad del aceite depende de ciertos factores, aunque los mismos no determinan un aceite ideal. En el aspecto técnico, se recomienda que el aceite tenga bajo contenido de ácido grasos libres, bajo contenido de gomas y fosfolípidos, bajo contenido de agua, bajo contenido de fósforo, y bajo índice de yodo. (Castro, 2007)

Para la producción de biodiésel, primero se debe realizar una refinación parcial o pretratamiento, para disminuir las grandes cantidades de ácidos grasos libres, gomas, humedad, y otras impurezas. El proceso de transesterificación de los triglicéridos puede ser realizada mediante procesos catalíticos. Luego de la transesterificación y separación en dos fases, biodiésel y glicerol, se realiza un postratamiento para eliminar las impurezas residuales. Sus partículas se someten a altas temperaturas, luego son lavados para eliminar residuos de jabones. Finalmente, se seca para filtrarlo y separar el agua restante. (Castro, 2007)

El biodiésel contiene propiedades físicas y químicas similares a las del diésel, por lo que puede ser utilizado para los mismos equipos o motores que el diésel, con poca o ninguna modificación. (Castro, 2007)

Estos residuos son de gran importancia para el análisis presente, debido a la gran cantidad de residuos de este tipo que se generan actualmente en el complejo comercial. Además, es importante mencionar que actualmente la Universidad Del Valle de Guatemala procesa los aceites generados por el complejo comercial, y los transforma en biodiésel. Sin embargo, una de las alternativas de estudio, es la posible independización de la transformación del biodiésel, y posible comercialización del mismo.

2. **Seguridad industrial** consiste en la prevención, eliminación y control de riesgos de seguridad en el sitio de trabajo, provocados por condiciones inseguras o actos inseguros, con el objeto de evitar que se produzcan riesgos de accidentes de trabajo. (INTECAP, 2010)

a. **Peligros**, se define como “la propiedad de una sustancia o situación con el potencial de crear daño”. (INTECAP, 2010)

Entre los peligros identificados en la planta de manejo de residuos sólidos del complejo comercial, se encuentran los siguientes:

- **Ergonómicos**: estos se presentan al realizar sobre-esfuerzos, tales como el levantamiento de cargas sobre el nivel aceptable para el ser humano, y por el empuje o arrastre de cargas sobre el nivel aceptable para el ser humano.
- **Por caídas**: estos pueden presentarse al mismo nivel, o a distinto nivel, por causas tales como derrames de líquidos, poca visibilidad, objetos mal estibados, entre otros.
- **Químicos**: estos pueden darse por el contacto con sustancias químicas, por la vía del sistema integumentario (piel), sistema respiratorio, y sistema gastrointestinal.
- **Por diseño de la estación de trabajo**: estos pueden darse por el nivel de luminiscencia de la estación de trabajo, por el ruido y estrés térmico al que estén expuestos los trabajadores. Esto repercute directamente en la productividad y salud de los trabajadores.
- **Criogénicos**: estos se presentan al tener contacto con líquidos o gases comprimidos, los cuales están a bajas temperaturas, provocando peligros tales como la asfixia, frío extremo, y toxicidad.
- **Por atrapamiento**: estos pueden darse al tener contacto con zonas de convergencia en maquinarias, es por esto que el área de la estación de trabajo de máquinas deberá estar debidamente delimitada, y protegidas con guardas ante cualquier posible atrapamiento.

b. **Análisis de riesgos**, una matriz de riesgos es una metodología que ayuda a identificar, priorizar y gestionar riesgos claves en un programa. Aplicaciones comunes para la matriz de riesgos es analizar riesgos de procesos. (INTECAP). 2010)

3. Planeación de instalaciones

a. **Diagrama de recorridos**, muestra el plan ilustrado del flujo de trabajo. Estos diagramas son útiles para desarrollar un nuevo método. Sirve para visualizar las áreas potenciales de almacenamiento, las estaciones de inspección, y los puntos de trabajo. Se debe

bosquejar las líneas de flujo que indican el movimiento del material de una actividad a otra, sobre el diagrama de las áreas de la planta involucradas. (Niebel, 2008)

b. Especificación de una estación de trabajo, el espacio de la estación de trabajo consiste en el equipo, el desplazamiento de máquinas, el mantenimiento de máquinas, y los servicios en la planta. El área de personal para una estación de trabajo considera al operario, el manejo de materiales, y la entrada y salida del operario. (Tompkins, 2014)

4. Ingeniería financiera

a. Período de recuperación, añadir los flujos de efectivo esperados de cada año hasta que se recupere el monto inicialmente invertido en el proyecto. (Blanck, 2005)

b. Valor presente neto (VPN), usa las técnicas del flujo de efectivo descontado. Se debe determinar el valor presente de todos los flujos futuros de efectivo que se espera que genere un proyecto, y luego sustraer la inversión inicial. (Blanck, 2005)

3. Módulo 8: Estudio de procesos, logística, y gestión de proyecto sobre el manejo integral de residuos en un complejo comercial

1. Generalidades de los desechos

a. Tipos de desechos, según su uso

1) Orgánicos, es todo desecho de origen biológico, que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cáscaras y semillas de frutas, huesos y sobras de animales, etc.

a) Desperdicios alimenticios, actualmente, la cantidad de desperdicios alimenticios es increíblemente elevada. La gran mayoría de los mismos, son descartados completamente. Por ello, es importante estudiar lo que son, y las medidas que se pueden tomar para aprovecharlos.

En la siguiente sección sobre aprovechamiento de los desechos, se discutirá la forma más apropiada para utilizar estos desechos.

b) Aceites, según (Castro, 2007), la forma correcta de desechar el aceite es almacenarlo en una botella, taparla y enviarla a la basura con el resto de residuos no reciclables. De esta forma se evitará que el aceite pare en una quebrada o en el suelo. Desechar de forma incorrecta el aceite puede generar un impacto ambiental grande.

2) Inorgánicos es todo desecho de origen no biológico, es decir, de origen industrial o algún otro proceso no natural, por ejemplo: plástico, telas sintéticas, etc.

a) Reutilizables, los desechos reutilizables son aquellos que pueden ser transformados en otro producto, reincorporándose al ciclo económico y con valor comercial.

Seguidamente, se detallan ciertos desechos inorgánicos, que son reutilizables, y comúnmente comercializados. Cabe mencionar que, si bien existen diversos tipos de desechos, acá se mencionan algunos que son comerciales:

1) Plásticos, según (Say, 1989), el plástico tiene muchas clasificaciones y presentaciones de diferentes tipos, por lo que es necesario estar muy bien informado para realizar efectivamente el proceso de su separación y reciclaje. La mayoría de las botellas de plástico, está marcado con símbolos, números o códigos que indican la clasificación a la que pertenece.

El plástico está hecho con uno de los recursos naturales más valiosos de la tierra: el petróleo. Para la fabricación de productos plásticos se parte del petróleo bruto, que al ser refinado da plásticos y carburantes. Además, los plásticos de constitución muy próxima a la de los carburantes, tienen un poder calorífico muy elevado, por lo que sus desechos pueden convertirse en combustibles de alta calidad, y esto puede ocasionar graves riesgos ambientales debido a la síntesis de dioxinas y otras sustancias peligrosas que pueden emitirse a la atmósfera. Debido a todo esto, los plásticos deberían ser reciclados al máximo.

2) Chatarra y metales, en los hogares se encuentran en las tuberías, el cobre en los cables eléctricos, el estaño en las soldaduras y el aluminio en las ventanas y en los utensilios que se emplean en la cocina. Latas de aluminio y de acero: normalmente pueden ser recicladas para elaborar nuevas latas, sin perder la calidad del material. Latas con sustancias tóxicas, por ejemplo, pintura.

3) Papeles, de acuerdo con (Say, 1989), se hace a partir de los árboles, y éstos son una parte vital de nuestro medio ambiente, y desde luego, no se merecen el destino que les estamos dando. Los árboles y los bosques protegen la frágil capa de suelo y mantienen el equilibrio adecuado de la atmósfera para todas las formas de vida.

4) Vidrios, cuentan entre sus materias primas con sílice, alcaloides y estabilizantes como la cal. Suelen ser reciclables eternamente. La mayor parte de los vidrios se desecha de los hogares en forma de botellas de bebidas y envases de alimentos, y cristales de ventanas. Por lo general, no son reciclables: focos, tubos de luz, lámparas, espejos, lentes, tazas, macetas y otros objetos de cerámica.

b) No reutilizables, existen compuestos o tipos de residuos para los que no existe tecnología de reciclaje. Los materiales no reciclables causan un impacto negativo en el medio ambiente ya que su descomposición es muy lenta llegando a tardar décadas en su degradación.

i) Bioinfecciosos, según (Flores, 2008), los desechos bioinfecciosos son los desechos que contienen agentes microbiológicos con capacidad de causar infección y efectos nocivos a los seres vivos y el ambiente; resultan de su contacto con fluidos de pacientes y animales; se originan durante las diferentes actividades de atención a la salud humana y animal, procedimientos de diagnóstico de tratamiento e investigación y que tienen alta posibilidad de acceder a un individuo a través de una puerta de entrada.

ii) Obsoletos, os desechos que no sean aprovechados para la reutilización, el reciclaje, el compostaje, o la generación de biodiésel, son los denominados obsoletos.

De acuerdo con (Rodríguez, 2012), la disposición final es la última etapa del manejo integral de los residuos sólidos y está íntimamente relacionada con la preservación del ambiente, así como de la salud de la población, por lo que se debe tratar y controlar mediante un sistema adecuado que minimice los impactos negativos hacia el entorno ecológico y que preserve los espacios para otros usos de forma racional, por lo que al sitio de disposición final deberán de llegar solo los materiales que no tienen otras posibilidades de ser aprovechados en el reúso, reciclaje y compostaje. Relleno sanitario como su disposición final.

Si bien los rellenos sanitarios tienen la gran desventaja de generación de gases, estos presentan las siguientes ventajas, según (idem), de las cuales cabe resaltar:

- Resuelve de manera ambiental el problema de la disposición final de los residuos sólidos municipales.
- Fomenta la participación de la comunidad en la solución integral de sus problemas sanitarios y ambientales.
- Contribuye al desarrollo socioeconómico de la localidad, mediante la generación de empleos.
- Contribuye a mejorar la salud y el ecosistema, mediante la creación de áreas verdes para la recreación, mejoramiento del paisaje y la calidad ambiental.

b. Aprovechamiento de los desechos según (Rodríguez, 2012), de acuerdo a la Política para la Gestión de Residuos Integral de los Residuos Sólidos, el aprovechamiento se entiende como el conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el procesamiento tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable.

1) Compostaje, según (Clean up the world, 2008), la elaboración de compost supone la transformación de material orgánico, a través de un proceso de descomposición en un material parecido a la tierra que se llama compost. La elaboración de compost es una forma de reciclaje que tiene lugar continuamente en la naturaleza. Los sistemas de elaboración de compost pueden contener el material orgánico y controlar las condiciones para acelerar su descomposición.

Se puede empezar a elaborar compost simplemente en un contenedor o una caja de madera sin fondo, con ladrillos o madera, o haciendo un montón. La eficacia de la descomposición de un montón de compost depende de factores como los nutrientes, aireación, agua, microbios, tiempo y temperatura.

Los invertebrados (insectos y lombrices de tierra) y microorganismos (bacterias y hongos) convierten el material en compost. Se pueden reciclar los siguientes materiales: pan, posos de café, cáscara de huevo, restos de frutas y verduras, césped cortado, hojas, estiércol, papel, serrín, algas, paja, hojas de té, hierbajos y ceniza.

2) Biodiésel, según (Castro, 2007), el biodiésel es un combustible renovable derivado de aceites o grasas de origen vegetal o animal. El prefijo bio hace referencia a su naturaleza renovable y biológica en contraste con el combustible diésel tradicional derivado del petróleo; mientras que diésel se refiere a su uso en motores de este tipo. Como combustible, el biodiésel puede ser usado en forma pura o mezclado con diésel de petróleo.

De acuerdo con (idem), el National Biodiésel Board (la asociación de productores norteamericanos de biodiésel) lo define como un combustible compuesto de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites o grasas, vegetales o animales. Este biocombustible se obtiene mediante un proceso químico llamado transesterificación, en el cual los aceites orgánicos son combinados con un alcohol y alterados químicamente para formar un éster etílico o metílico, el cual recibe finalmente el nombre de biodiésel. Estas moléculas resultantes están compuestas por un ácido graso de cadena larga y un alcohol.

2. Optimización de procesos

ANÁLISIS DE OPERACIONES, es el procedimiento para poder analizar todos los elementos de un proceso. inicialmente, se debe recopilar toda la información de la operación. esto incluye duraciones, transportes, distancias, inspecciones, etc. esta información se debe presentar mediante un diagrama de operaciones. aquí, se debe analizar una serie de preguntas que incluyen; ¿qué es?, ¿por qué se necesita?, ¿cómo se realiza?, ¿dónde? y ¿cuándo? estas preguntas pueden ser guías para determinar si la operación se puede aceptar, eliminar, cambiar o combinar. (retana y aguilar, 2013)

El análisis de operación incluye diez enfoques principales.

- Finalidad de la operación: Conocer el propósito de la actividad para determinar si hay una mejor manera para obtener los mismos resultados.
- Diseño de la pieza: Revisar los diseños utilizados para la posible mejora o reducción de costos al reducir el número de partes o número de operaciones, utilizar distintos materiales, ampliar tolerancias o realizar nuevos diseños.
- Tolerancias y especificaciones: Asegurarse que las tolerancias y especificaciones no sean más rígidas de lo necesario para el nivel de calidad deseado.
- Material: Considerar el uso de materiales correctos y menos costosos de comprar o procesar. Al mismo tiempo, asegurarse que los materiales seleccionados sean comprados del mejor proveedor en el punto de vista de calidad, precio y confiabilidad.
- Procesos de manufactura: Realizar una investigación para analizar el cambio de una operación, la mecanización de operaciones manuales, la utilización de mejores máquinas o herramientas, y el uso eficiente de dispositivos mecánicos.
- Preparación y herramental: Considerar el peso económico de las herramientas tomando en cuenta la cantidad de piezas a producir, la mano de obra necesaria y el tiempo de trabajo.
- Condiciones de trabajo: Mantener buenas condiciones de trabajo para asegurar una producción óptima como alumbrado apto, control de temperatura, control de ruido, orden y limpieza, equipo de protección, etc.
- Manejo de materiales: Considerar el lugar, cantidad, tiempo de traslado, tiempo de almacenamiento y espacio de almacenamiento para minimizar los mismos y con esto disminuir costos.
- Distribución del equipo en la planta: Distribuir la planta de tal forma que se minimicen los costos con bajos inventarios, movimientos y tiempos. La distribución puede ser por línea, por producto o por proceso.
- Principios de la economía de movimientos: Utilizar un análisis de los therbligs, del área de trabajo y de las herramientas utilizadas para minimizar movimientos innecesarios de los operarios. (Alfaro, 2013)

SISTEMAS Y PROCESOS

- ¿Qué es un POE? (Proceso de Operación Estándar)
Para poder garantizar la uniformidad y consistencia en las características de los productos o procesos realizados en una empresa es necesario el adecuado ordenamiento del personal,

a partir de los cuales se detallan funciones y responsabilidades. Esto se realiza a través de los POEs, que hacen referencia a los procedimientos de operación estándar. Los POEs están en escritos de forma que se describa y explique como realizar una tarea para lograr un fin específico de la manera más óptima.

Entre los beneficios de aplicar esta técnica se encuentran:

- Disminución en la variabilidad del proceso
 - Orden y disciplina
 - Clarificación en quién realiza el proceso, que hace y como lo hace
 - Facilitar la capacitación del personal. (Biblioteca digital, 2017)
- **Análisis crítico de procesos**
El análisis crítico de procesos hace referencia a la extracción de todos los factores relacionados con cualquier proceso. Entre estos se debe preguntar, cuando se refiere a un proceso, el qué, el cómo, el quién, el por qué para entender el proceso de forma total.
 - **Diagrama de recorrido**
El diagrama de recorrido es una representación objetiva de la distribución existente de las áreas a considerar en la planta y en donde se marcan las líneas de flujo de los procesos realizados que indiquen el movimiento de material, equipo o trabajadores de una actividad a otra. (Ramírez, 2013)

Entre los pasos para elaborar un diagrama de recorrido se pueden mencionar:

- Preparación de plantillas del área a analizar
- Identificación de cada fase del proceso
- Elaborar plano a escala donde se muestre toda el área a analizar o los departamentos donde vaya a transcurrir el material
- Localizar las actividades en los puntos donde se efectúan.
- Indicar el flujo o la trayectoria del diagrama
- Medir y anotar las distancias que se tienen que recorrer. (Ramírez, 2013)

DOCUMENTACIÓN DE PROCESOS, según (lucidchart, 2017), una documentación de procesos resume los pasos necesarios para completar una tarea o proceso. el porqué de la documentación de procesos yace en que este es un mapa de ruta de una organización. además, ayuda a identificar el estado actual de un proceso con el fin de mejorarlo.

Todo proceso que se realice con frecuencia y más de una vez debería ser documentado ya que al hacer esto se brinda uniformidad a la realización de los procesos y permite monitorear y supervisar los procesos en marcha. (Lucidchart, 2017)

Entre los beneficios de la documentación de procesos se puede mencionar la eliminación de errores, reducción de tiempos empleados en tareas, disminución de costos y reducción de recursos asociados al proceso. Por otra parte, también se puede mejorar la eficiencia, mejorar la calidad en general y aumentar la satisfacción del cliente y del empleado. (Lucidchart, 2017)

ESTUDIO DE TIEMPOS, es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida (o un grupo de tareas), efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea. (ingeniería industrial online, 2016)

ESTÁNDARES DE TIEMPOS, se define como el tiempo que puede llevar la realización de una tarea por una persona capacitada con actividad normal, tomando en cuenta tolerancias y retrasos fuera del control del trabajador. esto se puede lograr con técnicas directas como cronometraje y muestreo, o técnicas indirectas como datos estándar, tiempos predeterminados o estimaciones. (moori, 2016)

3. Logística

a. ¿Qué es la logística?, para poder definir lo que implica el término logística, es necesario definir lo que es el término cadena de suministro. Según el Consejo de Profesionales de la Gerencia de Cadena de Suministro: “La gerencia de cadena de suministro abarca la planificación y la administración de todas las actividades involucradas en el financiamiento y las adquisiciones...y todas las actividades de administración logística. En gran medida, incluye también la coordinación y colaboración con los socios del sistema; estos pueden ser proveedores, intermediarios, proveedores terceristas, y clientes. En esencia, la gerencia de la cadena de suministro integra la oferta y la demanda adentro y a través de las compañías.” En otra palabras más concretas, se puede entender por cadena suministro como una sucesión de procesos que engloba los procesos de negocio, los trabajadores, los proveedores, tecnología , la infraestructura física que permite la transformación de materias primas en productos o

servicios intermedios o finales que son distribuidos al consumidor para satisfacer su demanda. (US AID, 2011)

Por otra parte, el consejo anterior define logística de la siguiente manera: “[La] parte de la gerencia de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla los flujos de distribución –ya sea hacia el cliente o hacia el proveedor- para que sean eficientes y eficaces, así como el almacenamiento de productos, los servicios y la información relacionada entre el punto de partida y el punto de consumo, todo esto a fin de responder a las exigencias de los clientes. La gerencia logística cumple con una función integrada que coordina y optimiza todas las actividades logísticas, y que también integra las actividades logísticas en otras funciones, como es el caso del mercadeo, las ventas, la fabricación, las finanzas y la tecnología de la información.” -CPGCS 2011 (US AID, 2011)

En otras palabras, se puede considerar que las actividades logísticas son el agente operativo dentro de la cadena de suministro.

¿Por qué es importante la logística?

- La logística incrementa el impacto del programa: La disponibilidad tanto de herramientas como de los materiales necesarios para llevar a cabo cada uno de los proyectos permitirá la concreción de los objetivos de forma total, y no de forma parcial en caso de que falte algo. (US AID, 2011)
- La logística mejora la calidad del servicio: En este caso, al tener un sistema logístico eficiente se provee de insumos de la mejor calidad, agregándole valor al producto final. Por otra parte, poseer productos de buena calidad, incrementa la motivación y ánimo de los voluntarios. (US AID, 2011)
- La logística aumenta la eficacia y eficiencia de los costos: Una cadena de suministro eficiente contribuye al mejoramiento de la eficacia de los costos en todas las áreas de un programa. El fortalecimiento de un sistema logístico tiene tres ventajas: 1) Reduce las pérdidas debido a sobreabastecimiento, desechos, vencimientos, daños, hurto e ineficiencia; 2) Protege las inversiones de otros grandes proyectos 3) Maximiza el potencial de recuperación de costos. (US AID, 2011)

b. El sistema logístico, las expectativas de los clientes definen el propósito de un sistema logístico. Un sistema logístico se trata de garantizar que los productos correctos, en

cantidades correctas y en las condiciones correctas sean entregados en el lugar correcto, en el momento correcto y por el costo correcto. En logística, al enunciado anterior de le llaman Los seis correctos de la logística. (US AID, 2011)

c. Modelo del agente viajero, un agente viajero tiene que viajar a n ciudades (los nodos del grafo), el costo de viajar (o la distancia) de la ciudad i a la ciudad j es c_{ij} , siempre y cuando i y j no sean iguales para toda n. Además de iniciar en una ciudad, debe visitar cada una de las demás ciudades exactamente una vez en cierto orden y regresar al nodo inicial. El objetivo del modelo se basa en pasar por todos los puntos de un grafo y regresar al nodo inicial. (Balderrama, 2013)

4. Estadística

a. Prueba de hipótesis – Media poblacional: σ desconocida, esta prueba de hipótesis corresponde a la situación en que desviación estándar poblacional se desconoce, por lo que se procede a utilizar media y desviación estándar muestral (X, s). A diferencia de la prueba cuando σ es conocido y se asume una distribución normal, en este caso se debe emplear una distribución de muestreo t para el estadístico de prueba.

Figura 30: Estadístico de prueba en pruebas de hipótesis con desviación estándar poblacional desconocida

ESTADÍSTICO DE PRUEBA EN LAS PRUEBAS DE HIPÓTESIS PARA LA MEDIA POBLACIONAL: σ DESCONOCIDA

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$$

Figura 31: Resumen de tipos de pruebas de hipótesis para desviación estándar desconocida

	Prueba de cola inferior	Prueba de cola superior	Prueba de dos colas
Hipótesis	$H_0: \mu \geq \mu_0$ $H_a: \mu < \mu_0$	$H_0: \mu \leq \mu_0$ $H_a: \mu > \mu_0$	$H_0: \mu = \mu_0$ $H_a: \mu \neq \mu_0$
Estadístico de prueba	$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$	$z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$	$z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$
Regla de rechazo: método del valor-p	Rechazar H_0 si el valor-p $\leq \alpha$	Rechazar H_0 si el valor-p $\leq \alpha$	Rechazar H_0 si el valor-p $\leq \alpha$
Regla de rechazo: método del valor crítico	Rechazar H_0 si $t \leq -t_\alpha$	Rechazar H_0 si $t \geq t_\alpha$	Rechazar H_0 si $t \leq -t_{\alpha/2}$ o si $t \geq t_{\alpha/2}$

(Anderson, 2012)

5. Gestión de proyectos

a. Instituto de Gestión de Proyectos, Proyectos (PMI por sus siglas en inglés) es una organización internacional sin fines de lucro que se dedica al estudio y promoción de la dirección de proyectos. Esta institución pretende establecer un conjunto de directrices que dirijan la dirección y gestión de proyectos empíricamente basado en lo que la práctica ha demostrado que es más efectivo. El instituto describe los fundamentos a través de un texto llamado PMBOK en el queda plasmado el método de PMI. (PMI, 2013)

b. Definición del proyecto, es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza de un proyecto implica que un proyecto tiene un principio y final definido. El final de los proyectos puede llegar por distintas vías, ya sea porque se cumplieron todos los objetivos del mismo, porque sus objetivos no se cumplirán o porque no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad por la que nació el proyecto. Asimismo, se puede poner fin a un proyecto si el cliente⁴ así lo desea. (PMI, 2013)

c. Dirección de proyecto, es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para cumplir con los requisitos de un proyecto. La dirección de proyectos se logra a través de la aplicación de procesos de forma lógica según grupos de proceso y áreas de conocimiento. De forma general se puede mencionar que los grupos de procesos hacen referencia a un ciclo de mejora continua empleada en los procesos de la metodología. (PMI, 2013)

Generalmente, dirigir un proyecto conlleva otras acciones como la identificación de requisitos, tomar en cuenta las necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados, gestión de los interesados para cumplir con los requisitos y entregables del proyecto, equilibrar las restricciones del proyecto como el alcance, calidad, cronograma, presupuesto, recursos y riesgos. (PMI, 2013)

d. Ciclo de vida del proyecto, es la serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su fin. Las fases de un proyecto son generalmente secuenciales y se pueden dividir por objetivos funcionales o parciales, entregables, hitos específicos, entre otros.

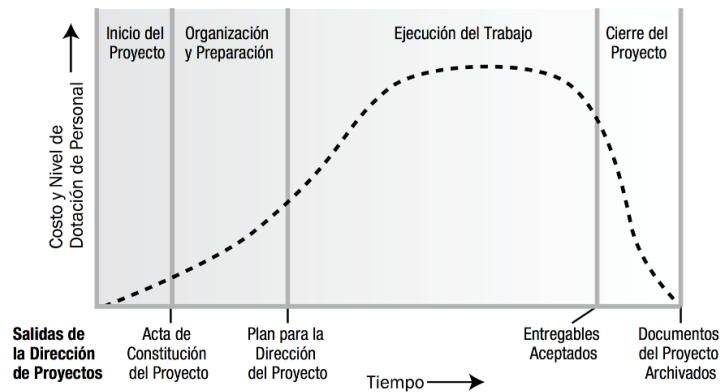
⁴ El cliente en este contexto puede ser considerado como patrocinador. El patrocinador es aquella persona o grupo de personas externas o internas que proveen de recursos y apoyo para el proyecto y que es responsable de facilitar su éxito. Por otra parte el cliente se puede definir como el usuario del producto final de la realización del proyecto.

El ciclo de vida de un proyecto da visibilidad del marco general para dirigir el proyecto, independientemente del trabajo específico involucrado. (PMI, 2013)

Entre las características del ciclo de vida de un proyecto se debe mencionar que estos varían en tamaño y complejidad. Todos los proyectos pueden configurarse dentro de la estructura general del ciclo de vida de un proyecto. Esta estructura es el inicio del proyecto, organización y participación, ejecución de trabajo y cierre de proyecto. (PMI, 2013)

Es importante mencionar, que aunque la estructura general de procesos sea muy similar a los grupos de procesos mencionados anteriormente, es diferente ya que estos hacen referencia del inicio al fin del proyecto y no se iteran como es el caso de los grupos de procesos. En la siguiente figura se puede observar la estructura general de un proyecto. (PMI, 2013)

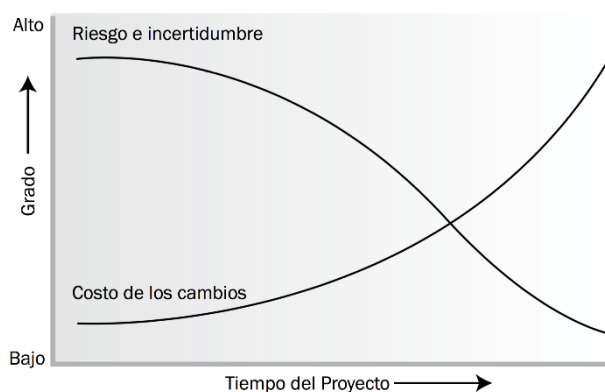
Figura 32: Niveles típicos de costo y dotación de personal en una estructura genérica del ciclo de vida de un proyecto



(PMI, 2013)

En la Figura 32 se puede observar que al inicio del proyecto los costos y nivel de dotación de personal son bajos y a medida que avanza el proyecto estos van avanzando. A pesar de que esta curva no es exacta ni aplicable a todos los proyectos, da visibilidad del comportamiento general de estas variables de los proyectos en general. (PMI, 2013)

Figura 33: Impacto de las variables en función del tiempo del proyecto



(PMI, 2013)

En la Figura 33 se puede apreciar lo mencionado en el párrafo anterior, ya que yendo de la mano, los riesgos e incertidumbre del proyecto son menores y mayores al inicio del proyecto, respectivamente. En otras palabras, realizar un cambio sustancial al finalizar el proyecto es mucho más costoso que realizar dicho cambio desde la planeación, por ejemplo. (PMI, 2013)

Con respecto a las fases de un proyecto, se debe mencionar que es innumerable la cantidad de fases en la que se puede dividir. Una fase del proyecto se puede definir como un conjunto de actividades del proyecto, relacionadas de manera lógica que culmina con la finalización de uno o más entregables. (PMI, 2013)

Existen tipos de relaciones con respecto a fases que se pueden aplicar según el tipo de proyecto. Entre estas se pueden mencionar la relación secuencial y la relación de superposición. La relación secuencial es aquella en la que una fase solo inicia cuando haya finalizado la anterior. Mientras que la relación de superposición es aquella en la que se le puede dar inicio a una fase sin que haya finalizado la anterior. (PMI, 2013)

Por otra parte, se debe mencionar que existen tipos de ciclos de vida en un proyecto. Estos son:

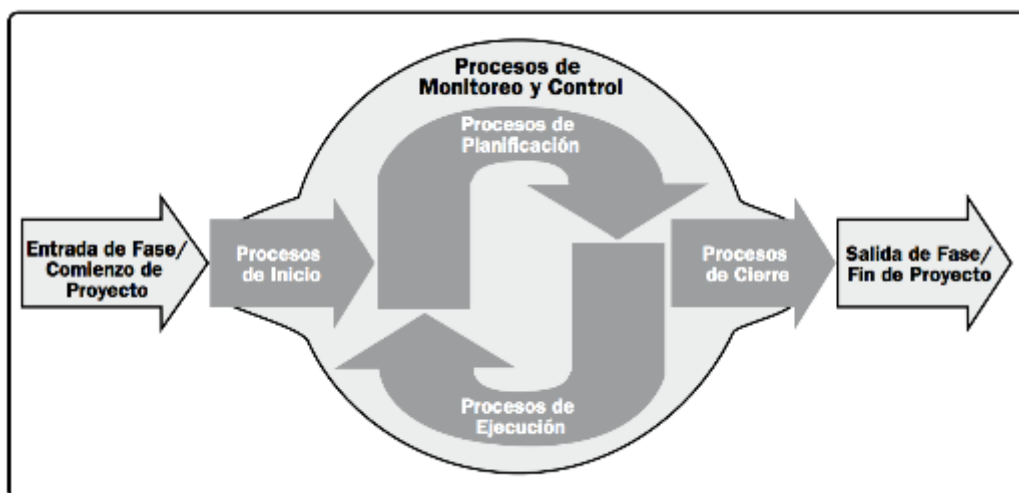
- Ciclos de vida predictivos: Estos ciclos van totalmente orientados a un plan, donde el alcance del proyecto, el tiempo y costos requeridos para lograr dicho alcance se definen cuanto antes posible en el ciclo de vida del proyecto. (PMI, 2013)

- Ciclos de vida iterativos e incrementales: Los ciclos de vida iterativos e incrementales son aquellos en los que, dentro de la fase de un proyecto, se repite de manera intencionada una o más actividades del proyecto. Las iteraciones desarrollan el producto a través de ciclos repetitivos y a través de estos se va añadiendo funcionalidad al producto. Durante una iteración se generan las actividades de todos los grupos de procesos de la dirección de proyectos. Al final de cada iteración se obtiene uno o varios entregables. En las futuras iteraciones se pueden generar dichos entregables o generar nuevos. Cada iteración construye los entregables con incremento gradual, dando la opción de brindar retroalimentación de parte del equipo del proyecto. (PMI, 2013)
- Ciclos de vida adaptativos: Estos ciclos pretenden responder a altos niveles de cambio y a la participación continua de los interesados. Estos ciclos de vida también son iterativos e incrementales pero su diferencia yace en que las iteraciones son mucho más rápidas y que incluyen la duración y los costos. Generalmente se opta por métodos adaptativos cuando es difícil definir el alcance desde el inicio y cuando es posible definir pequeñas mejoras graduales que aportarán valor a los interesados. (PMI, 2013)

e. Grupos de proceso en un proyecto, los grupos de procesos de la dirección de proyectos se presentan con una interfaz bien definida y con elementos que marcan la diferencia entre ellos. Sin embargo, es necesario mencionar que estos se interponen y que pueden actuar unos sobre otros de muchas maneras. (PMI, 2013)

La naturaleza integradora de la dirección de proyectos requiere el grupo de procesos de Monitoreo y Control sucedan mientras se inician, planifican, ejecutan y cierran las actividades de un proyecto. Esto se debe a que no siempre la ejecución muestra los resultados esperados, lo que consecuentemente sugiere planificar nuevamente para llegar a dichos resultados. (PMI, 2013)

Figura 34: Grupos de procesos de la dirección de proyectos



(PMI, 2013)

Como se puede observar en la Figura 34, por lo mencionado anteriormente, este grupo de procesos se considera como uno de fondo para el resto de grupos de procesos. (PMI, 2013)

A continuación se detalla cada uno de los grupos de proceso:

- **Inicio:** El grupo de procesos de inicio está compuesto por aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o fase de uno ya existente al obtener una autorización. Dentro de lo que se aborda en el grupo de procesos de inicio se debe mencionar que se define el alcance inicial y se mencionan los recursos financieros iniciales. Por otra parte, también se definen e identifican a los interesados internos y externos que van a participar y tener alguna influencia en el resultado final del proyecto. (PMI, 2013)
- **Planificación:** El grupo de procesos de planificación está compuesto por aquellos procesos realizados para definir el alcance total del proyecto, definir y refinar los objetivos y desarrollar una línea de acción para lograr alcanzar dichos objetivos. En este caso se realizan las planificaciones por área de conocimiento. (PMI, 2013)
- **Ejecución:** El grupo de procesos de la ejecución está compuesto por aquellos procesos necesarios para llevar a cabo lo establecido en el grupo de procesos de la planificación. Es importante mencionar que este grupo de procesos implica coordinar personas y recursos,

gestionar las expectativas de los interesados, así como integrar y realizar las actividades del proyecto según lo planificado para la dirección del mismo. (PMI, 2013)

- Seguimiento y control: Este grupo de procesos, como se mencionó anteriormente, es el fondo de los demás grupos de procesos. Está compuesto por aquellos procesos requeridos para rastrear, analizar y dirigir el progreso y desempeño del proyecto. Esto es de utilidad para identificar áreas de mejora, o en otras palabras, áreas en las que sea requerido un cambio para iniciar con los cambios correspondientes.
- Cabe mencionar que en este grupo de proceso se debe cumplir con el control de cambios y recomendar acciones correctivas o preventivas para anticipar posibles dificultades. También se debe monitorear las actividades del proyecto, comparándolas con el plan para la dirección de proyecto y comparándola con las líneas bases para medir el desempeño del proyecto. Por último, se debe llevar un sistema de solicitud de cambio para asegurar que solo se realicen los cambios que han sido aprobados
- Cierre: El grupo de procesos de cierre está compuesto por aquellos procesos realizados para darle fin a todas las actividades de todos los grupos de procesos con la finalidad de completar formalmente un proyecto, una fase del mismo u otras obligaciones contractuales. En este grupo de procesos se deben mencionar las lecciones aprendidas, oportunidades de mejora, finiquitos a contratistas (dependiendo del proyecto), así como un acta de cierre. (PMI, 2013)

f. Áreas de conocimiento en la gestión de proyectos, un área de conocimiento representa un conjunto completo de conceptos, términos y actividades que conforman un ámbito profesional, un ámbito de la dirección de proyectos o un área de especialización. Estas áreas de conocimiento son utilizadas en la mayoría de proyectos ya que abarcan todos los factores relacionados para el desarrollo apropiado. (PMI, 2013)

Es importante mencionar que la importancia de las áreas de conocimiento yace en la sinergia que debe existir con los grupos de procesos. Por esta razón se genera una matriz entre grupos de procesos y áreas de conocimiento, como se puede observar en el Cuadro 19. (PMI, 2013)

Cuadro 19: Relación entre áreas de conocimiento y grupos de proceso en la dirección de proyectos

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto	4.4 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.5 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.6 Cerrar Proyecto o Fase
5. Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6. Gestión del Tiempo del Proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar los Recursos de las Actividades 6.5 Estimar la Duración de las Actividades 6.6 Desarrollar el Cronograma		6.7 Controlar el Cronograma	
7. Gestión de los Costes del Proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Realizar el Aseguramiento de Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
9. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de los Recursos Humanos	9.2 Adquirir el Equipo del Proyecto 9.3 Desarrollar el Equipo del Proyecto 9.4 Dirigir el Equipo del Proyecto		
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Controlar las Comunicaciones	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos		11.6 Controlar los Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	12.4 Cerrar las Adquisiciones
13. Gestión de los Interesados del Proyecto	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar la Gestión de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Controlar la Participación de los Interesados	

(PMI, 2013)

A continuación se detalla lo que conlleva la gestión de cada una de las áreas de conocimiento.

a. Gestión de la integración del proyecto : Para llevar cabo la gestión de la integración del proyecto se debe realizar el acta de constitución, el plan para la dirección del

proyecto, dirigir y gestionar el trabajo del proyecto, monitorear y controlar el trabajo del proyecto, realizar el control integrado de cambios y cerrar el proyecto o fase. (PMI, 2013)

1) Desarrollo del acta de constitución, consiste en desarrollar un documento que autoriza formalmente el inicio del proyecto incluyendo una breve descripción y justificación del producto o servicio. Este incluye información general del proyecto incluyendo las necesidades del proyecto, supuestos, restricciones, requerimientos de alto nivel, hitos principales, presupuesto general, lista de interesados, requerimientos de aprobación, entre otros. (PMI, 2013)

2) Plan para la dirección del proyecto, define las reglas de juego en la planificación que se llevará a cabo en cada área de conocimiento. (PMI, 2013)

3) Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto, este proceso se basa en liderar y llevar a cabo el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto e implementar los cambios aprobados para alcanzar los objetivos del proyecto. (PMI, 2013)

4) Monitorear y controlar el trabajo del proyecto, este proceso se realiza con el fin de dar seguimiento, revisar e informar sobre el avance con el fin de cumplir con los objetivos de desempeño definidos en el plan. En este caso se le permite a los interesados visualizar el estatus del proyecto. (PMI, 2013)

5) Realizar el control integrado de cambios, consiste en analizar todas las solicitudes de cambios, aprobar las mismas y gestionar los cambios en los entregables, y cualquier otro elemento que se vea afectado por dicho cambio. Se puede mencionar que existen tipos de solicitudes de cambios. Solicitudes correctivas, preventivas, de defectos y actualizaciones. Las correctivas se realizan con el fin de alinear el desempeño futuro del proyecto. En el caso de las preventivas, se realizan con el fin de reducir riesgos de sufrir consecuencias negativas en el desarrollo del proyecto. En el caso de la reparación de defectos, se realiza para arreglar algún defecto consecuencia de la realización del proyecto. Por último, las solicitudes de actualización se realizan con el fin de mostrar ideas o contenidos modificados o adicionales. (PMI, 2013)

6) Cerrar el proyecto o fase, este proceso consiste en finalizar todas las actividades a través de todos los grupos de procesos para completar formalmente el proyecto. (PMI, 2013)

b. **Gestión del alcance del proyecto:** Para llevar a cabo la gestión del alcance del proyecto se debe elaborar el plan del manejo del alcance, recopilar los requisitos para luego definir el alcance del proyecto y finalmente crear la EDT (Estructura de Desglose de Trabajo) y validar y controlar el alcance. (PMI, 2013)

1) **Elaborar el plan del manejo del alcance,** cabe mencionar que este proceso es parte del plan para la dirección del proyecto. A través del plan del manejo del alcance se determina como se manejará la declaración del alcance del proyecto. Además se establece como la EDT será mantenida y aprobada. También define como se estarán aceptando los entregables y qué manejo se le dará a las solicitudes de cambio. (PMI, 2013)

2) **Recopilación de requisitos,** indica cómo serán analizados, documentados y manejados los requerimientos. Cabe mencionar que entre las herramientas para la recopilación de requisitos se pueden mencionar entrevistas, focus groups, talleres facilitados, entre otros. Entre las herramientas que se utilizan para llevar el control de los requisitos recopilados se encuentra la matriz de trazabilidad. (PMI, 2013)

3) **Definición del alcance,** para definir el alcance del proyecto se realiza un análisis del producto y generación de alternativas para el alcance inicial.

Una vez realizado el análisis, se obtiene el enunciado del alcance, que lleva una descripción detallada, entregables principales, supuestos y restricciones. (PMI, 2013)

4) **Creación de la EDT,** por sus siglas significa la Estructura de Desglose de Trabajo. La EDT es una vista general del proyecto por bloques de trabajo. Estos bloques de trabajo se pueden generar por nivel. Siendo el primer nivel el más general y sucesivamente siendo más específico a medida que se baja de nivel. (PMI, 2013)

c. **Gestión del tiempo del proyecto:** Para llevar a cabo la gestión del tiempo del proyecto se deben realizar procesos como la elaboración del plan del manejo del tiempo, definición y secuencia de las actividades, estimación de los recursos, estimación de la duración de las actividades y desarrollo y control de cronograma. (PMI, 2013)

1) **Elaborar plan del manejo del tiempo,** de igual forma, parte del plan para la dirección del proyecto. Este puede incluir metodología y herramientas, niveles de precisión, unidades de medición, procedimientos de la organización a utilizar, procedimientos para la

actualización del cronograma, niveles de variación permisibles, reglas para la medición del desempeño, formatos de los reportes y el tiempo estimado en los procesos. (PMI, 2013)

2) **Definición de las actividades**, se debe continuar desglosando la EDT hasta llegar a un nivel de actividades. En este caso cabe mencionar que a dichas actividades se le deben definir sus atributos. Entre los atributos se pueden mencionar predecesores, sucesores, restricciones, fechas específicas, entre otros. (PMI, 2013)

Además, se debe obtener una lista de hitos. Los hitos son puntos críticos en el proyecto que no tienen duración. Estos dan una perspectiva general de qué tan avanzado se encuentra el proyecto. (PMI, 2013)

3) **Secuencia de las actividades**, la secuencia de las actividades se puede realizar a través del método de diagramación por precedencias. Esta es una técnica por medio de la cual se realizan cronogramas de manera gráfica. Existen cuatro diferentes tipos de dependencia entre actividades:

- a) **Final a Inicio (FS)**: El inicio de la siguiente actividad depende de la finalización de la anterior.
- b) **Final a final (FF)**: La finalización de la siguiente actividad depende de la finalización de la anterior.
- c) **Inicio a inicio (SS)**: El inicio de la siguiente actividad depende del inicio de la anterior.
- d) **Inicio a final (SF)**: La finalización de la siguiente actividad depende del inicio de la anterior.

4) **Estimación de los recursos**, la estimación de los recursos disponibles se puede realizar a través de herramientas como calendarios de disponibilidad de los recursos, el costo de los mismos y el registro de riesgos para priorizar sobre la utilización de los mismos. (PMI, 2013)

Por otra parte, en este caso se puede realizar un análogo de la EDT, lo que sería la EDR (Estructura de Desglose de Recursos) para tener una visión por niveles de lo que se encuentra disponible en la realización del proyecto. (PMI, 2013)

5) **Estimación de la duración de las actividades**: Existen tres formas para determinar la duración de las actividades en un proyecto:

a) Estimación análoga: Esta estimación se hace comparando las dimensiones de la actividad con una muy similar que se haya realizado en el mismo proyecto o en otros proyectos. (PMI, 2013)

b) Estimación paramétrica: Esta estimación se refiere a tomar parámetros para determinar las estimaciones necesarias. (PMI, 2013)

c) Estimación por tres valores: Considerada la más acertada comparada con las otras estimaciones. Esta estimación toma en cuenta escenarios optimistas (tO), más probables (tM) y pesimistas (tP) con respecto a la duración de las actividades. Una vez obtenidos estos valores, se puede estimar el tiempo esperado (tE) según la distribución⁵ que se desee utilizar a través de las siguientes fórmulas:

- Distribución Triangular: $(tO + tM + tP) / 3$
- Distribución Beta: $(tO + 4tM + tP) / 6$ (PMI, 2013)

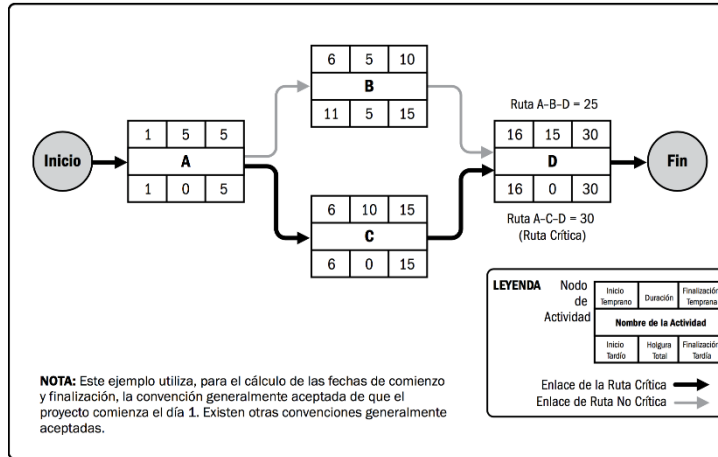
Cabe mencionar que es recomendable realizar un análisis de reserva para contingencias que se puedan presentar con respecto a la duración de las actividades a nivel individual o en total. (PMI, 2013)

6) Desarrollo del cronograma, ya habiendo definido las actividades y sus secuencias, así como la EDR y la disponibilidad de los recursos, se puede desarrollar el modelo de programación del proyecto, el cronograma. Entre algunas herramientas que se pueden utilizar se mencionan:

a) Método de la ruta crítica: Es la ruta de la red de actividades que tiene la duración más larga y holgura total a cero. Esta ruta no incluye restricción de recursos. Este método permite determinar cuáles son aquellas actividades que no se pueden retrasar, ya que si estas se retrasan, retrasan el proyecto. (PMI, 2013)

⁵ La distribución triangular y Beta son de las más utilizados en la gestión de proyectos.

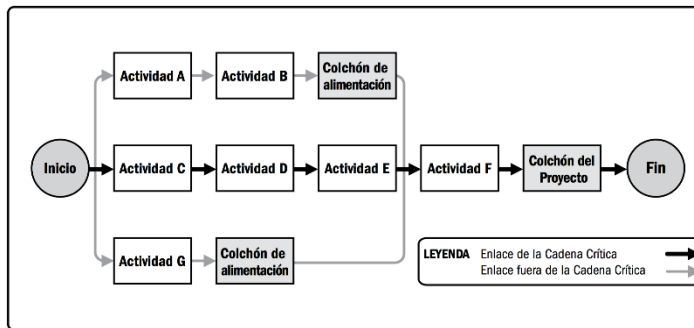
Figura 35. Ejemplo de método de la ruta crítica



(PMI, 2013)

b) Método de la cadena crítica: A diferencia del método de la ruta crítica, en este caso se incluye restricciones a través de recursos. Estas restricciones pueden ser colchones de alimentación. (PMI, 2013)

Figura 36. Ejemplo del método de la cadena crítica



(PMI, 2013)

Al finalizar con el desarrollo del cronograma se obtendrá el cronograma del proyecto, los datos del cronograma y distintos tipos de diagramas según el interesado al que se le deseen exponer los avances del proyecto. Entre estos diagramas se puede mencionar el diagrama de hitos, barras y la red del cronograma como tal, yendo de lo general a lo específico. (PMI, 2013)

d. Gestión de los costos del proyecto, para gestionar los costos del proyecto se debe elaborar el plan del manejo de los costos, estimar los costos, determinar el presupuesto y controlar los costos. (PMI, 2013)

7) Elaborar el plan del manejo de los costos, de igual manera, se debe realizar el plan de manejo de los costos, que es parte del plan de la dirección del proyecto. Con respecto a costos, este podría incluir las unidades de medida, los niveles adecuados de precisión, el formato de los reportes, los procedimientos de la organización a utilizar, procedimientos para actualizar el presupuesto, reglas para medición del desempeño y la definición de los procesos. (PMI, 2013)

8) Estimar los costos, de igual forma que con la gestión del tiempo del proyecto, los costos se pueden estimar a través de las técnicas de estimación análoga, estimación paramétrica y estimación por tres valores. (PMI, 2013)

e. Gestión de la calidad del proyecto, según (Tarí, 2000) la calidad se define como la producción de bienes y/o servicios según especificaciones que satisfagan las necesidades y expectativas de los clientes.

Desde la perspectiva de la gestión de proyectos, se debe cumplir con la triple restricción de la calidad. Esta triple restricción proviene del alcance, tiempo y costo de un proyecto. Generalmente existe una de estas tres variables que no puede variar.

Con respecto a los procesos que se deben llevar a cabo con respecto a la gestión de la calidad del proyecto se encuentra la planificación de la gestión de la calidad, realizar aseguramiento y control de la calidad. (PMI, 2013)

f. Gestión de los RRHH del proyecto, la gestión de los recursos humanos involucran aquellos recursos tanto internos como externos a la realización del proyecto. Los miembros del equipo del proyecto pueden tener distintas habilidades, distintos perfiles, asignados con diferentes jornadas de tiempo, entre otros. (PMI, 2013)

Entre los procesos que se incluyen en la gestión de los recursos humanos se encuentra la planificación de la gestión de recursos humanos, la adquisición del equipo del proyecto y el desarrollo y dirección del equipo del proyecto. (PMI, 2013)

g. Gestión de las comunicaciones del proyecto, la gestión de las comunicaciones en el proyecto engloba los procesos requeridos para que la recopilación, almacenamiento, traslado, manejo, confidencialidad y disposición final de la información sea la pertinente. (PMI, 2013)

Entre los procesos que se incluyen en la gestión de las comunicaciones se encuentra la planificación de la gestión de las comunicaciones y gestionar y controlar las comunicaciones. (PMI, 2013)

h. Gestión de los riesgos del proyecto, la gestión de los riesgos del proyecto incluye los procesos a llevar a cabo la planificación de la gestión de riesgos para poder identificar los riesgos, el estado de los mismos y los planes de acción con el fin de disminuir la probabilidad de que sucedan y el impacto de los mismos. (PMI, 2013)

Entre los procesos que de la gestión de los riesgos se encuentra la planificación de la gestión de los riesgos, la identificación de los riesgos, análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos, planificación de la respuesta a los riesgos y el control de los mismos. (PMI, 2013).

1) Identificación de los riesgo, este consiste en la identificar aquellas situaciones que pueden afectar, e incluso finalizar, el proyecto. En este caso se debe brindar detalle acerca de lo que se identificó con el fin de prevenir o disminuir el daño en caso sea inevitable que un riesgo suceda. (PMI, 2013)

2) Análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos, una vez identificados los riesgos, se puede determinar el impacto y la probabilidad de que suceda algún evento riesgoso. En este caso se debe definir una escala en cada caso para luego determinar el peso del riesgo a analizar. Este modelo matricial sirve para priorizar e identificar los riesgos que realmente pueden afectar al proyecto con un mayor impacto y con una probabilidad alta de que sucedan. Es importante mencionar que los riesgos identificados son dinámicos ya que estos varían con el tiempo. (PMI, 2013)

Figura 37: Matriz de probabilidad e impacto

Probabilidad	Amenazas					Oportunidades				
	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04
0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02
0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01
	0,05/ Muy Bajo	0,10/ Bajo	0,20/ Moderado	0,40/ Alto	0,80/ Muy Alto	0,80/ Muy Alto	0,40/ Alto	0,20/ Moderado	0,10/ Bajo	0,05/ Muy Bajo

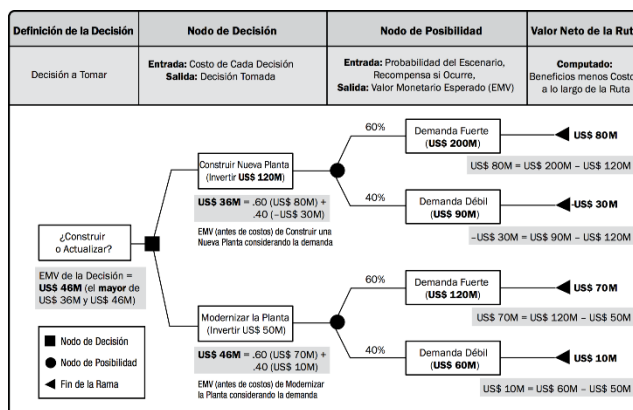
Impacto (escala numérica) sobre un objetivo (p.ej., costo, tiempo, alcance o calidad)
 Cada riesgo es calificado de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia y el impacto sobre un objetivo en caso de que ocurra. Los umbrales de la organización para riesgos bajos, moderados o altos se muestran en la matriz y determinan si el riesgo es calificado como alto, moderado o bajo para ese objetivo.

(PMI, 2013)

En la Figura 37 se puede observar un ejemplo de la matriz de probabilidad-impacto. Cabe mencionar que en dicha figura se puede observar que hay tanto amenazas como oportunidades, haciendo referencia eventos negativos y positivos. (PMI, 2013)

3) Análisis del valor monetario esperado, más allá de gestionar riesgos de eventos que puedan suceder, también se presentan riesgos con respecto a la toma de decisiones que se debe hacer al realizar un proyecto. Muchas veces estos riesgos pueden ser financieros. (PMI, 2013)

Figura 38: Ejemplo de diagrama de árbol de decisiones



(PMI, 2013)

En la Figura 38 se puede observar el ejemplo de un diagrama de un árbol de decisiones donde se plantean distintos escenarios.

4) Planificación de respuesta los riesgos, una vez determinados y analizados los riesgos, se pueden determinar planes de acción para amortizar sus efectos y así evitar que estropeen el desarrollo del proyecto. (PMI, 2013)

i. Gestión de las Adquisiciones del proyecto, incluye los procesos necesarios para efectuar las adquisiciones de productos o servicios para llevar a cabo el proyecto. Entre los procesos involucrados se encuentra la planificación de la gestión de las adquisiciones, efectuar y controlar las adquisiciones el cierre de las mismas.

1) Planificación de las adquisiciones, de igual forma este proceso forma parte de la planificación para la dirección del proyecto. En este caso se hace referencia a las reglas de juego con respecto a las adquisiciones que se realizarán durante el proyecto. (PMI, 2013)

4. Módulo 9: Taller de capacitación para la enseñanza a colaboradores de una cafetería en un complejo comercial acerca del manejo de los residuos

1. Educación ambiental de acuerdo con Martínez (2010), la educación ambiental es un «proceso permanente en el cual los individuos y las comunidades adquieren conciencia de su ambiente, aprenden los conocimientos, los valores, las destrezas, la experiencia y, también, la determinación que les capacite para actuar, individual y colectivamente, en la resolución de los problemas ambientales presentes y futuros.» La educación ambiental es un instrumento para tener acceso a información, importante para generar o cambiar cultura y transformar la sociedad con la finalidad de generar bienestar y calidad de vida. Por otro lado, Sureda, J. (1990) como parte de la teoría que fundamenta su guía de educación ambiental explica que ésta «constituye una de las vertientes de la práctica formativa que exige la cultura actual de los países desarrollados [...] consiste en reconocer valores y aclarar conceptos con objeto de fomentar las aptitudes y actitudes necesarias para comprender las interrelaciones entre el hombre, su cultura y su medio biofísico.» No existe un solo aspecto en el actuar y comportamiento de las personas que estén totalmente determinados, éstos se pueden modificar a través del aprendizaje. «Todos los seres humanos tenemos una cultura, y esta cultura podemos hacerla evolucionar, porque es dinámica.» (Fisas, 2011)

La educación ambiental es un factor estratégico «para contribuir con eficacia a mejorar el ambiente, la acción de la educación debe vincularse con la legislación, las políticas, las medidas de control y las decisiones que los gobiernos adopten, en relación con el ambiente humano». (UNESCO, 2004)

a) Los objetivos de la educación ambiental, según (UNESCO 2004,pág 20) pretenden:

«Considerar al ambiente, en forma integral, o sea, no sólo los aspectos naturales, sino los tecnológicos, sociales, económicos, políticos, morales, culturales, históricos y estéticos.

Asumir un enfoque transdisciplinario para el tratamiento ambiental, inspirado en cada disciplina, para posibilitar una perspectiva equilibrada.

Tratar la temática ambiental desde lo particular a lo general tiene como finalidad que los estudiantes se formen una idea de las condiciones ambientales de otras áreas, que identifiquen las condiciones que prevalecen en las distintas regiones geográficas y políticas, además de que reflexionen sobre las dimensiones mundiales del problema ambiental para que los sujetos sociales se involucren en los diferentes niveles de participación y responsabilidad.

Promover el conocimiento, la habilidad para solucionar problemas, la clasificación de valores, la investigación y la evaluación de situaciones, para aprender sobre la propia comunidad.

Capacitar a los estudiantes para que desempeñen un papel en la planificación de sus experiencias de aprendizaje y dejarles tomar decisiones y aceptar sus consecuencias.»

Martínez (pág. 60, 2010) propone que los objetivos fundamentales de la educación ambiental son los siguientes:

«Favorecer el conocimiento de problemas ambientales, locales y planetarios.

Capacitar a personas para analizar, críticamente, la información socio-ambiental.

Facilitar la comprensión de los procesos ambientales en relación con los sociales, económicos y culturales, de manera política.

Estimular valores pro-ambientales y fomentar actitudes críticas y constructivas.

Apoyar el desarrollo de una ética que promueva la protección del ambiente desde una perspectiva de equidad y solidaridad.

Capacitar a las personas en el análisis de los conflictos socio-ambientales, en el debate de alternativas y en la toma de decisiones para su resolución.

Fomentar la participación de la sociedad en los asuntos colectivos, potenciando la responsabilidad compartida hacia el entorno.

Ser instrumento de conductas sustentables en todos los ámbitos de la vida.»

Lo que lleva a interpretar que la educación ambiental no es tema de una sola disciplina, se necesita de una serie de técnicas, métodos, para enfrentar la problemática de una manera holística. Ésta podría ser más eficiente si se observa desde varias perspectivas y trabaja en conjunto para generar cultura de relaciones pedagógicas y ecológicas para resolver y evitar problemas ambientales, como lo es el manejo de residuos sólidos.

La contaminación ambiental es un problema conocido por las personas, más no se toman medidas o acciones para la mejora de éste. Novo (1996) considera que en esta década se va evidenciando que hay algunos grupos de personas que necesitan una atención prioritaria de la educación ambiental, siendo estos grupos:

«Profesionales que toman decisiones sobre los recursos, los gestores que pueden ser considerados personas clave para dirigir programas ambientalistas.

Adultos en general, personas que todos los días adoptan pequeñas decisiones al comer, vestirse, comprar, etc.

Formadores, profesores y educadores no formales... porque cada vez que formamos a una de estas personas estamos desarrollando un efecto multiplicador de enorme constancia e importancia.»

2. Conceptos para generar cambio de cultura ambiental

a. Manejo de residuos sólidos, desde las primeras muestras de preocupación sobre cómo darle solución al incremento de los residuos sólidos y su compleja gestión Guzmán y Macías (2012) señalan que el punto de partida para la solución de este problema es la minimización de residuos. Esto para proseguir con la reutilización, el reciclaje y otras formas de tratamiento como el compostaje o la biodegradación y la recuperación de energía. De igual manera darle empuje a la propuesta de las 3Rs: reducir, reutilizar y reciclar. Por otra parte,

viéndolo como un sistema que se puede implementar Guerra (s.f) promueve programas nacionales para una gestión integral de residuos sólidos y que define al manejo de residuos sólidos como lo siguiente:

«Es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.»

b. Residuo y desecho

«Con frecuencia al hablar acerca del tema se utilizan en forma indistinta los términos sin importar que existe una diferencia conceptual entre ellos. Residuo hace referencia a materiales o restos que no tienen ningún valor económico para el usuario pero si un valor comercial para su recuperación e incorporación al ciclo de vida de la materia.. Saval (2012) también describe como aquellos materiales que «se generan en bajas cantidades, sin embargo, algunos de sus constituyentes aun en baja proporción le pueden conferir algún interés para su utilización.»

Por otra parte desechos son considerados como material o conjunto de materiales resultantes de cualquier proceso u operación que esté destinado al desuso, que no vaya ha ser utilizado, recuperado o reciclado., a lo cual Saval (2012) también describe como que está referido a aquellos materiales «que no tienen algún valor comercial, ni poseen atributos de interés para ser utilizados en algún proceso, por lo que se consideran como basura y se les debe dar una disposición final.» Si el objetivo es iniciar a propiciar espacios de gestión de la basura, es necesario empezar a visualizar ésta como un residuo que se puede reutilizar y tener provecho de cierta manera, en lugar de que ésta sea desecho de unos y oportunidades de residuo para otros. No obstante, si el material o resto no puede ser recuperado o reciclado, bien sea por su origen o cuya composición química resulte tóxica, se considera un desecho y debe tratarse de forma adecuada para evitar un daño al ambiente y a la salud pública.

Cabe resaltar la diferencia entre residuo y desecho a fin de usar un lenguaje técnico apropiado que busque lograr un cambio conductual del hombre a la hora de su manejo y de esta forma crear una conciencia ambientalista

c. Residuo orgánico

«Son los que tienen la capacidad de descomponerse fácilmente, mediante la acción del agua, la temperatura y los microorganismos, por ejemplo: Cáscaras de frutas y verduras, de huevo, ripo de café, sobras de alimentos o alimentos descompuestos, residuos de cosechas, poda de la grama, de las ramas, entre otros.»

d. Residuo inorgánico.

«Son aquellos materiales que una vez desechados se les puede dar valor económico, de reúso como insumos de segunda generación para la fabricación de nuevos productos y son los denominados como reciclaje Ej: Papel, Cartón, de nuevos productos y son los denominados como reciclaje Ej: Papel, Cartón, Vidrio, Plásticos, Metal, Chatarra, Latas de aluminio, tetrapack, entre otros.»

e. Educación para el adulto

«la andragogía es un tema que puede considerarse como amplio, no existe una descripción única de lo que significa. Reyes M. (s.f.; citado por Betancourt 2007) describe que la metodología de la andragogía “descansa en la actividad del estudiante y en la organización basada en pequeños grupos.” Caraballo (2006) realizó un estudio para dar a conocer cómo es entendida. Como parte de este estudio se puede identificar que a la andragogía se le describe de diferentes maneras, como una ciencia, conjunto de supuestos, método, serie de lineamientos, filosofía, cuerpo, campo de conocimiento, disciplina, teoría, proceso de desarrollo integral y modelo educativo. Por otro lado, Castañeda (2014), considera que al adulto se debe educar considerándolo como un ser «crítico y reflexivo, que tiene formación permanente, formación que brinda herramientas para seguir incorporados en la sociedad en dónde se desenvuelven.»

A continuación se presenta el intento de Brandt (1998) por conceptualizar el término de Andragogía:

«La andragogía se encarga de la educación entre, para y por adultos y la asume como su objeto de estudio y realización, vista o concebida ésta, vista o concebida ésta, como autoeducación, es decir, interpreta el hecho educativo como un hecho andragógicos, donde la educación se realiza como autoeducación. Entendiéndose por autoeducación el proceso, mediante el cual, el ser humano consciente de sus posibilidades de realización, libremente selecciona, exige, asume el compromiso, con responsabilidad, lealtad y sinceridad, de su propia realización personal.»

Según Díaz-Barriga y Hernández (2002; citado por Caraballo 2000) «el docente debe ayudar, orientar, apoyar y facilitar el proceso de construcción del conocimiento por parte de los

participantes.» Es decir, el docente es un facilitador, que diseña, construye, organiza y media situaciones centradas en el aprendizaje de los participantes, para que este tenga un encuentro con el conocimiento.

- **Planificación:** Muñoz (2016) enlista una serie de consideraciones al planificar con un modelo andragógico. Se debe contar con información clara, describir y dar ejemplos de los temas, dar a conocer los objetivos y el rendimiento esperado por parte del facilitador. También es necesario considerar respuesta informativa y ser fuente de motivación. La motivación puede ser intrínseca o extrínseca, actividades que recompensan por sí mismas interesando al alumno en su formación. Contar con métodos diferentes para ocasiones distintas. La educación no se puede dar a una única técnica ya que existen infinidad de diseños y métodos que favorecen el aprendizaje.
- **Enseñanzas para el adulto:** Considerando que el adulto es un ser autónomo, cuya motivación de aprender es interna de satisfacción laboral, autoestima y calidad de vida. Según Undurraga (2007) el adulto necesita aprender las razones del porqué aprende antes de involucrarse en alguna tarea. Entiende el sentido del aprendizaje. En otras palabras encuentra la necesidad de aprender antes de comprometerse a aprender, le interesan temas que contribuirán a su desarrollo social.
- **Recursos y herramientas:** Los recursos que se utilicen pueden ser medios informáticos, información escrita y de personas, todo apegado a la realidad de los participantes. «Las herramientas varían de acuerdo a los contextos a trabajar y los recursos que se utilizarán. Todo el apoyo que se desee tener debe facilitar las tareas, por ejemplo: instrucciones, sugerencias, árboles de contenido, decisiones tácticas, evaluación, etc.»
- **Procesos de verificación o evaluación:** Gutiérrez y Román (2012) enfatizan en la necesidad de control del estudiante sobre la situación y sobre sus propias capacidades, al mismo tiempo que la andragogía centra la evaluación en el desarrollo de habilidades para la explotación de las potencialidades de transferir el conocimiento y evidenciar destrezas en el manejo de situaciones desde una perspectiva teórico hipotética hacia un plano vivencial y auténtico. La acción del docente es importante en la medida que actúe como mediador en el proceso de interiorización entre las acciones externas sociales

f. Procesos de capacitación, la capacitación puede tener diferentes significados, antes se consideraba como un medio para adecuar a cada persona a su trabajo y para desarrollar la fuerza de trabajo de la organización a partir de los puestos que ocupaban, este concepto se ha ampliado y ahora se considera que la capacitación es un instrumento para potencializar el desempeño de un colaborador. La capacitación se orienta al presente, en el puesto que se desempeña actualmente. Este es un proceso de aprendizaje. El enfoque de una capacitación además de ocuparse de la información, las habilidades, las actitudes y los conceptos, ahora se orienta al desarrollo de ciertas competencias que desea la organización.

En los procesos de capacitación se generan oportunidades de aprendizaje y desarrollo de competencias. Existen diferentes procesos de capacitación. Martínez y Martínez (2009) proponen el diseño de una acción de capacitación como proceso que implica de manera ordenada varios pasos.

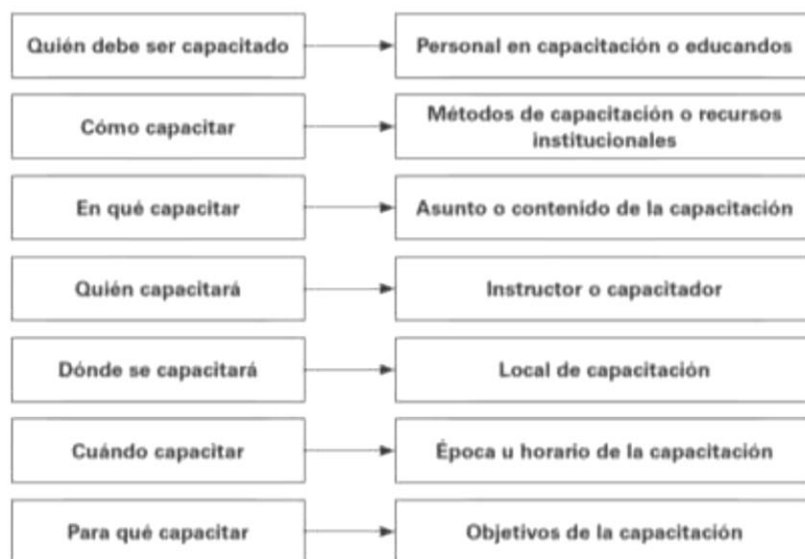
3. Diagnóstico de necesidades esta etapa se refiere a la identificación de problemas actuales o potenciales. En esta etapa se conocen las condiciones técnicas y ambientales dentro de las cuales se realiza el trabajo. Esto permitirá conocer el clima laboral y de ejecución de labores para considerarse en la toma de decisiones, igual que en el desarrollo de la capacitación. En esta parte del proceso, se realiza un inventario de las necesidades o carencias que pueden ser atendidas o satisfechas, éstas pueden ser actuales, pasadas o futuras.

4. Formulación de los objetivos estratégicos de la acción de capacitación en esta etapa del proceso, se definen los objetivos que se quieren ejecutar, se decide la estrategia puntual de solución, basado en la información de recogida de datos.

5. Diseño de proceso de capacitación consiste en la planificación del proceso didáctico, lo que tiene que ver con el qué enseñar y el cómo enseñar, y con el cómo medir el aprendizaje. En general, el diseño instruccional constituye una propuesta específica con respecto a los objetivos o competencias de aprendizaje, los contenidos teóricos, prácticos y afectivos que se desarrollarán a través de la capacitación, la secuencia de entrega de los contenidos, los criterios, métodos e instrumentos que se usarán para medir los aprendizajes. Chiavenato (2009) considera esta etapa como la selección de los métodos y técnicas de capacitación a emplear y selección de medios didácticos y de apoyo. La secuencia de pasos de Martínez y Martínez (2009), no contiene la programación, la cual Chiavenato (2009) y López (2011) consideran necesaria como

parte del diseño. A continuación, se presenta la propuesta de programación de Chiavenato (2009) que responde a siete preguntas a considerar antes de la implementación.

Figura 39: Programación de la capacitación



Tomado de: Chiavenato (2009).

6. Ejecución de la capacitación se refiere a la impartir la capacitación, tal como ha sido planeada. Esto implica realizar una serie de actividades que representan un buen porcentaje de las tareas, una vez detectadas las necesidades de capacitación, desarrollados los cursos y elaborados los programas, se procede a impartir los cursos diseñados o estructurados.

7. Evaluación de los resultados de la capacitación desde que se diseña la capacitación se considera un sistema de medición de la calidad de la misma. Verificar que los planes se hayan cumplido tal y como fueron planeados, se diseña un método en la que se evaluará la efectividad de la capacitación, como los resultados obtenidos; por ejemplo: un cuestionario. En esta se ven reflejadas las competencias que establecieron, las expectativas del grupo o si las técnicas didácticas fueron las adecuadas al programa. Chiavenato (2009) propone diez puntos que se podrían evaluar como parte del proceso de capacitación. La reacción del grupo.

- El conocimiento adquirido.
- La conducta modificada o desarrollada.
- Los resultados en los puestos de trabajo.

- Las instalaciones donde se llevó a cabo la capacitación.
- La logística y coordinación para la impartición.
- El material didáctico y equipo de apoyo.
- Contenido y suficiencia del programa.
- Técnicas didácticas utilizadas por el instructor.
- Nivel de conocimientos y habilidades del instructor.

TALLER COMO TÉCNICA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE, el concepto de taller consiste en un «lugar donde varias personas trabajan cooperativamente para hacer o reparar algo, lugar dónde se aprende haciendo junto a otros» en esta misma línea de trabajar cooperativamente, de miguel, m. (2005) considera que los talleres son una técnica cuya finalidad es «construir conocimientos a través de la interacción y la actividad de los estudiantes. enfatiza la importancia del intercambio de ideas, opiniones y experiencias.» el taller es un espacio de «expresión [...] a través del interjuego de los participantes con la tarea, confluyen pensamiento, sentimiento y acción. [...] el taller puede convertirse en el lugar del vínculo, la participación, la comunicación y por lo tanto, en un lugar de producción social de hechos.» gonzález, m. (1987; citado por betancourt 2007).

Considerando lo que menciona González, M. (1987) es importante propiciar espacios para que los participantes reflexionen, piensen y sientan para generar acciones sobre los temas que se desarrollan en los talleres.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE PARA ADULTOS, las estrategias que se utilicen como parte del proceso enseñanza aprendizaje de un adulto, deben propiciar espacios de reflexión y pensamiento crítico para el desarrollo personal y social. como fundamenta ubaldo (2009) en la andragogía se sugiere escoger «la metodología didáctica conveniente y el empleo de técnicas y procedimientos para que el aprendizaje posibiliten a los estudiantes o agentes de aprendizaje aprovechar su tiempo, voluntad y potencialidades en su desarrollo educativo y profesional disponiendo el proceso didáctico a sus intereses, necesidades y expectativas. esta concepción educativa necesita fundamentarse en una filosofía que reconozca como significativa la toma de conciencia de la problemática particular que enfrentan los adultos para obtener una profunda y comprometida participación en sus procesos de aprendizaje personales y colectivos.» a continuación se recopilan algunas estrategias y técnicas de enseñanza aprendizaje aplicables a la educación de adultos.

ESTRATEGIA DE ESTUDIO DE CASOS, SEGÚN LINO (2010) ESTA ESTRATEGIA TIENE COMO OBJETIVO DESARROLLAR PROCESOS ORIENTADOS A LA APLICACIÓN DE LOS CONTENIDOS CONCEPTUALES Y ANALIZAR SITUACIONES REALES PARA PROPONER SOLUCIONES. ESTA ESTRATEGIA CONSISTE EN EL ANÁLISIS DE UNA SITUACIÓN PROBLEMA REAL AL CONTEXTO DEL PARTICIPANTE, EN ESTA SE ESPERA QUE EL PARTICIPANTE UTILICE JUICIO CRÍTICO PARA TOMAR DECISIONES QUE RESUELVAN EL PROBLEMA PLANTEADO. ÉSTA ES APLICABLE A TODOS LOS NIVELES Y ÁREAS CURRICULARES. PUEDE SER DE MANERA INDIVIDUAL O GRUPAL.

1) Presentar una película, consiste en mostrar a los estudiantes una película o un documental que tenga función educativa, motivación o reflexión. Lino (2010) propone que mientras se observe la película el facilitador haga la invitación a estudiantes a que escriban sus comentarios, dudas, pensamientos, aspectos que llamaron su atención o su interés. Para después concretar lo que analizaron con el contenido de aprendizaje y poder conectarlo a la realidad del participante. Los objetivos de esta estrategia varían en poder despertar interés por un tema, facilitar explicación de un contenido determinado.

2) Centros de discusión, los objetivos de esta estrategia es desarrollar destrezas cognitivas y sociales en forma cooperativa a través de discusiones de temas específicos. Los participantes inician con un grupo de personas, tomando turnos para discutir, después de un tiempo cambian de grupo para escuchar a otros y discutir con otros.

3) Árbol de problemas, esta técnica participativa ayuda a desarrollar ideas creativas para identificar el problema y organizar la información recolectada, generando un modelo de relaciones que lo explican. Facilita la identificación y organización de causas y consecuencias de un problema.. La lógica es que cada problema que serán el tronco del árbol es consecuencia de las raíces que aparecen debajo de él y a su vez es causa de las hojas o frutos que aparecen sobre él.

4) Protocolo de tres niveles de texto, Matoon (2017) describe los protocolos como «procesos y lineamientos estructurados para promover comunicación significativa y eficiente, solución de problemas y el aprendizaje» Éstos proveen tiempo para escuchar

activamente y reflexionar para producir de forma colaborativa, en espacios de trabajo. Este protocolo tiene como objetivo profundizar la comprensión de un texto y explorar las implicaciones en el trabajo de los participantes. Consiste en brindar a los participantes un texto, solicitando que marquen las partes que le parecieron interesante. En grupos pequeños cada persona tienen que realizar tres pasos. 1) leer en voz alta una parte que resaltó del texto. 2) Decir lo que piensa del texto 3) describir las implicaciones que tiene para su trabajo. Y así cada persona tendrá un minuto para completar los tres pasos anteriores sin interrumpir el tiempo de alguien más.

5) Plática de pizarra, el propósito de esta actividad es de reflexionar silenciosamente, generar ideas, revisar lo aprendido, desarrollar proyectos o resolver problemas. Efectiva para planificar proyectos. Consiste en utilizar un pizarrón grande y tizas multicolores, o una pizarra blanca y marcadores de colores, o papelógrafos pegados en la pared. Los participantes deben responder a una pregunta utilizando únicamente su marcador. No existe la presión de hablar en voz alta, no se toman turnos, cada participante es libre de escribir preguntas, comentarios, opiniones o enlazar ideas.

5. Módulo 10: Sistematización en una guía, de los pasos establecidos para la enseñanza-aprendizaje del manejo integral de los residuos dentro de un restaurante de comida rápida ubicado en un complejo comercial

1. Sistematización

a. Definición de sistema, un sistema se refiere al conjunto de elementos que interactúan. Son partes que se relacionan implicando normas y organización de conocimientos con la intención de mejorar los procesos en la práctica. (Bertalanffy, 1968).

b. Definición de sistematización, la sistematización es un proceso de reflexión sobre la práctica, orientada por un marco de análisis y por un método de trabajo, su sentido es dar cuenta de la historia del proyecto y producir un conocimiento que permita comunicar lo que ha sido su trabajo; a través de este análisis se intenta tomar conciencia de lo realizado, de las transformaciones que ha tenido el proyecto y definir así nuevas líneas de acción. (Talagante,

1984:12). Lo cual permite ordenar, paso a paso la información y proponer mejoras en beneficio a las prácticas.

Sistematizar también permite compartir con diferentes personas experiencias que han sido funcionales, compararlas con otras y reflexionar sobre la teoría y la práctica. Busca el dar cuenta de la acción profesional, comunicarla en forma clara, útil y convincente. Se enfoca en responder a la pregunta: ¿cómo comunico esta experiencia? (Zúñiga, 1990:3)

c. Principios de la sistematización, los principios de sistematización son criterios que permiten su aplicación. Según Cadena (1987:36) estos son:

- Resignificación: darle sentido a lo que se vive, se siente, lo que se construye.
- Articulación: la realidad sistematizada se integra; se fusiona la teoría – práctica.
- Globalidad: la realidad enfocada con carácter interdisciplinario.
- Historicidad: se tienen en cuenta las tendencias de la situación actual.
- Pluralismo: en la interpretación de la realidad se deben tener en cuenta los consensos y disensos y, optar por las posiciones que contribuyan a la transformación positiva de las condiciones.
- Participación y socialización: los(as) participantes en el proceso debe aportar a la sistematización y hacer conocer los resultados y productos.

Es importante sistematizar, ya que se busca, ordenar procesos, acciones y actividades que se realizan. Mediante esto se permite la evaluación de las prácticas y experiencias, con el fin de proponer cambios, para luego ser compartidas con otros como un modelo. (Zúñiga, 1990)

A continuación, se describen los aspectos que la sistematización analiza durante el proceso, propuestas por (Zúñiga, 1990):

- Dar cuenta de los orígenes de las prácticas, experiencias o proyectos.
- Explicitar sus fundamentos conceptuales o teóricos y su método.
- Explicar la estrategia metodológica durante la práctica.
- Informar de los diferentes actores y situaciones.
- Identificar aciertos, fracasos.
- Tener una propuesta planificada para comunicar.

d. Proceso de la sistematización, a continuación, se resume el proceso para la sistematización en forma escrita de las experiencias según Atehortua (2007):

1) Descripción del desarrollo de la práctica o experiencia educativa. Lo que incluye:

- Redacción de objetivos.
- Actividades realizadas, técnicas implementadas e instrumentos aplicados.
- Periodo de tiempo en el cual se realizó.
- Cantidad y descripción de las personas participantes.
- Descripción del lugar donde se desarrolló.
- Evaluación de la práctica o experiencia.

2) Marco teórico – conceptual en el cual se inscribe la experiencia.

3) Contexto:

- Histórico, social, político y económico.
- Institucional: tipo de institución, características.

4) La intencionalidad de la experiencia o práctica educativa.

5) La estrategia metodológica que se implementó:

- Definición conceptual de la metodología.
- Descripción del proceso realizado.
- Explicación de las técnicas que se implementaron (entrevistas, encuestas, reuniones, asambleas).
- Explicación de los instrumentos utilizados (cuestionarios, protocolos, actas, diarios de campo, etc.).
- Evaluación de la metodología.

6) Análisis del desarrollo de la experiencia, lo que implica:

- Las contradicciones que se encontraron y cómo se asumieron.
- Los aspectos del contexto local e institucional que han facilitado o dificultado la ejecución de la experiencia pedagógica.
- Los aciertos y los desaciertos en su ejecución, planeación y evaluación.
- Las nuevas definiciones que han debido formularse con relación al planteamiento original.

7) Los resultados de la experiencia son:

- Los productos de la experiencia.
- Las conclusiones generales: hallazgos conceptuales y metodológicos.
- Evaluación: responder a los objetivos planteados.

8). Estrategias, técnicas y herramientas para comunicar la experiencia, o conocimiento. Utilizar formato escrito.

2. Capacitación

a. Definición de capacitación, según DeCenzo y Robbins (1995) la capacitación es el proceso de una experiencia aprendida que produce cambios permanentes en los colaboradores, para que estos puedan ser aplicados y mejoren su desempeño en el área de trabajo, con el fin de alcanzar los objetivos de la institución.

Capacitar implica un cambio de habilidades, conocimientos, actitudes o comportamientos. Esto representa que es evidente el cambio en los conocimientos previos, maneras de trabajar y la interacción el equipo de trabajo.

b. Procesos de capacitación

1) Diagnóstico de necesidades de capacitación

Una capacitación debe realizarse siempre teniendo en claro un enfoque o competencia, para desarrollar esta competencia es importante realizar un inventario de las necesidades de una organización. Cuando se habla de un diagnóstico se refiere a la investigación previa a la capacitación que se realiza para conocer las áreas a mejorar que tienen los colaboradores o la institución. Es la diferencia entre lo que una persona debería saber y hacer y aquello que realmente sabe y hace. (Chiavenato, 2011). Al identificar las necesidades es posible el capacitar de manera objetiva y no será considerada una pérdida de tiempo.

Un diagnóstico de necesidades es la primera etapa del proceso de capacitación y es la base fundamental, ya que a partir de allí se trazarán los objetivos, metodología y luego, el proceso de evaluación. Chiavenato (2011) considera que el análisis debe realizarse en los tres niveles:

- Sistema organizacional, Dolan, Valle, Jackson, & y Schuler, (2003) indican que en este análisis deben especificarse los objetivos a corto, medio y largo plazo de toda la organización, así como las tendencias que puedan afectar el cumplimiento de dichos objetivos. Para Chiavenato (2011) este análisis también debe ayudar a determinar y establecer la filosofía de la capacitación para toda la empresa. Esto quiere decir que permitirá establecer la importancia y política que la empresa brindará a este proceso.

- Sistema de capacitación, Dolan *et al* (2003) indican que un análisis de los recursos humanos permite establecer la demanda del recurso humano (personal), habilidades requeridas y por lo tanto de los programas que pueden establecerse, en este último aspecto, los programas pueden ser de capacitación y/o generación de nuevos empleos. Para Chiavenato (2011) el análisis cualitativo y cuantitativo debe cubrir las necesidades presentes y futuras de la organización.

- Sistema de adquisición de habilidades, Chiavato (2011) indica que este es el análisis más restringido para determinar las necesidades de capacitación, debido a que se ocupa únicamente de los puestos y las habilidades, conocimientos y las responsabilidades que las personas deben asumir para ocuparlo.

2) Diseño del programa de capacitación,

Según lo indican Snell & Bohlander (2001) una vez que se han determinado las necesidades de capacitación, el siguiente paso es diseñar el tipo de ambiente de aprendizaje necesario para su fortalecimiento. El éxito de los programas de capacitación depende de la capacidad de la organización para identificar las necesidades de formación.

En esta segunda etapa es importante el trazar objetivos específicos, se plantea una forma para abordar las necesidades de manera integral (Chiavenato, 2011). Durante esta fase se responden a las siguientes preguntas: ¿Quién debe ser capacitado? ¿Cómo capacitar? ¿En qué capacitar? ¿Quién capacitará? ¿Dónde se capacitará? ¿Cuándo capacitar? ¿Para qué capacitar?

Se eligen las herramientas, estrategias necesarias, se establece el método y los materiales a utilizar. Se debe responder a la pregunta: ¿Cómo capacitar para cumplir los objetivos de capacitación? Es preciso resaltar que este plan debe contemplar eventos inesperados o fallas en las herramientas a utilizar y tener un plan de contingencia para cada eventualidad, a fin de no interrumpir la capacitación (Chiavenato, 2011).

3) Ejecución, según Chiavenato (2011), en esta etapa se realiza un taller de capacitación al personal de la empresa, basado en las necesidades detectadas en las etapas previas. En el mismo, se busca presentar conocimientos y habilidades nuevas para que el personal pueda realizar un trabajo eficaz y eficiente o mejorar los procesos dentro de la empresa, a fin de obtener resultados óptimos. En esta etapa es importante cuidar:

- Calidad del material didáctico.
- Calidad de los instructores (conocimiento y pedagógico).

Además, se debe buscar garantizar la motivación del personal de participar activamente en el taller de capacitación y aplicar posteriormente los conceptos aprendidos.

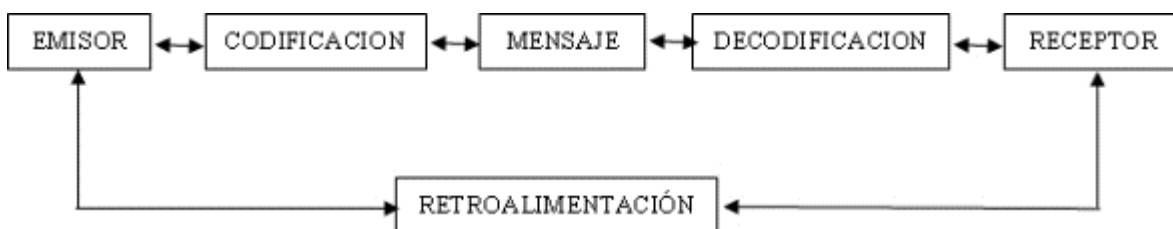
4) Evaluación y seguimiento, tras haber finalizado la capacitación, se debe evaluar si los resultados obtenidos son los esperados por la empresa y evaluar la eficacia de lo presentado. Es preciso resaltar que estos pueden no ser inmediatos, sino verse reflejados a largo plazo.

(Sherman, 2001). Existen cuatro criterios para evaluar la capacitación: reacciones, aprendizajes, comportamiento y resultados, estos cuatro son integradas y permiten un panorama del éxito o mejoras en el programa. (Kirkpatrick, 1998)

Se deben establecer las normas o estándares de evaluación y determinar el nivel de conocimiento de los capacitados antes de tomar la capacitación. Luego de que los empleados sean capacitados, se debe realizar una segunda evaluación, para verificar si hubo algún cambio en el nivel de conocimientos.

5) Realimentación, el concepto de realimentación fue introducido por Wiener (1984) quien fue el inventor de la cibernética. Definía este concepto extraído de la mecánica como todo método que se emplea para controlar un sistema, reinsertando en él los resultados de su actividad anterior. Este concepto nace a partir del modelo tradicional de comunicación creado por Shannon & Weaver (1985) representado en la siguiente imagen.

Figura 40: Proceso de retroalimentación



Tomado de: Shannon & Weaver (1985)

La realimentación es un sistema mediante el cual se puede optimizar el desarrollo de tareas, actividades o productos, implementados mediante la evaluación continua, con el objetivo de los resultados. La realimentación permite valorar las fortalezas y reducir debilidades, considerar puntos positivos y negativos. En general, es aplicada en la gestión de empresas, pero también en ámbitos como la administración, la ingeniería, la arquitectura, la economía, la informática y la educación.

Fritzen (1996) menciona los principios efectivos y constructivistas de la realimentación, los cuales se mencionan a continuación:

- Aplicable: Proporcionar datos y ejemplos tangibles, para que los comportamientos sean modificados efectivamente en el área necesaria.

- Oportuna: Se proporciona tan pronto como es posible, siempre buscando el tiempo más adecuado.
- Neutro y descriptivo: Que sea detallada y enfatice qué realmente se desea modificar.
- Solicitada: Se le solicita a la persona mayor información para profundizar.
- Objetiva: Realimentación centrada en problemas y brindando posibles soluciones.
- Específica: Ser concreto, no incluir datos que son evidentes o que no pertenezcan al área a trabajar.
- Comprobada: Esta se debe de verificar para una buena comunicación. se pueden realizar preguntas para aclarar dudas.

3. Proceso de enseñanza aprendizaje

a. Enseñanza, anteriormente la enseñanza se consideraba como el proceso de realizar actividades que permitían llevar al estudiante a aprender, a instruir y a poner en práctica lo aprendido. En la actualidad el enfoque de enseñar se basa en comprender, a relacionar lo aprendido, a internalizar según las experiencias y aplicarlo según la situación que se presenta. (Chiavenato,1999)

b. Aprendizaje, según Chiavenato (1999) la personalidad humana está constituida por dos factores importantes: el hereditario y el ambiental al cual se refiere como el aprendizaje. El aprendizaje es el proceso que permite desarrollar en el individuo conocimientos del ambiente y las experiencias a lo largo de la vida, ese proceso sucede cuando se modifica el comportamiento de una persona, luego de recibir un estímulo. Se relaciona con la práctica el refuerzo, la retención y el olvido.

c. Proceso de enseñanza aprendizaje, el proceso de enseñanza aprendizaje es un «sistema de comunicación intencional que se produce en un marco institucional y en el que se generan estrategias encaminadas a provocar el aprendizaje» (Contreras, 1990:23)

Según Piaget (1976), todo proceso de enseñanza aprendizaje debe enfocarse en lo que la persona sabe hacer y aprender, esto según la etapa de vida en la que se encuentre. A partir de ahí es posible establecer los objetivos y el contenido que se adapten a sus necesidades.

Debido a que el proceso de enseñanza aprendizaje se presenta en varias etapas del ser humano, es importante mencionar el tema de andragogía, la cual se enfoca en el tipo de población que forma parte de esta investigación.

d. Andragogía, según Brandt (1998) la andragogía se encarga de la educación entre, para y por adultos y la asume como su objeto de estudio y realización, vista como el autoeducación., debido a que el adulto es consciente de lo que hace, es capaz de tomar decisiones, exigir, asume un compromiso, es responsable de su realización personal.

La andragogía busca potenciar en cada alumno conocimientos, valores, actitudes, nuevas experiencias, se interesa por saber cómo el adulto aprende, qué aprende y cuándo lo aprende, tomando en cuenta sus necesidades e intereses. La andragogía no se limita únicamente al desarrollo de conocimientos, sino consiste en integrar el crecimiento en el área profesional, personal, como ente social, como ciudadano responsable.

4. Taller pedagógico el taller es una estrategia didáctica que permite un espacio de aprendizaje práctico, dirigido a un grupo de personas, con el objetivo de desarrollar un tema específico. El taller es concebido como una realidad integradora, en donde se une la teoría y la práctica para orientar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Chávez, 2008)

Según Ardila (2013), el taller pedagógico es la realización de un conjunto de actividades teórico-práctico que un grupo de personas ejecuta de manera coordinada con base a un tema específico con el objetivo de encontrar y crear alternativas de solución de problemas, favoreciendo el aprendizaje, el conocimiento, la creatividad, productividad y expansión de los saberes.

a. Diseño de un taller, el taller se enfoca en aprendizaje y toma en cuenta los siguientes aspectos para su desarrollo óptimo: tiempo de trabajo, espacio, clima, coordinación y los participantes. (Lardone & Andruetto, 2003)

- Tiempo: Se busca medir el tiempo adecuado para cada actividad.
- Espacio: El lugar debe ser cómodo para los participantes, de ser posible amplio y con suficiente ventilación y claridad.

- Clima: Se busca crear espacios abiertos al intercambio de ideas, respeto entre participantes, espacios de discusión y opinión y escucha activa.
- Coordinación: Durante un taller es importante el controlar los tiempos, ordenar los materiales y estar pendiente de la planificación.
- Participantes: Es importante crear un espacio de confianza entre el grupo, tener acercamientos previos con ellos y volverlos parte de su aprendizaje.

Betancourt, Guevara Murillo, & Fuentes (2011) proponen un modelo para el diseño de un taller el cual se describe en los siguientes pasos:

1) Antes del taller

- Planteamiento de los objetivos
- Información de los participantes
- Diseñar métodos de enseñanza y actividades

2) Durante el taller

- Presentación
- Presentación de objetivos
- Crear ambiente adecuado con una actividad de enganche
- Participación activa
- Proporcionar información
- Actividad para reforzar el tema
- Cierre

3) Al finalizar

- Realizar una evaluación del taller o de los conocimientos reforzados.

Lo más importante es el conocimiento de las necesidades que se esperan resolver, las cuales se deben ver plasmadas en los objetivos y actividades planificadas en el taller.

Para evaluar el taller Betancourt *et al* (2011), se refiere a dos tiempos de evaluación. La evaluación de los aprendizajes en los participantes y la que evalúa el taller en general. La evaluación se realiza de manera integral, debido a que este valora los cambios que surgen en los participantes, la eficacia de las técnicas empleadas, el desempeño del tallerista y permite el comentario para mejoras en las futuras prácticas. Esta no solo debe fijarse en el área negativa, sino estar enfocada en aspectos positivos y de mejora.

La evaluación puede realizarse como un todo en el desarrollo del taller, como parte del proceso educativo y no únicamente al final.

5. Manejo integral de residuos

a. Definición de residuos, la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 1998) define los residuos como “aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo, que no han alcanzado un valor económico en el contexto en el que son producidas.”, que proviene de las actividades domésticas, industriales, comerciales o institucionales

b. Manejo integral de residuos, según ADAN, (2001) el manejo integral de los residuos implica la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de prevención, minimización, separación en la fuente, almacenamiento, transporte, aprovechamiento, valorización, tratamiento y disposición final.

Según el *Manual para el manejo integral de residuos en el Valle de Aburrá*, (2006) a continuación se mencionan las etapas del manejo integral de los residuos:

- Realizar el diagnóstico ambiental.
- Formular un compromiso institucional.
- Diseñar la estructura funcional y asignar responsabilidades.
- Definir y establecer mecanismos de coordinación.
- Gestionar el presupuesto para implementar las medidas para el manejo integral de los residuos.
- Velar por la ejecución de las medidas establecidas para el manejo integral de los residuos.
- Realizar campañas de capacitación periódicas.
- Establecer medidas para el mejoramiento continuo en relación con el manejo integral de los residuos.

1) Separación en la fuente, se le considera como la base fundamental del manejo integral de los residuos, la cual consiste en la separación específica de los residuos que provienen de los diferentes lugares. Para que este proceso se cumpla de manera efectiva, es importante disponer con los recipientes adecuados, elaborados con un material resistente, que no se deteriore con facilidad, con un diseño y capacidad que facilite el proceso de almacenamiento de residuos.

Para facilitar el proceso de separación en la fuente el Manual para el manejo integral de residuos en el Valle de Aburrá, (2006) recomienda que cada recipiente para el depósito de los residuos, cuente con los siguientes aspectos:

- Tipos de residuo a disponer
- Símbolos asociados, en caso de no tener uno establecido.
- Listado de residuos generados con mayor frecuencia en la organización.

2) Recolección, cada organización debe tener claramente definidas las rutas de recolección y la disponibilidad de los recipientes para residuos, horarios definidos para realizar cambios e identificar lo a continuación mencionado:

- Localización, número y capacidad de los recipientes donde se encuentran los residuos.
- Tipos de residuos generados, los cuales se asocian a los recipientes correspondientes.

Este proceso se puede lograr con la ayuda utilizando los planes de organización que la institución ya estableció.

3) Tipos de residuos

a) Residuos orgánicos, son restos biodegradables de plantas y animales. Incluyen restos de frutas y verduras y procedentes de la poda de plantas. Con poco esfuerzo estos desechos pueden recuperarse luego de haber sido transformados por el tiempo y la temperatura. Clean Up The World, (2008)

b) Residuos inorgánicos, los residuos inorgánicos son aquellos residuos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente, o bien si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta. Estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos. Ejemplos: metales, plásticos, vidrios, cristales, cartones plastificados.

Según la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS), del Gobierno de Puerto Rico, los principales residuos sólidos que se producen son:

- Aluminio: El aluminio es un metal que se extrae de un mineral llamado bauxita mediante un proceso eléctrico. Se extrae la alúmina de la bauxita y se funde para obtener aluminio.
- Papel: El papel y sus derivados se obtienen de las fibras de celulosa de los árboles. Los árboles son un recurso natural renovable muy valioso. Estos proveen recreación pasiva,

producen oxígeno y reducen el aumento y los efectos nocivos del bióxido de carbono al purificar el aire que respiramos.

- Plástico: El plástico se origina de un componente básico llamado resina, el cual es un derivado del aceite o gas natural (petróleo). La industria del plástico tiene un sistema de códigos para identificar las siete categorías de este material: PETE, HDPE, PET, LDPE, PP, PS.
- Cartón: El cartón es un material que se produce mediante la adhesión de múltiples capas de pasta de papel, que se pegan por la humedad, se comprimen y luego se secan a través de la evaporación. Con el proceso de secado, el cartón se vuelve consistente.

V. ANTECEDENTES

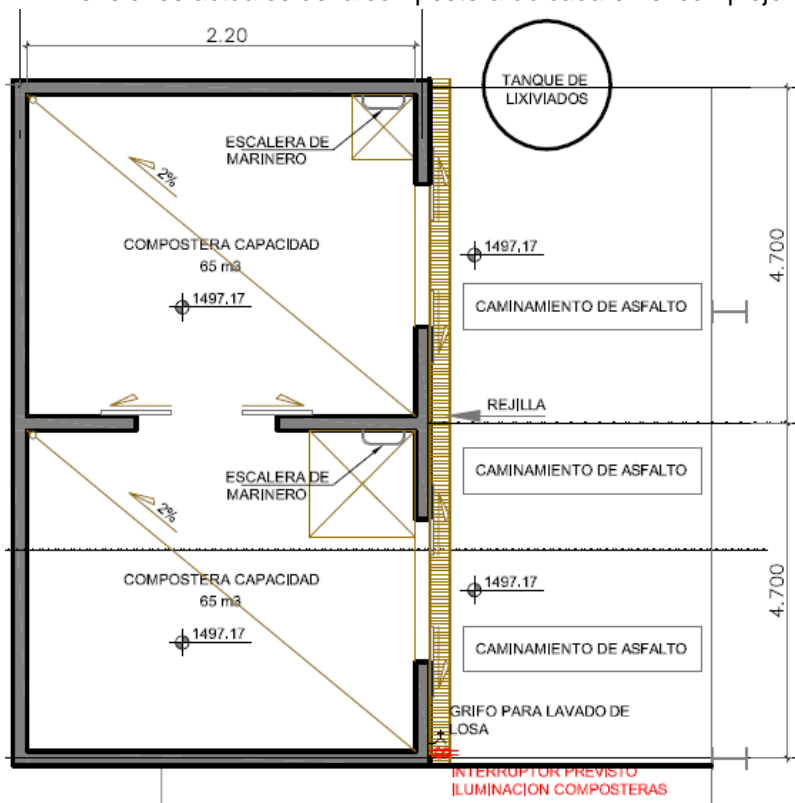
El manejo inadecuado de los desechos sólidos es uno de los problemas ambientales más severos para Guatemala. Según el MARN, se estimaba que para el año 2016, Guatemala iba a generar más de 8,200 toneladas diarias de residuos y desechos comunes; el 50% generados en el área metropolitana. Se calcula que diariamente se depositan, solo en los vertederos de la ciudad de Guatemala, unas 2,500 toneladas métricas de basura; sin contar las más de 1000 toneladas métricas que se depositan en botaderos ilegales (barrancos, calles, etc.). El problema se agrava cuando existe poco conocimiento sobre la separación de basura de todo el material reciclable o reusable que llega al basurero.

El vertedero ubicado en la zona 3 de la Ciudad de Guatemala es uno de los basureros más grandes de Centroamérica, el cual recibe diariamente 3 mil toneladas de basura provenientes de la ciudad capital y nueve municipios. Según estudios, la vida útil de este relleno sanitario fue estimada para 11.1 años, y una capacidad de 4,648,000 m³ a partir de 1991, lo cual, a la fecha, se ha rebasado.

Se trabajó con un complejo comercial, el cual posee un área dedicada para el proceso de compostaje. Este espacio consiste en dos cuartos cerrados con dimensiones de 2.20 m x 4.7 m. Por la parte exterior del área, se tiene una rejilla en el piso para evitar el ingreso de agua. Próximo a las composteras, se tiene un tanque de lixiviados.

Actualmente, el complejo comercial cuenta con un sistema externo de recolección de basura, el cual se encarga de la cuantificación de materiales que se trabajan en la Planta de Manejo de Desechos Sólidos (PMDS). A partir de los reportes generados en el último año, se tienen los datos generados para la recolección de material orgánico, destinado para la compostera. Los datos generados, se utilizarán como base de cálculo para determinar la cantidad de material que se puede recuperar para ser procesado y obtener compost.

Figura 41: Dimensiones actuales de la compostera ubicada en el complejo comercial



Fuente: Complejo comercial

Cuadro 20: Cantidad de material orgánico recuperado (kg) en el 2016 y 2017

Mes	2016	2017
Enero	n.d.	4,030.68
Febrero	n.d.	2,035.86
Marzo	n.d.	1,941.68
Abril	2,553.68	2,357.86
Mayo	844.55	1,480.55
Junio	3,845.82	1,323.64
Julio	2,553.68	1,480.55
Agosto	2,215.00	1,480.55
Septiembre	3,845.82	n.d.
Octubre	1,902.64	n.d.
Noviembre	7,521.32	n.d.
Diciembre	3,748.36	n.d.

n.d.= No disponible

Debido a que el complejo comercial se encuentra en fase de crecimiento, se tienen datos del crecimiento porcentual tomando como base el último año para distintos criterios y se tienen los siguientes datos:

Cuadro 21: Criterios para crecimientos porcentuales anuales en el complejo comercial

Criterio de crecimiento	Crecimiento porcentual
Tráfico peatonal	19%
Construcción	15%
Recolección de residuos*	14.34 %

*Obtenido de la proyección realizada en el Módulo: Análisis financiero de proyecto y propuesta de diseño de planta de manejo de desechos en un complejo comercial.

Dentro del mismo se utilizan diversos productos que les permiten controlar de mejor manera el proceso de compostaje. A continuación, se muestra un cuadro con los productos que utilizan:

Cuadro 22: Productos químicos aplicados al compost en el complejo comercial

Nombre del producto	Composición	Modo de acción
Insecticida Artillero 25 EC	250 g de CIPERMETRINA/ L Dosis: 250 mL/ha	Actúa por contacto e ingestión Estable a condiciones ambientales. pH adecuado = 4.5 a 5.5
Cebo mosquicida Quick Bayt	Imidacloprid 50% m/m Dosis: 50 g Quick Bayt para 25 a 30 m ²	Actúa por ingestión. Rapidez de acción de 30 a 60 s.
Gusafín	Diclorvos (DDVP) 0.7% p/p p-Diclorobenceno 4.9% p/p Acriflavina 0.01 % p/p	Estable en envase original. No almacenar a temperaturas mayores a 50°C.
Bactercompost	Microorganismos vivos Conteo de bacteria 2.6 EXP 4 UFC/mL	Microorganismos vivos que producen O ₂ y H ₂ , fijan el carbono y nitrógeno; metabolizan fósforo, potasio, metales pesados, etc.

Actualmente en Guatemala existen trabajos en compostaje que han tenido mucho éxito, uno de ellos se encuentra en las instalaciones del IRTRA, la cual cuenta con una planta de tratamiento de desechos sólidos ubicada en el departamento de Retalhuleu. Esta planta está distribuida en las

etapas del desarrollo del proceso de separación de desechos sólidos lo cual consiste en: depósito, recolección, transporte y selección. En estas instalaciones, se realiza la clasificación de los desechos sólidos, se cuenta con una cámara de compost, un relleno sanitario y una laguna de lixiviados. En la planta de tratamiento de desechos sólidos el proceso consiste en: Primero, se realiza el depósito de la materia orgánica e inorgánica desde el origen en las instalaciones, para lo que se utilizan depósitos o contenedores plásticos con colores identificados de acuerdo al tipo de desecho que se tiene. Luego, se tiene el proceso que consiste en la recolección de todos los desechos sólidos, que son llevados a la planta por medio de transporte y contenedores especiales. El cuarto paso consiste en la selección y clasificación de estos desechos. La materia orgánica se transporta hacia cámaras de compostaje y los materiales inorgánicos se clasifican según el material, para posteriormente ser enviados a un proceso de reciclaje o a un relleno sanitario.

Los desperdicios obtenidos del proceso de clasificación como comida y hojarasca se trituran mecánicamente para luego ser depositados en las cámaras de compost. Se realiza una mezcla homogénea de dichos materiales la cual tiene un proceso de descomposición aeróbico. Este proceso consiste en dos fases: la primera fase, consiste en una descomposición bacteriana de los desechos por 90 días; la segunda fase, consiste en el traslado y la remoción de la materia tratada en la primera fase para luego pasar directamente a un área de maduración lo que dura un aproximado de 60 días hasta llegar a temperatura ambiente. Producto de este proceso, se generan aproximadamente 400 ton/año de compost. El material que no fue degradado en las cámaras de compost se envía a un relleno sanitario. Los lixiviados que produce la descomposición en las cámaras de compost se desechan a desagües o son recolectados en una laguna estabilizadora para mantener un proceso de sedimentación y oxidación. Posteriormente se descargan las aguas ya tratadas a un río cercano.

Por otra parte, se trabajó en un complejo comercial ubicado en la ciudad de Guatemala, el cual es un terreno de 440,304.48 m² (63 manzanas) que combina diversos conceptos para el entretenimiento de los consumidores; el mismo cuenta con más de noventa cafés y restaurantes que consumen aceite vegetal diariamente.

En el complejo se han recolectado mensualmente 50.80 galones de aceite quemado, provenientes de aproximadamente la mitad de los restaurantes; dicho aceite era trasladado a la Universidad del Valle de Guatemala para la producción de biodiésel, por lo que se realizó la selección de una planta que cumple con la demanda y las características principales tanto del aceite como del biodiésel.

El biocombustible actualmente se está utilizando únicamente para la movilización de un vehículo Pick-Up, pero dentro del Megaproyecto se realizó una propuesta para darle otro uso al producto, cuyo título del módulo es "Evaluación y propuesta de la instalación de un generador eléctrico operado con biodiésel para carga de vehículos eléctricos"; los cuales llegan a disminuir las emisiones de gases efecto invernadero en aproximadamente un 32% en comparación con un vehículo convencional.

Dicho complejo comercial ha buscado implementar iniciativas orientadas en el cuidado del medio ambiente a manera de agregar valor social y ambiental a las instalaciones. Parte de la iniciativa ha conestado en el tratamiento de residuos sólidos, así como la reducción del consumo de energía eléctrica

Como parte de la iniciativa se evaluó la adquisición e instalación de una planta de producción de biodiésel a partir de aceite usado de cocina; la propuesta se detalla en el módulo "Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel".

Para realizar las pruebas de lavado de biodiésel se produjeron tres lotes de biodiésel a partir de aceite recolectado en un complejo comercial. El proceso de producción de biodiésel consistió llevar a cabo una transesterificación por catálisis básica en una planta HFT EDUCATION RNE280.

Figura 42: Planta HFT EDUCATION modelo RNE280



(HFT EDUCATION, 2017)

Nota: El manual de operación del equipo HFT EDUCATION modelo RNE280 se encuentra en el módulo "Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel".

Al finalizar la reacción, se mantuvo el biodiésel crudo a 70°C y con constante agitación, para luego encender el sistema integrado de destilación de metanol; el proceso de recuperación de dicho reactivo se finalizó cuando ya no había condensación aparente. Se apagó la agitación y se dejó enfriar hasta llegar a temperatura ambiente, finalmente se decantó la glicerina producida, por diferencia de densidades y se obtuvo biodiésel crudo que sería lavado para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo.

El aceite recolectado del complejo comercial y utilizado como materia prima para la producción de biodiésel, en promedio de los tres lotes, tenía las características que se muestra en el Cuadro 23. Es importante mencionar que las caracterizaciones se realizaron al aceite recolectado, pero se debe de considerar que las características del mismo pueden variar.

Cuadro 23: Características del aceite de cocina usado recolectado en el complejo comercial

Análisis	Promedio
Densidad (kg/m ³)	913.9303 ± 0.0053
Humedad y materiales volátiles (%)	4.9 ± 0.1
Viscosidad (cSt)	45.0685 ± 0.0029
pH	4.768 ± 0.005
Número ácido (mg KOH/g)	0.7884 ± 0.0001
Sedimentación	No hay sólidos suspendidos

Nota: La metodología de obtención de dichos parámetros, los datos originales y calculados se encuentran detallada en el módulo "Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel".

El biodiésel crudo que se lavó con el procedimiento detallado en la sección VI. A. tenía, en promedio de los tres lotes, las características que se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 24: Características de biodiésel producido.

Análisis	Promedio
Densidad (kg/m ³)	897.0772 ± 0.0053
Viscosidad (cSt)	4.1798 ± 0.0029
pH	7.553 ± 0.005
Número ácido (mg KOH/g)	0.04 ± 0.01
Agua y sedimentación	No hay sólidos suspendidos
Prueba 3/27	Sí se llevó a cabo la reacción

Nota: La metodología de obtención de dichos parámetros, los datos originales y calculados se encuentran detallada en el módulo "Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel".

La empresa *Soluciones Analíticas* fue contratada por el complejo comercial para realizar un estudio de operación de la planta de tratamiento de agua instalada en el complejo comercial. El estudio del afluente y el efluente se encuentran detalladas en el cuadro siguiente.

Cuadro 25: Determinación de porcentaje de remoción actual en la planta de tratamiento de agua del complejo comercial.

Parámetro	Afluente	Efluente	Unidades	% de reducción	% removido
<u>pH</u>	<u>7</u>	<u>7</u>	<u>:</u>	<u>-</u>	<u>-</u>
<u>Materia flotante</u>	<u>Ausente</u>	<u>Ausente</u>	<u>:</u>		
<u>Sólidos en suspensión totales</u>	<u>200</u>	<u>350</u>	<u>mg/L</u>	<u>175.00%</u>	<u>-75.00%</u>
<u>DQO</u>	<u>903</u>	<u>667</u>	<u>mg/L</u>	<u>73.86%</u>	<u>26.14%</u>
<u>DBO</u>	<u>611</u>	<u>468</u>	<u>mg/L</u>	<u>76.60%</u>	<u>23.40%</u>

Nota: En este cuadro se encuentran los criterios de interés en este trabajo. El estudio completo se encuentra en la sección XII.

Con el fin de proponer procesos que integralmente sean orientados a la preservación del medio ambiente, se debe considerar los subproductos de los procesos. En el caso de la producción de biodiésel, un subproducto significativo es el agua, producto del proceso de purificación del combustible. El agua residual de lavado de biodiésel contiene contaminantes que pueden llegar a dañar el cuerpo receptor hacia el que se descargue, es por eso que en este trabajo se propone un proceso adecuado de tratamiento de dicha agua a manera de alinear los procesos de la producción de biodiésel con las iniciativas ambientales del complejo comercial.

Los recursos naturales que el entorno nos provee son indispensables para nuestro desarrollo y para la vida. Actualmente la mayor parte del mundo tiene una alta tasa de consumo de estos recursos, sin tomar en cuenta que su consumo desmedido disminuye su disponibilidad a futuras generaciones. La tasa a la que se consumen los recursos en la actualidad, es más alta que la tasa de regeneración de estos, es por esta razón que surgen nuevas tendencias para ayudar en la reducción del consumo de recursos naturales y minimizar la generación de residuos, basadas en la implementación de buenas prácticas para un manejo adecuado. Esto con el objetivo de poder aprovechar eficazmente los recursos y cuidarlos. Las oficinas ofrecen un espacio adecuado para la aplicación de estas nuevas tendencias, tomando en cuenta que los recursos naturales se utilizan con una frecuencia significativa en sus actividades diarias, por lo que resulta de utilidad promover el desarrollo de conocimiento, actitudes y hábitos sobre el cuidado y el uso eficiente de los recursos en las actividades desarrolladas por el personal (Canales, 2012).

El Programa de Oficina Verde ha sido propuesto por diferentes instituciones en todo el mundo para reducir el consumo de recursos naturales y busca desarrollar una cultura participativa entre el

personal de las organizaciones que participan en este, para promover las prácticas ambientales responsables, incluyendo dentro de este el manejo de indicadores de eficiencia que permitan monitorear el ahorro y al mismo tiempo la disminución en el impacto ambiental negativo. Además este programa ha estado sujeto a diferentes estudios de Universidades alrededor del mundo, siendo usado en casos de estudio para evidenciar que la aplicación de las prácticas de reducción de consumos impacta directamente en la disminución de costos para la empresa y además proveen un beneficio ambiental (Canales, 2012).

Algunas de las universidades que impulsan este programa son por ejemplo la Universidad de California, Riverside. En su página web impulsan una herramienta que es básicamente una calculadora de nivel de Oficina Verde, la cual en base a nueve diferentes categorías evalúa el nivel de certificación al que pueden optar según las prácticas que aplican. Las categorías que evalúa esta son: Energía, eventos y residuos generados en estos, documentación, compras, reciclaje y compostaje, reutilización e papel, capacitaciones y concientización e innovación. Para cada categoría se determina un puntaje y en base a este se dan recomendaciones para reducir el impacto ambiental negativo en sus operaciones diarias (University of California Riverside, s.f.).

La Universidad de Harvard cuenta con un Programa de Oficina Verde diseñado para crear espacios de trabajo más sostenibles, basado en retroalimentación de parte de toda la comunidad estudiantil (Harvard University, s.f.). La Universidad de Colorado, en Boulder, también tiene implementado en sus instalaciones administrativas un programa de oficina verde que contribuye a su sostenibilidad, en este se contemplan áreas de compra, transporte, consumo de energía y nivel de reciclaje. Manejan un sistema de incentivos para involucrar a las diferentes oficinas del área administrativa en el programa, las oficinas que cumplan con el estándar definido por la Universidad pueden optar al logo o sello de sostenibilidad para poder utilizarlo en sus documentos. Su programa está basado en cinco pasos principales, en los cuales definen a los responsables de la implementación del programa, realizan una autoevaluación de su situación actual mediante una herramienta en Excel que les proporciona la Universidad y envían el formulario lleno al departamento encargado de este programa, luego realizan una visita de verificación al área, la cual utilizan para evaluar los aspectos que deben mejorar y realizar las recomendaciones debidas y por último calendarizan capacitaciones para informar al personal sobre prácticas sostenibles (University of Colorado Boulder, s.f.).

La Universidad de Washington St. Louis implementó un Programa de Oficina Verde en el que planea certificar 100 oficinas para el 31 de Diciembre de 2017. El programa se basa en una lista

de verificación en la que cada oficina se autoevalúa basándose en las prácticas actuales que tienen implementadas y metas que tienen establecidas. Al completar la lista los participantes reciben un puntaje y si este sobrepasa el establecido por la Universidad se certifica como una Oficina Verde. El Programa de Oficina Verde tiene cinco niveles de certificación dependiendo del puntaje obtenido al llenar la lista de verificación. Estos niveles son: Platino con un 90% de cumplimiento, oro con un 80% de cumplimiento, plata para un 65% de cumplimiento, bronce para 50% de cumplimiento y debajo de 50% se otorga un registro únicamente (Washington University in St. Louis, s.f.).

Existen muchos más casos de aplicación del Programa de Oficina Verde en Universidades, pero además este también es impulsado por diferentes instituciones que apoyan la gestión ambiental como por ejemplo WWF (World Wildlife Fund). Esta organización se encuentra presente en diferentes países de Asia, África, Sur, Centro y Norte América y busca impulsar la gestión adecuada de los residuos generados de las actividades humanas y disminuir el consumo de recursos ambientales. Impulsan el Programa de Oficina Verde tanto en el sector privado como público, enfocado principalmente en el consumo de energía eléctrica y la sostenibilidad ambiental, brindando herramientas y acompañamiento durante la implementación de prácticas para reducción del impacto ambiental negativo de las actividades de las diferentes instituciones. Para implementar el programa proponen cinco pasos importantes, comenzando con la firma de un convenio con WWF como los evaluadores del nivel de sostenibilidad en las oficinas, el paso dos consiste en crear un sistema de gestión ambiental, el paso tres es la auditoría para la evaluación de la situación actual, el paso cuatro es la elaboración de un diagnóstico en el que se incluyen indicadores de desempeño que evidencian el nivel de cumplimiento de sostenibilidad y en el que se generan recomendaciones y oportunidades de mejora. Por último el paso cinco consiste en la implementación de las opciones de mejora, medición e avances y la mejora continua en sus actividades diarias (WWF, 2014).

En Guatemala la institución encargada de evaluar el nivel de cumplimiento en la implementación de un programa de oficina verde y otorgar el sello de cumplimiento es el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. Las organizaciones que cumplan con un mínimo de 80% del Estándar podrán obtener su sello de Oficina Verde. Actualmente organizaciones como WWF, CLARIANT, ENEL Green Power y BCIE cuentan con este sello, el cual los acredita como organizaciones sostenibles en el uso de los recursos en las actividades de oficina. Según información proporcionada en la página de Facebook del Centro Guatemalteco de producción más limpia, para el caso de éxito de la empresa CLARIANT se tuvo ahorros de Q 10,000.00 en consumo de energía eléctrica, Q 2,000.00 en consumo de agua y Q 1,000.00 en consumo de papel, a partir de la implementación del programa.

Según datos históricos basados en estudios de casos de diferentes organizaciones, con la aplicación de un Programa de Oficina Verde en las instalaciones administrativas de diferentes organizaciones, se ha logrado un 20% de ahorro en la utilización de hojas de papel y cartuchos de impresora, un 10% de ahorro en el consumo de energía eléctrica y consumo de agua. Además implementando buenas prácticas para el manejo adecuado de los residuos se puede lograr un 20% de ahorro en costos por disposición final de los residuos generados (Canales, 2012).

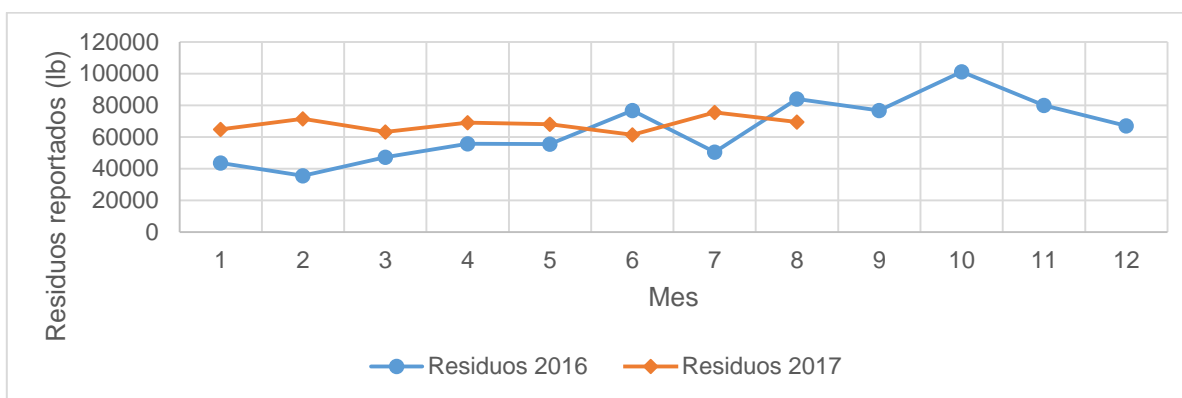
Al momento de iniciar la evaluación presentada en este trabajo, el área administrativa del complejo comercial en el que se realizó la auditoría, no contaba con un programa de sostenibilidad implementado en sus actividades diarias. Las oficinas operaban de forma tradicional, sin evidenciar una cultura comprometida con el ambiente y con poco control sobre el consumo de sus recursos (energía eléctrica y agua) e insumos de oficina. Al no realizar mediciones y llevar un control más riguroso sobre estos consumos, las oficinas no eran aptas para implementar oportunidades que les permitieran reducir estos aspectos. A pesar de lo descrito anteriormente, el personal administrativo presentaba una actitud participativa e interesada en implementar medidas que les permitieran mejoras continuas en la reducción de su impacto negativo al ambiente. Se identificó que tenían implementadas prácticas de clasificación del papel en cajas especiales para reciclaje e iluminación LED en la mayoría de las áreas.

El terreno en el que se edificó el complejo comercial de estudio fue adquirido en el año 1913, sin embargo, la primera fase del proyecto se comenzó hasta en el año 2011. El plan maestro de dicho complejo está inspirado en el urbanismo clásico, donde la planificación de la ciudad se hace basada en las necesidades de los habitantes. Este complejo comercial se divide en dos proyectos, el proyecto comercial y el de vivienda. En ambos casos, la calidad de vida asociada al disfrutar de la naturaleza, es el primordial enfoque que se tiene.

Son 440,304.48 m^2 (63 manzanas) que conforman la totalidad del complejo comercial. El proyecto comercial cuenta con un total de 235 inquilinos de comercios. El proyecto de vivienda cuenta con un total de 106 casas y 149 apartamentos. Según el censo realizado en el pasado 2016, se cuenta con un aproximado de 4,000 personas del área comercial. Además, según los contadores electrónicos del complejo, en total se tiene un promedio aproximado de 190,000 personas ingresando semanalmente.

Según resultados históricos, ambos proyectos generan alrededor de 22,727 kg (50,000 lb) de residuos mensualmente, lo cual contribuye a la degradación y riesgo de las condiciones en el ambiente. Sin embargo, el complejo comercial de estudio está comprometido a impulsar una cultura sostenible en sus comunidades, que permitan preservar un ambiente sano para las presentes y futuras generaciones del complejo. Esto lo logra mediante una gestión adecuada de los residuos, y con una implementación de cultura de reciclaje, dando como resultado la reducción de residuos en los rellenos sanitarios, y la conservación del ambiente.

Figura 43: Generación histórica de residuos durante los años 2016 y 2017



(Complejo comercial, 2017)

Para ello, en agosto de 2014 se dio inicio a la operación de la planta de manejo de desechos (residuos) sólidos PMDS del complejo comercial. El objetivo de la PMDS es gestionar los residuos que se generan de las actividades del complejo comercial, a través de procedimientos que garanticen la reducción de los impactos ambientales que causa el mal manejo de los residuos sólidos.

Desde la fecha en que se dio inicio a la PMDS, se ha trabajado en el reciclaje de residuos tales como cartón, vidrio, PET, y aluminio. Entre julio y noviembre de 2015, se realizó una ampliación en la PMDS. A partir de diciembre de 2015, se comenzó a reciclar otros residuos tales como latón, papel, plástico denso, plástico liviano, chatarra, tetrapack, y aceite vegetal. Desde mayo de 2016, se implementó el reciclaje de residuos coprocesables, así como la producción de abono orgánico, a partir de los residuos de comida y poda.

La realización de un estudio de procesos y logística en la PMDS no cuenta con antecedente alguno, ya que las empresas tercerizadas, encargadas tanto del proceso de recolección, como de separación no han llevado a cabo estudios del proceso.

Con respecto a manejo de información, en el caso del proceso de recolección se puede mencionar que se lleva una hoja de registro que sirve para asegurar que el empleado pase a los lugares y que cualitativamente y por percepción propia lleva un control de bolsas por tamaño pequeño, mediano y grande.

En el caso del proceso de separación, la empresa presenta reportes al complejo comercial en donde se desglosan los tipos de desechos obtenidos por mes, sin embargo, no se cuenta con la certeza de que se lleva un adecuado estudio del proceso y un plan de mejora continua. Partiendo de la información recabada en 2016 y 2017 de enero a agosto se puede observar el total de residuos que ingresan a la planta y el % de material orgánico del total por mes.

Sobre este estudio se puede observar la tendencia y % sobre el total de residuos que llegan a la PMDS. Este dato es de interés para el complejo comercial ya que es la fuente de ingresos de la PMDS en el modelo vigente hasta octubre de 2017.

Al considerar que la población total del complejo comercial es amplio para el desarrollo de la investigación, se considera enfocarla a la población de restaurantes y cafeterías. Aunque se hace la convocatoria a todos los locales que producen alimentos, únicamente se obtiene respuesta de una cafetería. A continuación se describe el complejo comercial y la cafetería, quienes por confidencialidad solicitan no colocar referencia alguna.

Se trabajó específicamente con una cafetería ubicada en uno de los locales del Complejo comercial descrito anteriormente. La estrategia de la empresa parte de una filosofía clara que cree en su país y su gente, que invita a todos a vivir un estilo de vida diferente y a compartirlo con el mundo; con la plena convicción de que una mejor vida es posible. Es una empresa joven, innovadora, vanguardista, sociable, extrovertida, creativa y aspiracional. Con base en cuatro valores internos, directamente vinculados a sus cuatro principales estrategias corporativas:

- **Integridad:** Ser uno mismo. Tener congruencia entre lo que se piensa, se dice y se hace. Las personas deben aceptarse como son, mas no por ello conformarse con su realidad. Quien está bien con sí mismo, podrá ofrecer más a quienes le rodean.

- **Alegría:** Ver el mundo con actitud positiva. Todo lo que nos sucede, bueno o malo es una experiencia, depende de cada uno que aprende de ello y la actitud que asume. Con buena actitud alcanzaremos fuertes relaciones interpersonales, que nos permiten crecer y disfrutar la vida.
- **Innovación:** Depende de cada quien la habilidad para aprender de los demás y del mundo que nos rodea. Innovación es reinventar, crear, adaptar con el objetivo de ser mejores, de crear un mundo diferente, un mundo mejor.
- **Perseverancia:** No darse por vencido. En la vida, las cosas no son fáciles, pero tampoco se disfruta aquello que no cuesta. Buscar siempre dar lo mejor de uno mismo en pro de alcanzar metas.

La cadena de esta cafetería se ha convertido desde 1,998 en una marca querida por el público tanto por su estilo original como por la calidad de sus productos y la atmósfera contemporánea que combina la vanguardia europea con una sólida identidad latina.

Esta cafetería cuenta con tres formatos distintos en 20 puntos de venta, contribuyen a posicionar la marca como el principal referente de estilo de vida en Guatemala y Costa Rica.

La cafetería en donde se lleva a cabo la investigación cuenta con 30 colaboradores distribuidos en las posiciones de: cocineros élite, cocineros, auxiliares de limpieza, meseros y supervisores.

Esta cafetería cuenta con un departamento de capacitación, el cual es el encargado de programar y desarrollar capacitaciones para colaboradores que inician a laborar en la cafetería. Por razones de confidencialidad, para este trabajo de investigación la cafetería solicitó no incluir más información al respecto.

Por otra parte, se trabajó con un restaurante de comida rápida que se encuentra dentro de un complejo comercial ubicado en la ciudad capital de Guatemala. Este presta su servicio a los clientes en horario de 6:00 a.m. a 12:00 a.m. Su visión como compañía es “Ser el lugar y la manera favorita para comer de nuestros clientes.”

El restaurante cuenta con un equipo de trabajo de 44 colaboradores y un gerente, los cuales se ven comprometidos con apoyo al cambio social, al ingresar al restaurante, todos demuestran respeto, amabilidad y compromiso.

La limpieza siempre ha sido una de las principales características de este restaurante, esta es considerada como un compromiso con el cliente, la regla que los describe es: “limpia mientras trabajas, limpia por donde pasas”, esto abarca de igual manera al manejo de los residuos, los cuales son separados en categorías específicas, para luego ser recicladas por una empresa. Se evita el desperdicio de los residuos.

Alrededor de la cocina se cuentan con 8 basureros distribuidos en las diferentes áreas de trabajo. Cada colaborador ha sido capacitado para la correcta separación e identificación de los diferentes residuos producidos y a lo largo de dos meses de entrenamiento es evaluado en esta área.

El restaurante se involucra en apoyar al cuidado del ambiente, por ejemplo: el mobiliario está fabricado con componentes de materiales reciclados, se utiliza iluminación LED en el interior y exterior de las instalaciones para el ahorro de energía eléctrica, cuentan con equipo de aire acondicionado de alta eficiencia y libre de gases de efecto invernadero, los secadores de manos tienen un consumo mínimo de energía eléctrica y tiempo de secado y reutilizan la energía generada por el cuarto frío para calentar el agua.

Es importante mencionar que dentro de la cocina, se manejan términos adaptados por el restaurante. A todos los residuos orgánicos se le conoce como “waste crudo” y al poso del café como “xinga de café”.

El Megaproyecto Estudio técnico y propuestas para el manejo integral de residuos en un complejo comercial, es uno de los Megaproyectos dirigidos por el departamento de Ingeniería Química de la Universidad del Valle de Guatemala. Inició en julio de 2016, con la integración del equipo de 6 estudiantes de Ingeniería Química, 2 estudiantes de Psicopedagogía, y 2 estudiantes de Ingeniería Industrial. En los primeros dos semestres de comenzado el Megaproyecto, se conoció la situación actual del complejo comercial, y se realizaron una serie de capacitaciones al personal del área comercial, mercadeo, recursos humanos, informática, mantenimiento, vivienda, seguridad

industrial, recursos hídricos, diseño, gerencia, kioskos de atención, monitoreo, tráfico, emergencias, finanzas, ventas, limpieza, y construcción. Fue hasta en mayo de 2017, en que se definió el alcance final de cada módulo del Megaproyecto, y en que se comenzó a ejecutar pruebas y a trabajar en el informe final del mismo.

VI. METODOLOGÍA

A. Módulo 1: Evaluación y propuesta para el diseño preliminar de compostera con sistema aeróbico en un complejo comercial

1. Diseño preliminar de la compostera el proceso de diseño preliminar de la compostera consiste en una secuencia de actividades, las cuales son:

- Caracterización inicial de un lote procesado, para lo cual se tomó una muestra del material orgánico que se mantenía en descomposición en las instalaciones y se realizó el análisis en un laboratorio externo.
- Balances de material en la compostera, consiste en los reportes proporcionados por la empresa del último año para realizar una estimación de la cantidad de material disponible.
- Realización de pruebas a escala laboratorio para control del proceso de descomposición de material orgánico contemplando temperatura, pH y humedad.
- Realización del diagrama de flujo del proceso.

Para cumplir la secuencia de actividades, se evaluará el proceso de compostaje del complejo comercial usando los reportes que se generan actualmente, los cuales son proporcionados por una empresa subcontratada para el manejo y separación de residuos sólidos que se generan y se disponen en sus instalaciones. Estos reportes permitirán realizar estimaciones de la cantidad de material con el que se está trabajando actualmente y proponer la mejor solución para el control y manejo de los residuos sólidos orgánicos.

2. Preparación de materiales el muestreo del compost se realizó tomando en cuenta la separación de material orgánico que realiza actualmente el complejo comercial. Considerando que el proceso de separación se realiza manualmente, se procedió a obtener una muestra de material orgánico directamente de la separación en la Planta de Manejo de Desechos Sólidos. La muestra obtenida del complejo comercial era variada, lo que permitió considerar a dicha muestra como representativa del total de material orgánico recolectado.

Además, se tomó en cuenta que el proceso de compostaje actual conlleva la inclusión de materiales orgánicos que provienen del área verde del complejo comercial es decir grama o poda. En el Cuadro 7 se detalla la cantidad de material utilizado para cada una de las muestras tanto de material orgánico, como poda. Al material recolectado se le realizó un tratamiento de reducción de tamaño, utilizando un procesador de alimentos (Ver especificaciones en Cuadro 184).

3. Montaje de sistemas a escala laboratorio se utilizaron dos tipos de sistemas para el análisis de compostaje a escala laboratorio: para la muestra 0, se utilizó un contenedor plástico rectangular y para las muestras 1, 2 y 3 se utilizaron cubetas plásticas. Ambos tipos de sistemas contenían agujeros de 0.5 cm de diámetro en la parte inferior para lograr la descarga de lixiviados que se produjeron en el proceso de descomposición. Además, para propiciar la aireación del material los contenedores tenían agujeros en las paredes, cubiertos por cedazo lo que permite una suficiente aireación del compost y evitar el ingreso de animales al sistema. De igual manera se tapó el contenedor de plástico con un cedazo para evitar el ingreso de insectos.

A los sistemas analizados a escala laboratorio, se les realizó un monitoreo de pH, humedad, temperatura y densidad mientras se llevaba a cabo el proceso de descomposición. El monitoreo del pH se realizó periódicamente en días aleatorios para comparar las muestras y tener una idea del comportamiento que este mantenía. La medición de la humedad se realizó de igual manera, cuando se observaba un cambio en la humedad del sistema. La temperatura se medía periódicamente, a distinta hora cada día para determinar como la temperatura se veía afectada por la temperatura ambiente. La determinación de la densidad se realizó para cada sistema a una distinta etapa de descomposición y así evaluar las características de densidad durante el proceso.

4. Propiedades analizadas de las muestras de compost evaluadas a escala laboratorio

a. pH la muestra se mezcla y agita con agua en una relación 1:5 muestra:agua y se mide con un medidor de pH (Ver Cuadro 181 para especificaciones).

1) Materiales:

- Frasco de vidrio 250 mL
- Agitador magnético
- Medidor de pH / Potenciómetro

- Agua destilada
- Balanza analítica
- Termómetro

2) Procedimiento:

- Pesar la muestra en la balanza analítica y colocarla en un frasco de 250 mL
- Agregar el volumen de agua necesario para lograr una relación 1:5
- Colocar el agitador y agitar por 20 minutos. Mantener la temperatura entre 20-23°C
- Calibrar el potenciómetro
- Detener la agitación e inmediatamente leer el valor de pH
- Agitar suavemente el frasco sin levantarlo, si ocurre un cambio en la lectura, agitar hasta que se estabilice
- Anotar el valor de pH

HUMEDAD una muestra se pesa y seca a 90.0 ± 0.5 °C por una hora. La fracción remanente corresponde al contenido de sólidos totales y la fracción evaporada al contenido de agua.

1) Materiales:

- Balanza de humedad
- Papel aluminio

2) Procedimiento:

- Encender la balanza de humedad
- Configurar la balanza para un ciclo de secado de 90.0 ± 0.5 °C, máximo por 1 hora de calentamiento
- Colocar un pedazo de papel aluminio en la bandeja y cerrar la balanza para que tare el papel
- Colocar la muestra de compost húmedo
- Cerrar la balanza y leer el valor inicial de peso de muestra.
- Luego de 1 hora, leer el valor de humedad, tarar la muestra seca y anotar el valor de masa.

3) Cálculos:

Ecuación 20: Sólidos Totales (% en base a muestra húmeda)

$$ST(\%) = \frac{b}{a} * 100$$

Donde:

ST, contenido de sólidos totales, en % en base a muestra húmeda

A, masa en g de la muestra húmeda

B, masa en g de la muestra seca a $90.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

Ecuación 21: Contenido de Agua (% en base a muestra húmeda)

$$Agua(\%) = \frac{a - b}{a} * 100$$

Donde:

Agua, contenido de agua, en % en base a muestra húmeda

A, masa en g de la muestra húmeda

B, masa en g de la muestra seca a $90 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

Temperatura se realiza el control de la temperatura para monitorear el proceso de descomposición

1) Materiales

- Termómetro sumergible o termocupla

2) Procedimiento

- El termómetro o termocoupla se coloca en el centro de la muestra y se espera a que la lectura se estabilice. (aproximadamente 1 min)
- Realizar la medición de lectura de temperatura.

Densidad

4) Materiales:

- Balanza analítica
- Probeta de 100 mL
- Espátula

5) Procedimiento:

- Tarar en la balanza analítica la masa de la probeta
- Agregar con la espátula una masa de muestra a la probeta
- Compactar la masa y leer el volumen
- Pesar la muestra contenida en la probeta
- Anotar los valores de masa y volumen correspondientes

6) Cálculos:

Ecuación 22: Densidad

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

ρ , densidad (g/mL)

m , masa (g)

v , volumen (mL)

5. **Análisis laboratorio** finalmente, se realizó un análisis de laboratorio externo para determinar propiedades como: Relación C:N, %N, % d carbono orgánico, %de carbono orgánico, % porcentaje de materia orgánica y cenizas, entre otros. Este análisis permite comparar las características del lote procesado en el complejo comercial directamente con las muestras procesadas a escala laboratorio y el estándar de los requerimientos de las plantas.

6. **Balances de materia** se realizó el balance de materia en base a las ecuaciones generales de un balance del sistema analizado a escala laboratorio utilizando las siguientes ecuaciones:

Ecuación 23: Balance general de materia

$$mi = mf + P$$

Donde:

mi , masa inicial

mf , masa final

P , son las pérdidas en el sistema

Ecuación 24: Balance de Sólidos

$$mi(x_1) = mf(x_2) + P_1$$

Donde:

mi , masa inicial

x_1 , porcentaje de sólidos iniciales

mf , masa final

x_2 , porcentaje de sólidos finales

P_1 , pérdidas de sólidos en el sistema

Ecuación 25: Balance de Agua

$$mi(y_1) = f(y_2) + P_2$$

Donde:

mi , es la masa inicial

y_1 , es el porcentaje de contenido de agua inicial

mf , es la masa final

y_2 , es el porcentaje de contenido de agua final

P_2 , son las pérdidas de agua en el sistema

Ecuación 26: Balance de Pérdidas

$$P = P_1 + P_2$$

Donde:

P , pérdidas en el sistema

P_1 , pérdidas de sólidos en el sistema

P_2 , pérdidas de agua en el sistema

Ecuación 27: Porcentaje de Conversión

$$C = \left(1 - \frac{mf + PR}{mi(x_1)}\right) * 100$$

Donde:

C , conversión del sistema

mf , masa final

mi , masa inicial

PR , pérdidas de sólidos en el sistema

x_1 , porcentaje de sólidos inicial

Ecuación 28: Rendimiento de Producción

$$\%R = \frac{mf + PR}{mi(x_i)} * 100$$

Donde:

$\%R$, rendimiento de producción de compost

mf , masa final

mi , masa inicial

PR , pérdidas de sólidos en el sistema

x_1 , porcentaje de sólidos inicial

Ecuación 29: Porcentaje de Error

$$\%E = \frac{T_{eo} - Exp}{T_{eo}} * 100$$

Donde:

$\%E$, porcentaje de error

T_{eo} , valor teórico

Exp , valor experimental

7. **Proyecciones** se realizó un promedio de todos los datos de material orgánico obtenido para los años 2016 y 2017. Considerando como base los datos proporcionados por el complejo comercial sobre el crecimiento porcentual anual y datos estadísticos sobre la variación de recolección realizados en el módulo: Análisis financiero de proyecto y propuesta de diseño de planta de manejo de desechos en un complejo comercial, se obtuvo que el crecimiento anual porcentual mayor fue el correspondiente a la recuperación y separación de materiales en la PMDS. Se utilizó el porcentaje de variación del 21% para proyectar el aumento de desechos de material orgánico tomando como base de cálculo el promedio de recolección de material orgánico.

B. Módulo 2: Evaluación de proceso anaeróbico para tratamiento de residuos sólidos orgánicos en un complejo comercial

1. Preparación de mezcla de material orgánico

- Se recolectó 10 kg de residuos de verduras y frutas del complejo comercial, que llegan al centro de acopio del complejo comercial.
- Se trituró en un procesador de alimentos los residuos hasta obtener una mezcla homogénea con partículas de diámetro aproximado a 0.5 cm.
- Se mezcló hasta obtener un lodo 10 kg de esta masa con 10 L de agua, en relación 1:1 (Figura 103).

2. Montaje de sistema por lote

a. Construcción de digestores, los cuatro digestores tenían capacidad de 5 L del lodo preparado con el material orgánico. Fueron fabricados con recipientes de plástico, tres tenían dos salidas: un tubo de PVC como salida para las muestras material orgánico y salida de los gases generados a través de una manguera. Uno de ellos fue utilizado como referencia de la cantidad máxima de biogás a generar, por lo que no se abrió salida de muestra [Ver Figura 104]. A continuación, se detalla su construcción:

- Se utilizaron cuatro recipientes de plástico de 30 cm de alto y 50 cm de diámetro, con capacidad de 5 L.
- Se abrieron dos orificios en la parte superior del cuerpo cada recipiente de la siguiente manera [Ver Figura 104] (para el recipiente referencia únicamente se abrió el orificio para manguera de gas):
 - Orificio para toma de muestra: con un barreno y broca se abrió un agujero de 1.27 cm ($\frac{1}{2}$ in). Se aseguró que fuera posible introducir un tubo de PVC 1.27 cm ($\frac{1}{2}$ in) de diámetro nominal.
 - Orificio para manguera de gas: con un barreno y broca se abrió un agujero de 1.90 cm ($\frac{3}{4}$ in). Se aseguró que fuera posible introducir una manguera de plástico 1.91 cm ($\frac{3}{4}$ in) de diámetro nominal.

- Se cortó el tubo PVC de aproximadamente 45 cm de longitud (3 trozos).
- Se cortó la manguera a una longitud tal que estuviera introducido dentro del recipiente, 2 cm; y dentro de las trampas de gas 10 cm (3 trozos).
- Con pegamento epoxi, se pegó el trozo cortado de PVC y manguera, en el orificio correspondiente de cada recipiente. Se utilizó una cantidad suficiente para mantener fijado el tubo o manguera y tener un cierre hermético.
- Se dejó secar el pegamento, sin mover, durante 1 h.

b. Preparación de trampa de gas, los gases fueron dirigidos hacia una trampa que consistía en botellas pet graduadas llenas de agua. Estas se encontraban sumergidas de forma invertida, en un recipiente con agua. A continuación, se detalla su construcción:

- Se utilizó cuatro botellas PET de agua carbonatada con capacidad de 1.5 L.
- Se graduó cada botella de la siguiente manera:
 - Se midió 50 mL de agua destilada con una probeta.
 - Se añadieron los 50 mL de agua a la botella y se marcó línea de agua con un marcador permanente.
 - Se repitió el proceso hasta llenar toda la botella.
- Para cada botella, se cortaron tres pedazos de alambre: uno de diámetro de la botella y otros dos que sujetaron del círculo de alambre y se unían en la parte inferior de la botella. Para guiarse ver Figura 101.
- Se llenaron las tres botellas con agua, hasta aproximadamente 5 cm de la tapa de la botella.
- Se colocó un recipiente lleno de agua y se colgaron las botellas de forma invertida, a manera que 10 cm quedaron sumergidos. Para guiarse ver Figura 104.

c. Preparación de sistema de calentamiento, se construyó un baño térmico en el cual estarían sumergidos los digestores, para asegurar mantener las condiciones de temperatura lo más estable posible durante el desarrollo del experimento. A continuación, se detalla su construcción:

- Se llenó otro recipiente con agua, donde se encontrarían los cuatro digestores.
- Se sumergió por completo, un calentador de inmersión (Figura 105).

3. Determinación de propiedades fisicoquímicas de material orgánico se realizaron pruebas para determinar las propiedades fisicoquímicas de: material orgánico recibido del complejo, ya triturado; del material de entrada y salida de los digestores. Estas pruebas fueron realizadas con el equipo del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala. A continuación, se detalla el procedimiento para cada propiedad:

a. Humedad

- Listado de materiales
 - Balanza de humedad
 - Papel aluminio

- Procedimiento
 - Se encendió balanza de humedad OHAUS, y se programó para calentar a 110 °C durante 1 h. Se taró el plato junto con un cuadro de aluminio. Se colocó la muestra en el cuadro de aluminio y se pesó una masa de aproximadamente 4 g del material orgánico. Tras transcurrida la hora, se apuntó el porcentaje de humedad mostrado en la pantalla y se presionó el botón de tara, para conocer la masa final de la muestra.

b. Densidad

- Lista de materiales
 - Balanza analítica
 - Probeta de 50 mL
 - Varilla

- Procedimiento
 - Se utilizó una probeta de 50 mL y una balanza analítica BOECO Germany BBA31. Se taró la probeta. Con ayuda de una varilla, se llenó con la muestra hasta la línea de 10 mL y se midió la masa. Se repitió el proceso con 20, 30, 40 y 50 mL.

c. pH

- Listado de materiales
 - Potenciómetro
 - Beaker 100 mL

- Procedimiento
 - Se utilizó un potenciómetro Fisher Scientific AB15 Plus pH Meter [Ver Anexo B.1 para procedimiento detallado].

d. Sólidos Totales (ST)

- Lista de materiales
 - Mufla
 - Crisol
 - Balanza analítica
 - Espátula

- Procedimiento
 - Se siguió la metodología de (EPA, 2001) para determinación de ST, utilizando una mufla Thermo Scientific [Ver Anexo B.1 para procedimiento detallado].

e. Sólidos Volátiles (SV)

- Lista de materiales
 - Mufla
 - Crisol
 - Balanza analítica
 - Espátula

- Procedimiento
 - Se siguió la metodología de (EPA, 2001) para determinación de SV, utilizando una mufla Thermo Scientific [Ver Anexo B.1 para procedimiento detallado].

f. DQO

- Lista de materiales
 - Reactor HACH
 - Viales High Range
 - Pipeta volumétrica 1 mL
 - Beaker 100 mL

- Procedimiento
 - se empleó el método colorimétrico, siguiendo la metodología indicada en el manual del equipo HACH Company para determinación de DQO [Ver Anexo B.1 para procedimiento detallado].

4. Monitoreo de condiciones

- Temperatura: se midió con un termómetro de alcohol la temperatura del baño térmico cada 12 horas (9:30 am y 9:30 pm). Generalmente, se encontraba en 55 °C, por lo que para evitar que subiera de esta temperatura se agregaba agua a temperatura ambiente o se desconectaba el calentador por aproximadamente 6 minutos.
- Volumen de gas: se realizaron lecturas del nivel de agua en las botellas invertidas, cada 12 horas (9:30 am y 9:30 pm). Cuando el nivel de agua fue muy bajo, aproximadamente 300 mL; se cerró la botella y se cambió por otra.

a. pH

- Lista de materiales
 - Manguera
 - Potenciómetro
 - Beaker 100 mL

- Procedimiento
 - Se introdujo una manguera en el tubo de PVC y se tapó con el dedo a manera de mantener la presión dentro de la manguera y extraer la muestra. Se repitió el proceso hasta recolectar aproximadamente 60 mL de muestra de cada digestor. Las muestras se recolectaron todos los días, en recipientes de vidrio con tapa y se llevaron al Laboratorio

de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, para realizar pruebas de pH con el potenciómetro Fisher Scientific AB15 Plus pH Meter [Ver Anexo B.1 para procedimiento detallado].

5. Análisis de biogás

- Cromatografía de gases: el gas recolectado en las trampas de gas, fue llevado al Laboratorio de Instrumentación Química Avanzada de la Universidad del Valle de Guatemala. Con una jeringa, se extrajo el gas de las trampas, para ser analizado en un cromatógrafo de gases Agilent 6890N.

C. Módulo 3: Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel

Para la selección de una planta de biodiésel se realizó la caracterización del aceite proveniente del complejo comercial y del biodiésel producido a partir del mismo, esto con la finalidad de determinar las características fisicoquímicas que los mismos poseen; posteriormente se analizaron dos ejes importantes, el aspecto técnico y económico, los cuales se detallan a continuación:

1. **Caracterización** las muestras para la determinación de sus características fisicoquímicas fueron tomadas en el mes de septiembre y octubre, y cada una de ellas se analizó en triplicado, esto con la finalidad de poder conocer en que condiciones se encontraba el aceite y el producto terminado. Para ambas caracterizaciones se utilizaron los siguientes materiales:

Cuadro 26: Equipo y cristalería utilizada para la determinación de las características fisicoquímicas de las distintas muestras.

Equipo / Cristalería	Cantidad
Bureta 50 mL	2
Beaker 50 mL	2
Beaker 100 mL	1
Pipeta volumétrica 50 mL	1
Pipeta graduada 10 mL	1
Erlenmeyer 250 mL	1
Soporte universal	1
Pinza mariposa	1
Viscosímetro de Oswald	1
Baño térmico	1
Cronómetro	1
Pinzas	1
Balanza analítica	1
Centrifugadora	1
Tubos de ensayo	1
Potenciómetro	1
Picnómetro	1
Estufa con agitación	1
Agitador magnético	1
Vial	1

Las especificaciones técnicas de cada equipo o cristalería utilizada se pueden observar en la Sección 2 del anexo C (Ver cuadros 239 y 240).

Cuadro 27: Reactivos utilizados para la determinación de las características fisicoquímicas de las distintas muestras.

Reactivo	Cantidad usada por muestra
Metanol	0.000127 m ³
Hidróxido de potasio	0.000449 kg
Agua destilada	0.000131 m ³
Fenolftaleína	0.000004 m ³

Los valores anteriormente descritos representan las cantidades de materia prima utilizadas para la caracterización de aceite vegetal usado y del biodiésel producido.

a. Aceite usado, todos los análisis efectuados al aceite usado proveniente del complejo comercial, se realizaron a la temperatura dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, la cual fue de 28 °C. Los análisis fueron:

1) Número ácido, se siguió el procedimiento de la guía “*Prueba del número ácido*”, adaptada de las pruebas AOAC 940.28; se realizaron los análisis en triplicado para cada uno de los tres lotes realizados.

2) Viscosidad, se siguió el procedimiento de la guía “*Prueba de viscosidad*”, adaptada de las pruebas ASTM D445; se realizaron los análisis en triplicado para cada uno de los tres lotes realizados.

3) Agua y sedimentación, se siguió el procedimiento de la guía “*Prueba de agua y sedimentación*”, adaptada de las pruebas ASTM D6304; se realizaron los análisis en triplicado para cada uno de los tres lotes realizados.

4) pH, se siguió el procedimiento de la guía “*Prueba de pH*”, adaptada de las pruebas ASTM D6751; se realizaron los análisis en triplicado para cada uno de los tres lotes realizados.

5) Densidad, se siguió el procedimiento de la guía "*Prueba de densidad*", adaptada de las pruebas ASTM D1298; se realizaron los análisis en triplicado para cada uno de los tres lotes realizados.

6) Humedad y materiales volátiles, se siguió el procedimiento de la guía "*Prueba de humedad y materiales volátiles*", adaptada de las pruebas ASTM D6304; se realizaron los análisis en triplicado para cada uno de los tres lotes realizados.

b. Biodiésel, todos los análisis efectuados al biodiésel, se realizaron a la temperatura dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, la cual fue de 29 °C. Los análisis fueron:

1) Prueba 3/27, se siguió el procedimiento de la guía "*Prueba 3/27*", adaptada de las pruebas ASTM D6751. Se realizaron los análisis en triplicado para cada uno de los tres lotes realizados.

2) Número ácido, se siguió el procedimiento de la guía "*Prueba del número ácido*", adaptada de las pruebas AOAC 940.28; se realizaron los análisis en triplicado para cada uno de los tres lotes realizados.

3) Viscosidad, se siguió el procedimiento de la guía "*Prueba de viscosidad*", adaptada de las pruebas ASTM D445; se realizaron los análisis en triplicado para cada uno de los tres lotes realizados.

4) Agua y sedimentación, se siguió el procedimiento de la guía "*Prueba de agua y sedimentación*", adaptada de las pruebas ASTM D6304. Se realizaron los análisis en triplicado para cada uno de los tres lotes realizados.

5) pH, se siguió el procedimiento de la guía “*Prueba de pH*”, adaptada de las pruebas ASTM D6751. Se realizaron los análisis en triplicado para cada uno de los tres lotes realizados.

6) Densidad, se siguió el procedimiento de la guía “*Prueba de densidad*”, adaptada de las pruebas ASTM D1298. Se realizaron los análisis en triplicado para cada uno de los tres lotes realizados.

2. Evaluación técnica para la determinación de la capacidad de la planta, se efectuó una encuesta a todos los restaurantes dentro del complejo comercial, acerca de la cantidad de aceite que consumen semanalmente; esto con la finalidad de llegar a conocer con exactitud la cantidad de aceite usado que se utilizaría para la producción de biodiésel, si todos los restaurantes y comedores aportaran dicho residuo.

Por otra parte, se deben de analizar diversos factores que llegan a condicionar el tamaño de la planta, tales como:

a. La demanda, se determinó la demanda mediante encuestas realizadas al Ingeniero encargado del proyecto dentro del complejo comercial, para conocer la cantidad de biodiésel que consume el Pick-Up (vehículo que circula dentro de las instalaciones). Por otra parte, se estimó la cantidad de biodiésel requerido para la producción de electricidad, mediante un generador eléctrico propuesto dentro del megaproyecto, cuyo título del módulo es “Evaluación y propuesta de la instalación de un generador eléctrico operado con biodiésel para carga de vehículos eléctricos”.

Por otra parte, se deben de analizar diversos factores que llegan a condicionar el tamaño de la planta, tales como:

b. Suministros e insumos, para que se llegue a desarrollar el proyecto, es muy importante que el abastecimiento de las materias primas sea el óptimo, tanto en calidad como en cantidad. Para demostrar que este no es un factor limitante en el desarrollo del proyecto, se

enlistaron diversas cotizaciones de proveedores de materia prima y equipos de seguridad personal.

c. Tecnología y equipos, se evaluaron diversas plantas para la producción de biodiésel, las cuales operan con equipos y tecnologías diferentes; de estas se seleccionó la más apropiada, mediante una matriz de selección, la caracterización realizada y los intereses del complejo comercial. Dentro de la matriz de selección se analizaron los diferentes aspectos:

Cuadro 28: Ponderación y porcentaje utilizado para cada ítem analizado dentro de la matriz de selección.

Aspecto	Ítem	Porcentaje	Ponderación	Significado
Transporte	Tiempo de entrega	10%	1	No hay información.
			2	Más de tres meses.
			3	Menos de tres meses.
	Incoterm	10%	1	No hay información.
			2	EXW
			3	CIF
Costo	Planta	30%	1	Más de \$10,000.00
			2	Menos de \$5,000.00
			3	Entre \$5,000.00 y \$10,000.00
Técnico	Capacidad	7%	1	Más de 200 litros por lote
			2	Entre 100 y 200 litros por lote.
			3	Menos de 100 litros por lote.
	Capacidad de escalamiento	7%	1	No hay información.
			2	No puede aumentar su capacidad.
			3	Puede aumentar al comprar accesorios
	Tiempo de producción	2%	1	No hay información.
			2	Más de 24 horas.
			3	Menos de 24 horas.

Aspecto	Ítem	Porcentaje	Ponderación	Significado
	Materiales de construcción	5%	1	Otro.
			2	Acero (al carbón), plástico.
			3	Acero inoxidable.
	Automatización	7%	1	Manual.
			2	Semi automatizada.
			3	Automatizada.
	Tipo de proceso	4%	1	Continuo.
			2	Semi continuo.
			3	Lotes.
Técnico	Equipos auxiliares	5%	1	No hay información.
			2	Se compran por separado.
			3	No requiere equipos auxiliares.
	Garantía	6%	1	No tiene garantía.
			2	Menos de un año.
			3	Más de un año.
	Asistencia técnica	5%	1	El proveedor no brinda asistencia.
			2	Se brinda asistencia únicamente por teléfono.
			3	Envía técnicos al lugar de la planta.
	Cantidad de operarios	2%	1	Requiere más de tres personas.
			2	Requiere de dos a tres personas.
			3	Requiere una persona.

Se seleccionó la planta que obtuvo el mayor promedio ponderado con respecto al resto de las plantas de producción de biodiésel analizadas.

3. **Evaluación económica** en esta área se determinó el costo para la realización del proyecto, el costo de producción de un lote de biodiésel y la factibilidad económica de llevar a cabo la instalación de la planta dentro del complejo comercial, la cual comprende:

a. Costo para la realización del proyecto

1) Caracterización de aceite y biodiésel, para la determinación de los costos involucrados en la caracterización de aceite, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

a) Costo de reactivos

Ecuación 30: Costo de reactivos

$$= (Cantidad\ utilizada)_{reactivo} \left(\frac{Costo_{reactivo}}{Precio\ de\ venta} \right)_{reactivo}$$

Dicha ecuación se utilizó para la determinación del costo de los siguientes reactivos, en dependencia de la cantidad utilizada para los diferentes análisis realizados.

- Metanol
- Hidróxido de potasio
- Agua destilada
- Fenolftaleína

i) Costo de electricidad consumida

Ecuación 31. Costo de electricidad consumida

$$Costo_{electricidad} = (Consumo\ de\ electricidad)(horas\ de\ uso) \left(\frac{Precio}{kWh\ consumido} \right)$$

Dicha ecuación se utilizó para la determinación del costo por consumo de energía eléctrica de los equipos utilizados para los diferentes análisis realizados.

ii) Costo de agua

Ecuación 32. Costo de agua consumida

$$Costo_{agua} = (Consumo\ de\ agua) \left(\frac{Precio}{m^3\ consumido} \right)$$

Dicha ecuación se utilizó para la determinación del costo por consumo de agua, al momento de efectuar los diferentes análisis.

c. Costo de producción, en este se ven reflejados las determinaciones realizadas al momento de elaborar el estudio técnico. Entre los principales costos de producción se encuentran los siguientes:

1) Inversión, involucra únicamente el costo de la planta de producción de biodiésel, la cual se determinó mediante la cotización de la misma con el proveedor.

2) Costo de materia prima, utilizada para la producción de biodiésel son el aceite de cocina usado, metanol e hidróxido de sodio. Al ser el aceite un desecho de los restaurantes del complejo comercial, se considera que el mismo no tiene costo alguno.

Por otra parte, para determinar el costo de los reactivos utilizados, tales como el metanol e hidróxido de sodio, se utiliza la Ecuación No. 30.

3) Costo de energía eléctrica, es muy importante tomar en consideración el costo de la energía eléctrica, ya que la planta de producción utiliza electricidad para su funcionamiento. Para su cálculo, se tomó en cuenta la potencia requerida por la planta, el tiempo que requiere estar funcionando para llevar a cabo un lote completo y el precio de la electricidad en el complejo comercial (Ver cuadro 251 del anexo I); estos se analizaron dentro de la Ecuación No.31.

Al momento de efectuar el análisis por consumo de energía eléctrica mensual, se sumó la tarifa fija (Ver Anexo 7, sección 3 del anexo C) al costo determinado por lote de producción.

4) Costo de consumo de agua, para la determinación del costo por consumo de agua, se toma en cuenta la cantidad de agua utilizada por lote de producción y el precio del agua en el complejo comercial (Ver cuadro 252 del anexo I); estos se analizaron dentro de la Ecuación No. 32.

Al momento de efectuar el análisis por consumo de agua mensual, se sumó la tarifa fija (Ver Anexo 7, sección 3 del anexo C) al costo determinado por la cantidad de lotes de producción correspondientes.

5) Costo por mantenimiento, se calculó el costo por mantenimiento de la planta de producción de biodiésel para cinco años, según el flujo de efectivo. Este se calculó como el 3% de la inversión inicial, según lo indica el *Manual del Ingeniero Químico* (Perry, 2007).

6) Costos de mano de obra directa, dicho costo involucra el salario del personal que estará trabajando en la planta. Se hizo el supuesto que se le estará pagando el salario mínimo a la persona encargada de la producción, la cual trabaja un total de ocho horas diarias, tomando en cuenta fines de semana. Actualmente en Guatemala el salario mínimo es de Q10.86 la hora diurna ordinaria.

Se elaboró una matriz, en la cual se indica la cantidad de horas al día que el operario trabajó durante una semana completa.

Cuadro 29: Distribución de horas trabajadas diariamente durante una semana.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Horas semanales
Hora ordinaria	8	8	8	8	8	8	0	48
Hora extra ordinaria	0	0	0	0	0	4	0	4
Hora extra extraordinaria	0	0	0	0	0	0	8	8

Se sabe que el operario no puede trabajar más de cuarenta y ocho horas ordinarias a la semana, por lo que el resto de horas trabajadas son pagadas como extra; por otra parte, cualquier cantidad de horas trabajadas en día domingo, es pagado como hora extra extraordinaria.

El cálculo de la hora ordinaria se observa con la siguiente ecuación:

Ecuación 33. Pago hora ordinaria

$$Pago_{hora\ ordinaria} = (Horas\ trabajadas) \left(\frac{Q10.86}{1\ hora} \right)$$

Por otra parte, las horas extraordinarias se calculan con la siguiente ecuación:

Ecuación 34. Pago hora extraordinaria

$$Pago_{hora\ extraordinaria} = (Horas\ trabajadas)(1.5) \left(\frac{Q10.86}{1\ hora} \right)$$

Ecuación 35. Pago hora extra extraordinaria

$$Pago_{hora\ extra\ extraordinaria} = (Horas\ trabajadas)(2) \left(\frac{Q10.86}{1\ hora} \right)$$

Al finalizar el cálculo en dependencia de la cantidad de horas trabajadas, se efectúa el cálculo del séptimo día, el cual es un derecho para todos los trabajadores. El mismo se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 36. Pago de séptimo día

$$Pago_{7mo\ día} = \frac{Pago_{ordinaria} + Pago_{extraordinaria} + Pago_{extra\ extra\ ordinaria}}{6}$$

A cada trabajador se le deben de pagar prestaciones, las que se tomaron en cuenta fueron las siguientes:

Cuadro 30: Prestaciones a pagar a cada uno de los empleados dentro del complejo comercial.

Prestación	Porcentaje anual sobre el salario base (%)
IGGS (Instituto guatemalteco de seguridad social)	10.67
IRTRA (Institución de recreación de los trabajadores de la empresa privada de Guatemala)	1.00
INTECAP (Instituto técnico de capacitación y productividad)	1.00
Aguinaldo	8.33
Bono 14	8.33
Pasivo laboral	8.33
Bono extra	Q 250.00

Dichos valores fueron establecidos de acuerdo a las regulaciones legales en Guatemala, lo cual es dictaminado por el Ministerio de Trabajo y Previsión Social para el año 2017.

Finalmente se determinó el pago semanal de los operarios al sumar todos los pagos de las distintas horas trabajadas en la planta de producción dentro del complejo comercial.

7) Depreciación, se determinó la depreciación anual de la planta de biodiésel, utilizando el método lineal; este se realizó para la cantidad de años analizados dentro del flujo de efectivo. Este se determinó de la siguiente manera:

Ecuación 37. Depreciación lineal

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Años a depreciar}}$$

104086 mb

8) Instalaciones eléctricas, se determinaron los costos que involucran una instalación eléctrica al trabajar con voltajes bajos y amperaje alto; estos involucran la mano de obra, siendo cotizado la empresa SOELEC (soluciones eléctricas), que cobra Q 500.00 y los repuestos que se describen a continuación:

- Flipón que soporte 15 – 20 Amperios
- Cable THHN de calibre 12 – aproximadamente diez metros.
- Canal eléctrica plástica – aproximadamente diez metros.

Las cotizaciones de cada uno de los repuestos se pueden observar en el Cuadro 253 del Anexo I.

9) Costo de equipo y servicios de limpieza, el equipo y servicio de limpieza necesario para la planta de producción de biodiésel y el área en donde se encontrará la misma, radica en agua municipal, manguera y jabón en polvo. Las cantidades se describen a continuación:

Cuadro 31: Cantidad de los equipos y servicios de limpieza utilizados en la producción de biodiésel.

Equipo / servicio de limpieza	Cantidad
Agua municipal por lavada	0.163 m ³
Jabón en polvo por lavada	0.225 kg
Manguera	1

Las cotizaciones de cada uno de equipos de limpieza se pueden encontrar detallados en el Cuadro 254 del Anexo I.

10) Otros costos, se le debe proporcionar equipo de protección al personal que operara la planta de producción de biodiésel, ya que trabaja con vapores y reactivos dañinos al ser inhalados y al entrar en contacto con la piel. Por ello se realizó la cotización de mascarillas y guantes para poder trabajar con la planta.

Los costos de producción se determinaron para dos casos diferentes; en el primer caso se evaluó el costo que conlleva la producción de un lote de biodiésel en cada una de las diferentes plantas analizadas; como segundo caso se analizó el flujo de efectivo en un periodo de cinco años, tomando en cuenta un 28% de impuestos en la ciudad de Guatemala, para cada una de las plantas propuestas y con ello determinar la factibilidad económica de las mismas.

d. Rentabilidad del proyecto, se efectuaron los flujos de efectivo del proyecto en un plazo de cinco años, para los cuales se analizaron los parámetros TIR y VAN, que evalúan la rentabilidad de un proyecto. Estos se describen a continuación:

1) TIR, la tasa interna de retorno es un indicador de la rentabilidad de un proyecto; se aceptó el proyecto, al momento en que el valor de TIR fue mayor a la tasa mínima aceptable de rentabilidad (TMAR), el cual se tomó como 10%, siendo este determinado dentro de un módulo del megaproyecto, cuyo título es “Análisis financiero de proyecto y propuesta de diseño de planta de manejo de desechos en un complejo comercial”.

2) VAN, el valor neto actual permite calcular el valor presente de un determinado número de flujo de cajas futuros, originados de una inversión. Para el cálculo del mismo, se tomó como porcentaje de rentabilidad el 10% (TMAR), el cual es aceptable al momento de llevar a cabo un proyecto.

Se aceptó el proyecto al trabajar con valores de VAN mayores o iguales a cero, debido a que esto refleja la rentabilidad del mismo y permite deducir que la inversión llegará a generar ganancias en el futuro.

D. Módulo 4: Evaluación y propuesta de la instalación de un generador eléctrico operado con biodiésel para carga de vehículos eléctricos

Para realizar la propuesta para la instalación del generador eléctrico se realizaron seis cotizaciones a diferentes proveedores, de esas seis, se seleccionaron dos, las cuales cumplían con los parámetros requeridos por el complejo comercial y por las especificaciones técnicas de los equipos. El proceso de la propuesta se llevó a cabo mediante una matriz de selección, en donde se colocaron las dos propuestas con sus especificaciones técnicas. Es importante mencionar que se analizaron el motor de combustión interna y el generador eléctrico por separado. Esto debido a que el realce de este proyecto, va orientado al motor, puesto que la parte del generador es de importancia de la Ingeniería Eléctrica.

Se consiguieron todos los parámetros de importancia para la determinación de la potencia necesaria para alentar los 23 equipos eléctricos del complejo comercial. Debido a que no se contó con las fichas de especificación técnica, se hizo una búsqueda en páginas de internet, para encontrar dichos requerimientos, tales como el voltaje individual, la corriente y la potencia de cada equipo.

Luego de analizar la información obtenida, se procedió a realizar una tabla de anotación de los parámetros encontrados y determinados, los cuales fueron: potencia individual, frecuencia, número de fases, horas de uso de cada equipo, número de horas necesarias para cargar cada equipo, tipo y número de equipos de cada tipo.

Para la determinación de los requerimientos del árbol de Navidad, no se contó con información por parte del complejo comercial, por lo que se acudió a un almacén, y de acuerdo a una entrevista a una vendedora de tienda, se obtuvo la información requerida. La vendedora dió las especificaciones necesarias sobre las luces que utilizaba el árbol. Estas especificaciones fueron: número de rollos, número de focos en cada rollo, potencia de las bombillas y altura del árbol. Se hizo cálculo aproximado del tiempo de uso del árbol navideño, asumiendo que se usaría por 7 h/día, durante 60 días. Se calculó la potencia requerida para conectar el árbol navideño. Cabe mencionar que la venta para el complejo comercial se hace por mayor (en rollos y a precio especial).

Luego de obtener las especificaciones de todos los equipos, se procedió a cotizar los generadores eléctricos, los cuales se venden como Grupos Electrónicos en el mercado, esto debido a que un Grupo Electrónico, es la unión de un motor de combustión interna y un generador eléctrico. Se realizaron seis cotizaciones distintas a proveedores como:

- Provisión de Equipos y Servicios. S. A –PROEQUIPSA
- Tecni Group
- Gentrac CAT
- Maquinarias Topke, S. A
- Ingeniería Electromecánica ODISA
- Grupo Tecun

Luego de realizar una matriz de selección para el motor de combustión interna y del generador eléctrico, por separado, para cada proveedor, se procedió a reducir el número de opciones a dos proveedores, los cuales son PROEQUIPSA Y Tecni Group.

El motor de combustión interna se eligió en base a parámetros como: marca prestigiosa de motor, consumo de lubricante, consumo de refrigerante, frecuencia de mantenimiento, consumo de combustible, tipo de combustible, velocidad nominal (RPM), potencia nominal del motor (kW), potencia de salida del generador eléctrico (kW). En base a los últimos dos parámetros, se obtuvo la eficiencia de generación, la cual hace una relación entre las dos potencias y con ello se busca elegir el motor más eficiente. Si el proceso es más eficiente, significa que con un motor más pequeño se entregó mayor eficiencia. La relación de potencias y el cuadro detallado se encuentran en los cuadros en la sección de Resultados.

Debido a que el tema de selección de un generador eléctrico, no es de gran conocimiento para el área de Ingeniería Química, se procedió a consultar con los expertos en el área, por lo que se consultó con el Ingeniero Eléctrico Aníbal Ildebrando Vargas López, catedrático de la Universidad del Valle de Guatemala. Los parámetros de mayor importancia para la elección de un generador eléctrico son: marca de prestigio del generador, diseño (abierto o cerrado), potencia del generador, número de fases, voltaje, frecuencia y tiempo de uso que se le dará al generador.

Finalmente se procedió a hacer la unión de ambas matrices, para seleccionar el adecuado Grupo Electrónico, la cual se observa en la sección de Resultados.

Tal como se observa en los cuadros de RESULTADOS, hay dos proveedores diferentes, que mostraron el mismo motor y el mismo generador, por lo que las únicas dos variaciones encontradas fueron el voltaje de salida del Grupo Electrónico del proveedor Tecni Group y el precio del Grupo Electrónico. Sin embargo, el proveedor de Tecni Group, ofreció la adaptación al voltaje requerido (120/220 V) sin ningún costo adicional.

El siguiente paso para la selección del Grupo Electrónico fue la realización del análisis económico de las dos plantas seleccionadas. En esta área se desea determinar el costo total para la realización del proyecto, la cual comprende:

Inversión inicial: en este costo solo se tomó en cuenta el costo de la planta.

- Costos variables: en estos costos se incluyeron la materia prima y la caracterización del biodiésel, la instalación de la planta, las utilidades (consumo de agua para enfriamiento, refrigerante, aceite lubricante y el consumo de biodiésel), el envío y el embalaje.
- Costos fijos: entre los costos fijos, se encuentran el mantenimiento, operación de la planta y la supervisión técnica por parte del proveedor.
- Costos directos de producción: estos costos involucran la suma de los costos variables y los costos fijos.

- Costos por mantenimiento: el mantenimiento de la planta se debe de efectuar cada cierto período de tiempo, ya sea por una empresa externa o por personal del complejo comercial. Es de suma importancia darle mantenimiento tanto al motor como al generador.
- Costo por mano de obra directa: estos costos involucran el salario del personal que estará trabajando en la planta. Se hace el supuesto que se le estará pagando el salario mínimo a la persona encargada de la planta. Actualmente en Guatemala el salario mínimo es de Q10.86 la hora diurna ordinaria.
- Otros costos: en este rubro se contemplaron los costos de inversión en la cabina de insonorización del Grupo Electrónico.
- Tasa interna de retorno (TIR): es un criterio de evaluación de proyectos que se utilizó para medir la rentabilidad del proyecto como porcentaje. Se tomó una tasa mínima aceptable de rendimiento del 10% dado por el complejo comercial y ya que las TIR obtenidas en ambas evaluaciones económicas de los Grupos Electrónicos fueron mayores a la tasa mínima, ambos proyectos fueron rentables.
- Valor actual neto (VAN): se utilizó un segundo criterio de evaluación de proyectos, el cual sirvió para medir el excedente resultante después de obtener la rentabilidad deseada y después de recuperar toda la inversión.
- Período de recuperación de la inversión (PRI): es el tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

Se realizó una caracterización del biodiésel producido en las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala, siendo una caracterización de los principales parámetros requeridos por el complejo comercial, los cuales fueron: densidad, pH, prueba 3/27, Viscosidad, índice de acidez y ácidos grasos libres (sólidos suspendidos). La metodología detallada seguir, se adjunta en la sección de ANEXOS (Módulo 4).

La evaluación de los factores técnicos de la instalación de la planta, tomó en cuenta todos los factores puestos en el MARCO TEÓRICO (Módulo 4) de este proyecto y se acompañó de una evaluación económica, de los principales requerimientos por parte del complejo comercial y de la experiencia de ingenieros expertos en Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Eléctrica.

Otros de los aspectos que se tomaron en cuenta en la evaluación técnica, fueron:

- Tamaño óptimo de la planta: para la determinación del tamaño óptimo de la planta, se debe tener información de los tiempos predeterminados de carga de los equipos, tiempo de uso y tiempos del proceso, esto también se ve afectado por la cantidad de aceite que recibe el

complejo comercial, para la fabricación del biodiésel, el cual es el combustible a utilizar en el motor. Por otra parte, se deben de analizar diversos factores que llegan a condicionar el tamaño de la planta, tales como:

- Personal: fue de vital importancia asegurarse que se cuenta con al menos una persona con conocimiento suficiente para operar el Grupo Electrógeno, llenar las fichas técnicas de los equipos y detectar las fallas a tiempo. Dicho aspecto no llega a limitar el proyecto, pero es relevante contar con el mejor personal técnico posible.
- Suministros e insumos: la cantidad de consumo de combustible a un 50% de carga, fue de gran importancia, debido a que se debe contar con esa cantidad de biodiésel o un poco más, para que se pueda alimentar al motor y se llegue a desarrollar el proyecto, es muy importante que el abastecimiento del combustible sea el óptimo, tanto en calidad como en cantidad.
- La demanda: en este caso se realizaron los cálculos de la potencia necesaria, en base al número de equipos con los que cuenta el complejo comercial y a los tiempos de carga y uso de cada uno.

E. Módulo 5: Evaluación técnica y propuesta para el tratamiento de agua residual de lavado de biodiésel en un complejo comercial

A continuación se presenta la metodología de trabajo con la cual se logró cumplir los objetivos y el diseño propuesto.

1. Metodología de lavado el procedimiento que se detalla a continuación se basa en la operación de la planta automática Springboard Biodiésel BioPro PM190, con capacidad de 50 galones, equipo propuesto para ser adquirido en un complejo comercial en el módulo “Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel”.

Figura 44: Equipo Springboard Biodiésel BioPro PM190

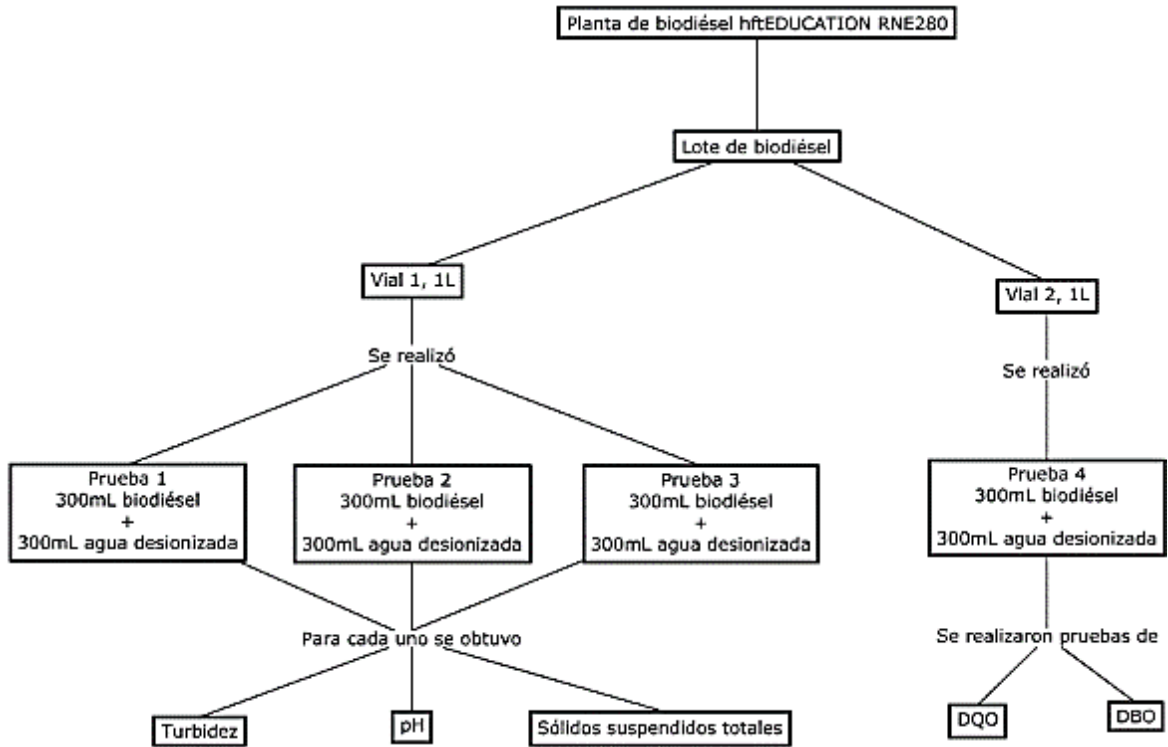


(Springboard biodiésel, 2017)

El equipo Springboard Biodiésel BioPro PM190 lava automáticamente el biodiésel crudo con agua desionizada con una relación de 1:1 en volumen de biodiésel-agua, es decir, por cada $0.15m^3$ (40 gal) de biodiésel se requieren $0.15m^3$ (40 gal) de agua de lavado, volumen que se reparte en tres lavados equitativos. El agua pasa por la columna de biodiésel por diferencia de densidades y es descargado automáticamente en un mismo depósito.

En la figura que se muestra a continuación, se detalla cómo fue la recolección de las muestras de agua de lavado por cada uno de los tres lotes de biodiésel producidos y los parámetros obtenidos de cada muestra.

Figura 45: Metodología de recolección de muestras



El procedimiento para todos los lavados de todas las pruebas se detallan a continuación:

- Utilizando una probeta de 100 mL se trasvararon 300 mL de biodiésel crudo a una ampolla de decantación limpia, montada sobre un aro en un soporte universal.
- Se lavó un atomizador y con una probeta de 100 mL se introdujo 100 mL de agua desionizada.
- Para realizar el primer lavado se atomizó toda el agua sobre el biodiésel crudo, insertando la boquilla del atomizador dentro de la abertura de la ampolla de decantación. Este proceso se hizo cuidadosamente para evitar la formación de emulsiones y jabón.
- Se tapó la ampolla con parafilm y se dejó en reposo durante 20 minutos para dejar que la columna de agua descendiera a través de la columna de biodiésel.
- Se decantó el agua en viales plásticos de 50 mL.
- Se realizó los pasos 1-5 dos veces más, a modo de lavar cada prueba de 300 mL de biodiésel con 300 mL de agua desionizada.

Los datos originales de los lavados experimentales se encuentran en la sección XI. B.

Cuadro 32: Equipo y cristalería utilizados por cada lavado de biodiésel.

Equipo y cristalería	Cantidad
Ampolla de decantación	1
Probeta de 100 mL	1
Vial de plástico	24
Atomizador	1

Nota: Las especificaciones del equipo y la cristalería se encuentran detalladas en la sección XII. A.

2. Medición de criterios de aceptación de agua residual la planta Springboard Biodiésel BioPro PM190, equipo propuesto para ser adquirido en el complejo comercial en el módulo “Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel”, realiza tres lavados automáticos, sin embargo, la descarga del agua residual se hace en un mismo depósito por lo cual las mediciones de los criterios de aceptación se realizaron utilizando la mezcla de tres lavados experimentales, de cada prueba por lote.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, en donde la temperatura ambiente durante los análisis fue de 25°C.

a. Turbidez, se siguió el procedimiento detallado en el manual de usuario del Turbidímetro Portátil HI 98703. Las especificaciones del equipo se encuentran detalladas en la sección XII. A. Las mediciones de este procedimiento se encuentran en la sección XII. C.

b. pH, se siguió el procedimiento detallado en el manual del potenciómetro detallado en la sección x. El equipo y la cristalería utilizados se detallan a continuación:

Cuadro 33: Equipo y cristalería para la prueba de pH.

Equipo y cristalería	Cantidad
Potenciómetro Fisher scientific	1
Beaker	1

Nota: Las especificaciones del equipo y la cristalería se encuentran detalladas en la sección XII. A

Los resultados de este procedimiento se encuentran en la sección XII. C.

c. Sólidos suspendidos totales, el procedimiento que se detalla a continuación se realizó para obtener la cantidad de sólidos suspendidos totales presentes en el agua residual proveniente del proceso de producción de biodiésel.

Primero se realizaron tres experimentaciones a nivel laboratorio en donde se buscaba determinar la cantidad de sólidos suspendidos totales en el agua residual. La experimentación se realizó con papel filtro de 5 μ m, por lo que para las partículas removidas en el experimento se puede concluir que su diámetro es menor que 5 μ m.

- 1) Se precalentó una mufla a 104°C.
- 2) Se armó un sistema de filtración de kitasato de 500 mL con conexión al vacío a través de una manguera de plástico.
- 3) Se cortó un círculo de papel filtro con porosidad de 5 μ m a manera que este se ajustara al filtro de plástico.
- 4) Se tomó la masa del papel filtro en una balanza analítica y se anotó como masa inicial.
- 5) Se colocó el papel filtro dentro del filtro plástico y se humedeció con poca agua desionizada a manera de adherir el papel al filtro.
- 6) Se encendió el vacío.
- 7) Se trasvasó con guía de varilla de vidrio 100 mL de la muestra hacia el filtro.
- 8) Al finalizar la filtración, se retiró el papel filtro cuidadosamente.
- 9) Se colocó el papel filtro dentro de la mufla a 104°C durante una hora.
- 10) Se obtuvo y se anotó la masa final del papel filtro.
- 11) Este procedimiento se realizó en triplicado.

El equipo y cristalería utilizados para esta prueba se detalla a continuación:

Cuadro 34: Equipo y cristalería utilizados en la caracterización de sólidos suspendidos totales

Equipo y cristalería	Cantidad
Mufla Thermo Scientific	1
Papel filtro de 5 μ m	-
Balanza analítica BOECO Germany	1
Quitato, filtro plástico y manguera de plástico	1

Nota: Las especificaciones del equipo y la cristalería se encuentran detalladas en la sección XII. A.

Los resultados de este procedimiento se encuentran en la sección XII. C.

d. Concentración de DQO, se siguió el procedimiento detallado en el manual de usuario del Colorímetro HACH DR/890 para la demanda química de oxígeno (DQO), método 8000. El equipo y la cristalería utilizados se detallan a continuación:

Cuadro 35: Equipo y cristalería para la determinación de DQO.

Equipo y cristalería	Cantidad
Colorímetro HACH DR/890	1
Pipeta 10 mL	1

Nota: Las especificaciones del equipo y la cristalería se encuentran detalladas en la sección XII. A.

Los resultados de este procedimiento se encuentran en la sección XII. C.

e. Concentración de DBO, se siguió el procedimiento detallado en el manual de usuario del Colorímetro HACH HQ40d para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), método 10230. El equipo y la cristalería utilizados se detallan a continuación:

Cuadro 36: Equipo y cristalería para la determinación de concentración de DBO.

Equipo y cristalería	Cantidad
Colorímetro HACH HQ40d	1
Vial plástico	3
Pipeta 10 mL	1

Nota: Las especificaciones del equipo y la cristalería se encuentran detalladas en la sección XII. A.

Las mediciones de este procedimiento se encuentran en la sección XII. C.

3. **Evaluación técnica** consistió en determinar la cantidad de agua necesaria para lavar los lotes de biodiésel producidos en un complejo comercial, basado en el funcionamiento de la planta automática Springboard Biodiésel BioPro PM190, con capacidad de 189.27 L (50 gal), equipo propuesto para ser adquirido en un complejo comercial en el módulo “Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel”

a. Evaluación de la calidad del agua de lavado a escala laboratorio según los parámetros establecidos en los objetivos de acuerdo al Artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006, dados los resultados se la sección VI. B., se procedió a comparar las características fisicoquímicas con los valores permisibles de pH, DQO, DBO, sólidos suspendidos y turbidez establecidas en el Artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006 para determinar cuáles eran los parámetros críticos por tratar a manera de que el agua tratada pueda descargarse a un cuerpo receptor, o bien, al alcantarillado de agua pluvial. Se determinó que los parámetros por tratar eran: pH, turbidez, sólidos suspendidos totales y DQO. A partir de esto se desarrolló la propuesta. El resultado de la evaluación se encuentra en la sección VII de resultados.

b. Evaluación técnica de la posible descarga de agua residual de lavado de biodiésel en la PTAR actual, se evaluó la posibilidad de descargar el agua residual del proceso de producción de biodiésel en la planta de tratamiento de aguas residuales instalada en el complejo comercial. Se obtuvieron los porcentajes de remoción de los contaminantes críticos a partir del Informe de Análisis por la empresa Soluciones Analíticas, detallada en el anexo en la sección Anexos G y el Cuadro 3, de afluente y efluente.

La cantidad de sólidos suspendidos no se reduce en la actual planta de tratamiento de agua residual en el complejo comercial, incluso aumenta por un 75.00%. Puede concluirse que la PTAR actual no tiene capacidad para la reducción de sólidos suspendidos totales a manera de satisfacer el Artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006 para descarga de aguas tratadas a un cuerpo receptor.

Los valores de DQO y de DBO son reducidos a través de la planta de tratamiento de agua residual del complejo comercial en un 26.14% y 23.40%, respectivamente. Sin embargo, los valores finales de dichos parámetros no satisfacen los establecidos por el Artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006 para descarga de aguas tratadas a un cuerpo receptor.

Dados los resultados de los estudios de la actual planta de tratamiento de agua en el complejo comercial, detallados en la sección XII anexos, se concluyó que la PTAR del complejo comercial no tiene la capacidad de tratar el agua proveniente del proceso de lavado de biodiésel, por lo que, a corto plazo es recomendable que se considere invertir en una planta de tratamiento de agua in situ para dicho proceso.

c. Volumen de agua a tratar, de acuerdo a entrevistas realizadas al personal de los restaurantes del complejo comercial, se determinó la cantidad de aceite de cocina que podría utilizarse para producción de biodiésel. Así pues, se realizó una proyección de la cantidad de aceite recuperable si todos los locales del complejo comercial recolectan y entregan el mismo para la producción de biodiésel, a estos se les denominó proyección.

De acuerdo a las pruebas piloto realizadas en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala en la planta HFT EDUCATION RNE280 se determinó que la eficiencia de conversión es de 80%. Los datos de las pruebas se muestran a en los cuadros 15 y 16 de resultados.

A continuación, proyectó la cantidad de aceite que se recolecta actualmente en el complejo comercial y la proyección de aceite recuperable en todos los locales que utilizan aceite para cocinar.

Adicionalmente, se calculó la cantidad de agua a tratar por lote. La planta Springboard Biodiésel BioPro PM190, propuesta en el módulo “Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel” tiene capacidad para transformar 0.19 m^3 (50 gal) de aceite en biodiésel al 80% de eficiencia de conversión, lo cual resulta en 0.15 m^3 (40 gal) de biodiésel que a su vez, tomará 0.15 m^3 (40 gal) de agua para lavado.

Se estableció entonces que la cantidad de agua necesaria para el lavado es de 0.15 m^3 (40 gal) por lote.

Los resultados de las proyecciones se encuentran en la sección VII.

4. Tratamiento experimental de agua de lavado se compró un filtro de carbón activado de carcaza de coco marca Filtrex Green Block (Figura 8.) para realizar las pruebas piloto. El carbón activado posee las características descritas en el Cuadro 14.

Figura 46: Carbón activado marca Filtrex Green Block



La ficha técnica del carbón activado utilizado se encuentra en el cuadro 60 de la sección XII, Anexos.

La metodología descrita a continuación se adaptó del procedimiento experimental para la determinación de la isoterma de adsorción propuesta por Romero:

- a. Se determinó el parámetro de interés del agua cruda, en este caso: DQO
- b. Después de la extracción del CAG del filtro se almacenó inmediatamente en una bolsa hermética.
- c. Se rotularon 4 beakers de 150 mL de 1-4.
- d. Se colocaron muestras del agua residual provenientes del lavado de "Vial 2" de cada lote de biodiésel, en los beakers de la siguiente forma y se colocaron cantidades variables de carbón activado en cada beaker de la forma descrita en el cuadro que se muestra a continuación:

Cuadro 37: Volumen de las muestras utilizadas en la experimentación

Beaker	Muestra de agua residual (± 0.5 mL)	Carbón activado de coco marca Filtrex (± 0.0001 g)
1	100	1
2	100	2
3	100	3
4	100	4

Nota: Las cantidades de carbón activado se seleccionaron de acuerdo a Romero, 2016

- e. Al agregar el adsorbente al beaker se introdujo un agitador magnético y se colocó sobre una plataforma de agitación. La agitación se realizó a modo de simular el movimiento del agua a través del lecho de adsorción, ya que la propuesta no es un medio estático.
- f. Se agitó levemente durante 5 minutos a temperatura ambiente, la cual se registró a 23.3°C y se retiró de la agitación.
- g. Cuando el carbón activado se había sedimentado, con una pipeta de 10 mL se extrajeron 2 mL de la muestra.
- h. Se introdujo la muestra en un tubo de bajo rango para la medición de DQO en un colorímetro HACH DR/890.
- i. Se tomó la medición de DQO con el procedimiento detallado en el manual HACH DR/890 en la sección de anexos.

El equipo utilizado para estas pruebas se detalla a continuación

Cuadro 38: : Equipo y cristalería para la determinación de DQO.

Equipo y cristalería	Cantidad
Beaker de 150 mL	1
Plataforma de agitación y agitador magnético Thermo Scientific	1
Colorímetro HACH DR/890	1
Tubos para detección de DQO de bajo rango	1
Beaker 150 mL	1
Pipeta de 10 mL	1
Bulbo	1

Nota: Las especificaciones del equipo y la cristalería se encuentran detalladas en la sección XII. A.

Se obtuvo una isoterma de Freundlich y se obtuvieron los parámetros de Freundlich para el carbón activado Filtrex Green Block y la adsorción de DQO por medio de:

Ecuación 38: Isoterma de Freundlich

$$\frac{X}{m} = K * C e^{\frac{1}{n}}$$

Los cálculos de esto se encuentran detallados en la sección de cálculos de muestra en la sección XII.

a. Experimentación de columna de adsorción y filtración, conociendo el volumen de adsorbato requerido para la reducción de DQO y que 1 mm es un tamaño de partícula recomendable para reducir la cantidad de sólidos suspendidos por un 85%, se procedió a realizar pruebas piloto para determinar si un filtro convencional, multimedio, de flujo descendiente, conformado por carbón activado, grava y arena, método eficiente de reducción de turbidez y pH para alcanzar los valores permisibles por el Artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006. La experimentación se desarrolló de la siguiente forma:

- Se lavó grava, arena de río y carbón activado; la ficha técnica de dichos materiales se encuentra en la sección XII, cuadro 60.
- En un contenedor cilíndrico plástico de 0.085m de diámetro y 0.21m de alto y se propuso una relación de diámetro-altura de lecho de aproximadamente 1:1.
- En la parte inferior de la botella se perforó un orificio de 0.01m de diámetro.
- Se recortó un cuadro de 0.02 x 0.02 m de tela con diámetro de poro de 10 μm y se pegó con cinta adhesiva en el interior del contenedor, a manera de cubrir el orificio.
- Seguidamente se introdujo la columna de filtración/adsorción con las siguientes alturas, por medio

Cuadro 39: Altura de los materiales experimentales

Fase	Altura (m)
Grava	0.011
Carbón activado	0.016
Arena	0.046
Grava	0.011
TOTAL	0.085

Nota: estos valores representan el grosor de cada capa.

- Con una probeta de 100L se midieron 200 mL de agua residual de lavado de biodiésel y se colocaron en un beaker de 300 mL.
- Se inició el cronómetro y se trasvasó el agua residual hacia el contenedor cilíndrico.
- El agua que salía por el agujero del contenedor se recolectó, en el momento en que el flujo de agua paró, se detuvo el tiempo y se anotó.
- Se calculó la tasa de filtración.

Se realizaron los pasos del 6-9 en triplicado.

Tasa de filtrado

Ecuación 39 Tasa de filtrado

$$v = \frac{L}{m^2 \text{ min}} = \frac{m}{s}$$

El promedio de tasa de filtración obtenido fue de $6.800 \times 10^{-5} \frac{m}{s}$ ($4.101 \frac{L}{m^2 \text{ min}}$)

Cuadro 40: Equipo y cristalería para la prueba experimental

Equipo y cristalería	Cantidad
Beaker de 3000 mL	1
Probeta 100 mL	1
Cilindro plástico	1
Cinta adhesiva	1
Tela filtrante	1
Cronómetro	1
Carbón activado	0.03 kg
Arena 1 mm	0.40 kg
Grava 10 mm	0.20 kg

Nota: Las especificaciones del equipo y la cristalería se encuentran detalladas en la sección XII. A.

Con el agua extraída de la experimentación se realizó el procedimiento detallado en este documento en la sección VI. B. 1-3.

5. Dimensionamiento del lecho de filtración granular de acuerdo a las pruebas piloto, se propuso un tratamiento de agua residual por lotes que trabaje por medio de filtración granular en un filtro convencional, multimedio con flujo descendente por lo que se diseñó un contenedor cilíndrico que tenga capacidad para contener el lecho de grava, arena, carbón activado y la columna de agua a filtrar, esto con el fin de que el contenedor tenga la capacidad de contener las fases en contacto en el momento cero y conociendo que:

- Volumen de agua por tratar: 0.154 m^3 , cantidad de agua de lavado utilizada por lote de producción de biodiésel.

Se propone una relación aproximada de diámetro-longitud de 1:1 y un diámetro de 0.85 m. El volumen total requerido para el proceso de filtración y adsorción es 316 L, se procedió a buscar un recipiente comercial cuyo volumen exceda por un 20%. El recipiente comercial seleccionado se detalla en la sección VII., debido a que este tiene una capacidad de 450 L así como las dimensiones de los medios de adsorción y filtración se encuentran en la sección de resultados.

F. Módulo 6: Auditoría, diagnóstico e implementación de Programa de Oficina Verde en instalaciones administrativas de un complejo comercial

1. Establecer los requisitos generales

- Se definió el compromiso de la organización con la implementación del programa y se involucró a todas las partes interesadas (alta dirección, cada uno de los departamentos que conforma el área administrativa del complejo y personal de mantenimiento y limpieza del área) por medio de reuniones pactadas con diferentes miembros del área administrativas. Por medio de la persona de contacto se enviaron correos a todo el personal para informar de las actividades del programa.
- Se definió el alcance que la organización pretendía lograr con la implementación del programa, en base a datos históricos y antecedentes de otras organizaciones que han implementado este Programa en sus instalaciones administrativas.
- Se realizaron visitas periódicas a las instalaciones administrativas, según la disponibilidad de tiempo de la persona enlace entre el complejo comercial y la Universidad del Valle de Guatemala. Las visitas fueron programadas dependiendo de las mediciones, análisis de datos y reporte de avances que se iban presentando.

- Se documentó con fotos y bases de datos, las visitas realizadas y la información proporcionada por la organización, como requisitos legales, facturas de consumos de recursos y compras realizadas.

2. Responsables del programa se conformó un Comité de Oficina Verde, integrado por representantes de distintas áreas de la organización, principalmente del área de operaciones, recursos humanos y finanzas, ya que estos serán los encargados de monitorear el avance del programa.

3. Alcance del programa se definió y documentó el alcance del programa a implementar en las instalaciones administrativas del complejo comercial tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Gestión de la energía: Se realizó un recorrido inicial por las instalaciones administrativas del complejo comercial y un inventario del equipo eléctrico y luminaria utilizada en cada puesto de trabajo de esta área. Se comparó el resultado de consumo calculado del inventario con el reportado en la factura del consumo eléctrico. Los datos se reportaron clasificando los consumos en cinco categorías: iluminación, equipo de computación, electrodomésticos, climatización y otros en los que se incluyen los equipos que no entran en las categorías mencionadas anteriormente.
- Gestión del agua: Se realizó aforos de los grifos ubicados en servicios sanitarios, pilas, comedores, y áreas comunes de las instalaciones administrativas del complejo comercial. Para esto se utilizaron instrumentos graduados (en este caso una probeta de 500mL), la cual se llenó hasta un volumen determinado tomando el tiempo en el que se llegó a este volumen para obtener el caudal de cada grifo. Se anotaron las capacidades de tanques de inodoros y uriniales. De acuerdo a estos datos se realizó un balance hídrico, utilizando patrones de consumo definidos por los colaboradores de las instalaciones, quienes indicaron que el tiempo promedio de uso de los grifos de baño era de 30 segundos y que cada grifo se utilizaba tres veces al día. También indicaron que utilizan cada inodoro y mingitorio un promedio de 18 veces al día y para los grifos de actividades de limpieza y cocina, el personal de mantenimiento indicó que los utilizaban 3 veces al día para llenar una pila y lo dejaban abierto por un tiempo de 350 segundos. Se comparó el valor estimado en el balance de consumo de agua con la lectura reportada en los contadores de agua.
- Gestión de los desechos: Se revisó la documentación de compra de insumos de un año y se identificó los de mayor consumo.

- Gestión de compras: Se revisó los procedimientos seguidos para realizar las compras de insumos y material de oficina de un año, para determinar acciones preventivas que se puedan aplicar a estas.
- Uso eficiente de recursos tecnológicos: Se analizó las prácticas diarias, del último año, de manejo de equipo electrónico y luminaria del personal del área administrativa, para identificar posibles opciones de mejora.
- Mediciones de salud y seguridad ocupacional: Dentro de este aspecto se consideró tomar mediciones de niveles de iluminación, niveles de presión sonora y niveles de estrés térmico en el área administrativa del complejo comercial.
 - Niveles de iluminación: Se evaluó cada puesto de trabajo (es decir 112 puntos de medición) utilizando un luxómetro simple, operando en forma de toma de datos en luxes y los datos obtenidos de esta medición se compararon con los límites establecidos en el Artículo 76 del Acuerdo Gubernativo 229-2014 enmienda 33-2016 dependiendo del tipo de tarea que se realiza en cada área. Además, los puntos se evaluaron de acuerdo a la Norma de Costa Rica INTE 31-08-06-2000 para comparar el nivel de cumplimiento del Acuerdo y verificar lo establecido en este en relación a las regulaciones de otras partes del mundo.
 - Niveles de presión sonora: Se evaluó 22 puntos de medición distribuidos entre los dos pisos en los que se encuentran ubicadas las instalaciones administrativas del complejo comercial, de forma aleatoria y tomando en cuenta la disposición abierta de las áreas de trabajo. Para tomar las mediciones se utilizó un decibelímetro digital operado en forma A, con el que se obtuvieron lecturas para un instante en el tiempo de nivel mínimo, máximo y valor promedio de decibels detectados. Los datos obtenidos de las mediciones se compararon con los límites establecidos en el artículo 88 del Acuerdo gubernativo 229-2014 enmienda 33-2016 el cual establece 85dBA para un tiempo de exposición máximo de 8 horas, para conocer el nivel de cumplimiento de los puntos.
 - Niveles de estrés térmico: Se valuó 21 puntos de medición, distribuidos entre los dos pisos en los que se encuentran ubicadas las instalaciones administrativas del complejo comercial, tomados de forma aleatoria y tomando en cuenta la disposición de los puestos de trabajo en el área. Para tomar las mediciones se utilizó un medidor de estrés térmico o índice de calor simple, con el que se obtuvo el valor del índice WBGT. Este valor se

comparó con los límites establecidos por el Artículo 174 del Acuerdo Gubernativo 229-2014 enmienda 33-2016 para establecer el nivel de cumplimiento de los puntos.

- Formación y capacitación ambiental: Se definió una capacitación o reunión informativa de temas referentes al control, monitoreo y seguimiento de la implementación del programa con el Comité de Oficina Verde. Durante los primeros seis meses de implementación del programa.

4. **Política ambiental** se revisó la política ambiental de la organización y el alcance de esta en base la norma internacional ISO 14001:2014. Se acordó incluir dentro de la política ambiental la implementación del Programa de Oficina Verde y la mejora continua de este.

5. Identificación de aspectos e impactos ambientales

- Se identificaron las actividades y procesos que se realizan dentro de las instalaciones administrativas, mediante las observaciones realizadas en las visitas.
- Se estableció un procedimiento para determinar las actividades críticas, evaluando aquellas en las que se utiliza mayor cantidad de recursos (energía eléctrica, agua e insumos de oficina).
- Se documentó los aspectos e impactos ambientales que se relacionan directamente con las actividades o procesos de la organización, en base a las actividades críticas identificadas del punto anterior.
- Cumplimiento de requisitos legales y otros requisitos adscritos por la organización.
 - Se revisaron los requisitos legales y otros requisitos adscritos de la organización que tengan relación con el programa.
- Se comprobó el cumplimiento de los requisitos, revisando la documentación correspondiente a estos y se reportó su cumplimiento en el diagnóstico realizado.

6. Determinación de línea base

- Se definió en conjunto con la organización, el año que sería tomado de referencia. Se acordó que el año de referencia sería 2016 debido a que a partir de esta fecha se contaban con registros históricos sobre el consumo de sus recursos e insumos.

- Se registró la información en una herramienta de Excel (ver Anexo 2), para la evaluación de los datos. En base a este análisis se establecieron los indicadores de desempeño para la línea base del Programa.
- En caso de realizarse cambios significativos en las actividades de la organización, se deberá implementar un procedimiento para determinar la nueva línea base.

7. **Objetivos y metas a alcanzar** se plantearon los objetivos y metas del programa en base al principio de mejora continua. Los objetivos deben ser factibles, específicos y establecer plazos de cumplimiento.

8. **Seguimiento, medición y evaluación de resultados** se estableció un procedimiento para monitorear los indicadores de desempeño y evaluar los resultados de la implementación del programa periódicamente, en base al cumplimiento de los indicadores de desempeño de la línea base.

9. Listado de equipos

Cuadro 41: Equipos utilizados para realizar las mediciones en el área administrativas del complejo comercial

Equipo	Marca	Modelo	Rango
Probeta	Pyrex	-	500 ml
Luxómetro	Extech	LX1330B	200 – 20,000 Lux
Decibelímetro	Extech	407730	40 – 130 dB
Medidor estrés térmico	Kestrel	507	-10 – 55 °C

G. Módulo 7: Análisis financiero de proyecto y propuesta de diseño de planta de manejo de residuos en un complejo comercial

1. Análisis de diseño

a. Análisis de diseño actual

- Se documentó el diseño de planta actual, mediante dimensiones experimentales, y se comparó la distribución con el diseño de planta teórico, dado por el complejo.
- Se realizó un estudio de tiempos del transporte desde el área de clasificación, hacia el área de almacenaje de cada uno de los residuos, mediante un diagrama de recorridos.
- Se realizó un análisis de seguridad industrial del diseño de planta actual, mediante una matriz de riesgos cualitativa.

b. Análisis de diseño de situación propuesta

- Se definió el área de la estación de trabajo para la trituradora y compactadora propuestas, y se definió la ubicación de las mismas.
- Se realizó un análisis de seguridad industrial del implementar la maquinaria propuesta.
- Se elaboró una Vista superior final, en base a la redistribución de áreas determinadas, a partir del estudio de tiempos realizado, y en base a las nuevas áreas de trabajo de la maquinaria propuesta.

2. Análisis financiero

a. Análisis financiero de situación actual

- Se recopilaron los activos, depreciaciones, costos, gastos, e ingresos, de la situación actual (A), y de la situación de independizar el sistema actual de separación de residuos dentro de la planta (B).
- Se elaboraron los estados de resultados, de flujo de efectivo, y financieros proyectados, de las situaciones A y B.
- Se obtuvo el VPN de las situaciones A y B, y se determinó la situación a implementar, con un VPN mayor.

b. Análisis financiero de situación propuesta

- Se recopilaron los activos, depreciaciones, costos, gastos, e ingresos, de la situación propuesta (C), de adquirir la maquinaria propuesta por este módulo de megaproyecto (trituradora y compactadora), por el módulo de “Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel” (planta de biodiésel), y por el módulo de “Evaluación y propuesta de la instalación de un generador eléctrico operado con biodiésel para carga de vehículos eléctricos” (generador eléctrico).
- Se elaboró el estado de resultados, de flujo de efectivo, y financiero proyectado de la situación C.
- Se obtuvo el VPN de la situación C.

H. Módulo 8: Estudio de procesos, logística, y gestión de proyecto sobre el manejo integral de residuos en un complejo comercial

1. Materiales y equipo los materiales empleados se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 42: Herramientas empleadas en el módulo del proyecto

Actividad	Material/Equipo	Cantidad
Capacitaciones y diseño de herramienta para obtención de muestras	Tubo PVC de 1"	3.6 m
Capacitaciones y diseño de herramienta para obtención de muestras	Bolsas jardineras de 55 galones <i>BolsiRoll</i>	240 bolsas
Capacitaciones y diseño de herramienta para obtención de muestras	Ganchos de plástico	40 ganchos
Capacitaciones y diseño de herramienta para obtención de muestras	Dremel MultiPro	NA
Capacitaciones y diseño de herramienta para obtención de muestras	Lija	NA
Registro de muestras de prueba piloto	Tecnipesa	NA
Prueba de cultura	Afiches con arte de manejo integral de manejo sólidos de 109x70cm	4 afiches
Prueba de cultura	Adhesivo de 2.5cm x 59 cm para identificación de basurero orgánico	24 adhesivos

Actividad	Material/Equipo	Cantidad
Prueba de cultura	Adhesivo de 2.5cm x 32 cm para identificación de basurero orgánico.	24 adhesivos
Prueba de cultura	Adhesivo de 37cm x 5 cm para identificación de basurero tanto orgánico como inorgánico	12 adhesivos
Prueba de cultura	Adhesivo de 21 cm x 5 cm para identificación tanto orgánico como inorgánico.	6 adhesivos

2. Herramientas

Cuadro 43: Herramientas empleadas en el módulo del proyecto

Actividad	Herramienta
Documentación de procesos y situación actual	<i>draw.io</i> para el desarrollo de diagramas de operación de proceso
Documentación de proceso de recolección de muestras	<i>Google Earth Pro Versión 7.1</i> para determinación de distancias entre puntos
Propuesta de mejora de proceso de recolección	Excel Solver 2011 en Mac para determinar les respuesta a un modelo de análisis de redes
Capacitaciones y diseño de herramienta para obtención de muestras	<i>Autodesk Inventor Professional 2016</i> para diseño de separador de basureros
Capacitaciones y diseño de herramienta para obtención de muestras y Prueba de Cultura	<i>Canva</i> para diseño de afiches y materiales de apoyo
Planeación	<i>Project Libre</i> para manejo de cronograma del proyecto. <i>draw.io</i> para el desarrollo de la Estructura de desglose de trabajo

3. Métodos

a. Documentación de procesos y situación actual

- Documentación de proceso de recolección

Documentación del proceso realizado por empresa tercerizada para recolectar los desechos del complejo comercial.

- Se realizó recorrido por medio día en conjunto con la empresa tercerizada para el recolectar las bolsas de residuos en el complejo comercial con el fin de familiarizarse con el proceso.
- Se realizó recorrido en el camión recolector de la empresa tercerizada en una jornada de 8:00 am – 12:00 am en un día en fin de semana. Se documentaron tiempos y distancias entre puntos de ruta y se etiquetaron cada una de las bolsas recolectadas para su posterior pesaje en la PMDS.
- Se realizó recorrido en el camión recolector de la empresa tercerizada en una jornada de 8:00 am – 12:00 am en un día entre semana. Se documentaron tiempos y distancias entre puntos de ruta y se etiquetaron cada una de las bolsas recolectadas para su posterior pesaje en la PMDS.
- Se realizó DOP del proceso de recolección de bolsas de residuos en el complejo comercial.
- Se realizaron análisis críticos de las áreas de oportunidad percibidas en el proceso de recolección.

- Documentación de proceso de separación

Documentación del proceso que se realiza para separar una bolsa de residuos proveniente del complejo comercial.

- Se realizó visita a la PMDS por 5 días para documentar tiempos de separación por bolsa.
- Luego de tomar los tiempos de la muestra seleccionada cada día, se tomó el peso del material orgánico separado.
- Se realizó DOP del proceso de separación de las bolsas de residuos que llegan a la PMDS.
- Se realizó análisis crítico del área de oportunidad percibida, la clasificación desde el origen con el fin de reducir el tiempo de separación y aumentar el % de material orgánico recuperado en la planta.

- **Diagnóstico de necesidades de complejo comercial**

Realización de encuesta para determinar las necesidades de los inquilinos del complejo comercial en función de la generación de residuos.

- Se diseñó encuesta para registro de respuestas
- Se brindó la encuesta personalmente a cada uno de los locales del complejo comercial
- Se tabularon las respuestas.
- Se realizó análisis de resultados de la encuesta.

b. Prueba piloto y prueba de cultura

- **Diseño experimental prueba piloto**

Definición, justificación, metodología y pruebas de hipótesis con respecto al proceso de separación.

- Se realizó documento con la primera fase de la prueba piloto en el que se planteó lo mencionado en la definición de este punto.
- Se realizó documento con la segunda fase de la prueba piloto en el que se describen justificación, planificación de bolsas por lugar y metodología.

- **Capacitaciones y diseño de herramienta para obtención de muestras**

Realización de capacitaciones y diseño de herramientas para el personal con e fin de obtener una muestra preclasificada para la PMDS

- Se realizaron reuniones con interesados para obtención de muestras. En esta misma reunión se solicitó su aprobación para realizar capacitaciones e implementar herramientas de clasificación en orgánico e inorgánico para los basureros de las instalaciones.
- Se analizaron las necesidades de las instalaciones de los interesados en la prueba.
- Se diseñó y manufacturó herramienta para el manejo integral de residuos para clasificación en orgánico e inorgánico.
- Se brindó capacitación de manejo integral de residuos en cada una de las instalaciones de los interesados hacia los empleados.
- Se colocó herramienta en basureros de los interesados.
- Se diseñó e implementó material de apoyo a empleados.
- Se realizaron observaciones post implementación.

- Registro de muestras de prueba piloto

Registro de las muestras del proceso actual y del proceso clasificando desde el origen.

- Se realizó una visita a la PMDS con las bolsas generadas por los interesados por 5 días.
- Nuevamente se tomaron tiempos y se registró el peso de lo orgánico y de lo que no se clasificó en la planta.

- Resultados de prueba piloto

Se miden indicadores de eficiencia como tiempo de separación por bolsa, porcentaje de material orgánico por bolsa y resultados de cada uno de los interesados.

- Ya tabulados los datos del proceso de separación, se obtuvieron parámetros a medir como el tiempo promedio por bolsa y el tiempo por masa promedio de material orgánico.
- Se realizaron pruebas de hipótesis para la muestra tomada con la clasificación desde el origen tomando como parámetro base el proceso normal.

- Prueba de cultura

Medición del % de acierto del visitante del complejo comercial a través de dos tipos de basureros.

- Se capacitó al personal que se mantiene en el complejo comercial.
- Se determinaron las medidas de los pedestales y basureros para la realización de afiches y material de apoyo, respectivamente.
- Se diseñaron afiches y material de apoyo para campaña de clasificación de residuos.
- Se implementaron los basureros en puntos estratégicos en el complejo comercial
- Se tomaron e identificaron las bolsas de los basureros por 6 días para análisis en PMDS.
- Se tabularon los datos obtenidos.
- Se analizaron los de resultados de prueba de cultura.

c. Propuestas de mejora a procesos actuales

- Propuesta de mejora de proceso de recolección

A través de un análisis de pocos vitales y muchos triviales de Pareto de lo recolectado y el análisis de redes del modelo del agente viajero se proponen mejoras en el proceso de recolección. El indicador de eficiencia a evaluar en este caso sería la distancia total por recorrido.

- Se realizó el análisis de redes a través de modelo del agente viajero para optimizar la ruta actual.
 - Se propuso mejora en proceso de recolección a través de nuevas rutas basado en mejora ABC (principio de Pareto).
 - Se realizó análisis de costos de ruta actual, contra ruta optimizada y ruta mejorada con ABC.
- Propuesta de mejora de proceso de separación
A través de los resultados de la prueba piloto se realizan propuestas del proceso de separación.
 - Se realizó un nuevo DOP para el proceso de separación.
 - Se consolidaron resultados del proceso actual y optimizado.
- Propuesta en base a resultados del plan de necesidades
Propuesta para cumplir con las necesidades visualizadas en la encuesta realizada en el complejo comercial.
 - En base a resultados de la encuesta se brindaron propuestas implementar en el complejo comercial

d. Gestión de Proyectos

- Iniciación
 - Se realizó el Acta de Constitución del Proyecto
 - Se identificaron a los interesados en el proyecto
- Planeación
 - Se realizó un documento para la gestión del alcance del proyecto que incluye los requerimientos del proyecto, la estructura de desglose de trabajo (EDT) y el enunciado del proyecto
 - Se realizó un documento para la gestión del tiempo en el proyecto que incluye el cronograma del proyecto
 - Se realizó un documento para la gestión del costo del proyecto que incluye los costos en los que se incurrieron
 - Se realizó un documento para la gestión de los riesgos del proyecto que incluye el registro y ponderación de los mismos y un plan de respuesta a ellos

- Se realizó un documento para la gestión de interesados que incluye la estrategia para abordar a los interesados del proyecto
- Ejecución
 - Se realizó un análisis de EDT inicial vs EDT final
 - Se realizó un análisis de los riesgos presentados
- Seguimiento y control
 - Se documentó la evolución del proyecto en minutas donde se trataron los pendientes de cada una de las personas responsables de los módulos con frecuencia semanal.
- Cierre
 - Se realizó documentación para cerrar el proyecto donde se puede observar un documento de cierre y lecciones aprendidas.

I. Módulo 9: Taller de capacitación para la enseñanza a colaboradores de una cafetería en un complejo comercial acerca del manejo de los residuos

Para desarrollar un taller de capacitación eficiente y que responda a la realidad de los participantes, en su contexto laboral, es necesario desarrollar el proceso de capacitación, iniciando con el diagnóstico de necesidades, formulación de objetivos de taller de capacitación para el diseño, programación y evaluación. Es importante establecer el enfoque de investigación, muestra seleccionada, unidades de análisis e instrumentos de recolección de datos y procesos de validación. También se establece los alcances y limitaciones de la investigación.

1. **Enfoque y tipo de investigación** esta investigación es de tipo cualitativo la cual Cifuentes (2011) define como una investigación abierta al empleo de diferentes métodos que permitan abordar la vida cotidiana; esta conlleva un compromiso social y ético, rigurosidad, creatividad, pensamiento reflexivo y crítico. Reconoce la subjetividad como un factor que puede presentarse en cualquier investigación en la fase de selección del problema, y la estima valiosa en el entendimiento de la conducta, las percepciones, las opiniones y las actitudes. Esta investigación se diseñó con un enfoque de estudio investigación-acción que para algunos autores como Borg y Gall, (1993 citado por Buendía, Colás y Hernández 1998) ésta se centra en la resolución de problemas, resolviéndose a nivel metodológico con los pasos habituales de la investigación clásica. Para Zubert y Skeritt (1992) la investigación acción mantiene su sentido en el desarrollo profesional, incorporando los principios de la educación para adultos. Por otro lado, Mc Taggart (1994) citado por Colás y Buen día (1994), considera que el verdadero sentido de la investigación acción reside en comprometerse a resolver problemas o prácticas sociales con base al interés de transformarse a sí mismo e influir en la transformación social. Las fases y secuencias para hacer el estudio son las que se presentan en la siguiente figura, propuesta por Colás y Buen día (1994:297).

Figura 47: Fases y secuencias de la metodología Investigación-Acción



Tomado de: Colás y Buen día (1994:297)

2. **Muestreo y unidad de análisis** la investigación se llevó a cabo en una cafetería, dentro de un complejo comercial, ubicado en zona 16. Esta cafetería cuenta con 30 colaboradores entre élite de cocina, cocineros, meseros, auxiliares de limpieza y supervisores. Tanto los colaboradores como el manejo de residuos de la cafetería, representaron la unidad de análisis de esta investigación. El tipo de muestreo fue opinático, el cuál Tojar (2006) describe como muestra que «permite recoger, codificar y analizar datos en función de los propósitos del estudio y el conocimiento que se va obteniendo y construyendo de la situación.» Por otra parte Scharager, J. (s.f) Explica que este tipo de muestra es seleccionada por el investigador, «por lo tanto, la representatividad depende de su intención u opinión [...] el investigador contacta las unidades de análisis en un número proporcional al de las condiciones de la población que le son dadas, y de estos, él puede elegir las según sea su conveniencia.»

3. **Supuesto de investigación** ejecutar un taller de capacitación a partir de las necesidades de los colaboradores de una cafetería en cuanto al manejo de los residuos, permite hacer conciencia, incentivar y desarrollar un sistema de separación de residuos aplicable a su espacio de trabajo en beneficio al medio ambiente.

4. Variables de investigación a continuación se presentan las variables que se desarrollan en el proyecto.

- a. Taller

- 1) Definición conceptual. «lugar donde varias personas trabajan cooperativamente para hacer o reparar algo, lugar dónde se aprende haciendo junto a otros» (Betancourt, 2007).

- 2) Definición operacional. En el desarrollo de esta investigación se entiende al taller como lugar en dónde se aprende juntos, espacio para propiciar reflexión y aprendizaje significativo.

- b. Manejo de residuo sólido

- 1) Definición conceptual. Careaga (1993 citado por Guzmán y Garcia 2012) describe el manejo de residuos como «punto de partida a la minimización de residuos, para proseguir con la reutilización, el reciclaje y otras formas de tratamiento como el compostaje o la biodegradación, la recuperación de energía y como última parte la disposición final en sitios controlados como los rellenos sanitarios.»

- 2) Definición operacional. En esta investigación se considera el manejo de residuos a esas prácticas que tiene la cafetería para controlar o no la basura que se produce en el área de cocina y área de limpieza de platos de una cafetería

- c. Educación ambiental

- 1) Definición conceptual. Careaga (1993 citado por Guzmán y Garcia 2012) describe el manejo de residuos como «punto de partida a la minimización de residuos, para proseguir con la reutilización, el reciclaje y otras formas de tratamiento como el compostaje o la biodegradación, la recuperación de energía y como última parte la disposición final en sitios controlados como los rellenos sanitarios.»

2) Definición operacional. En esta investigación se considera el manejo de residuos a esas prácticas que tiene la cafetería para controlar o no la basura que se produce en el área de cocina y área de limpieza de platos de una cafetería

5. Técnicas de investigación como parte de las técnicas de investigación para el diagnóstico de necesidades, se utilizó la entrevista. Para Denzin y Lincoln (2005, citado por Vargas, 2012) la entrevista es una conversación, es el «arte de realizar preguntas y escuchar respuestas» Por otro lado Perpiña C. (2012) propone que el entrevistador diseñe una serie de preguntas que ayuden a aclarar los objetivos que tiene la entrevista.

Otra técnica que se utiliza como parte del diagnóstico es la observación. Fetterman (1984, citado por Buendía Colás y Hernández, 1998) describe que el investigador se debe « limitar a observar simplemente lo que sucede [...] detalles particulares del comportamiento que se desea observar». En la observación que se realiza, los datos que se buscan son referente al sistema de manejo existente que tienen en cafetería. Por otra parte «el propósito de la observación influye en lo que se observa, cómo se lo observa, quién es observado, cuándo tiene lugar la observación, dónde tiene lugar, cómo se registran las observaciones, qué observaciones se registran, cómo se analizan los datos y qué uso se le da a los datos. Además, el propósito de una observación está relacionado con la teoría, las creencias, los presupuestos y/o las experiencias previas de la persona que efectúa la observación.». Considerando que la investigación se orienta en el manejo de residuos, se diseña una lista de cotejo que permitirá registrar la existencia o no de datos.

6. Descripción de instrumentos y procedimientos de aplicación

a. Instrumento 1, cuestionario de entrevista a colaboradores

- Objetivo del instrumento: Identificar oportunidades de aprendizaje en cuanto al manejo de los residuos en la cafetería
- Descripción de instrumento: Para desarrollar la entrevista se diseñó un cuestionario con pautas para su aplicación (Ver Anexo O, inciso 1) las cuales el investigador debía seguir. Este instrumento contaba con el respectivo título e incluye las instrucciones para aplicar la entrevista en dónde se hace énfasis en aplicar el instrumento en un espacio en donde el entrevistador y entrevistado escuchen sin interferencia. Se solicitó al entrevistador leer las

preguntas justo como se presentan. Contaba con tres pasos: el paso a. consistió en presentarse y saludar. El paso b. consistió en compartir la razón de la entrevista y presentar el objetivo. El paso c. consistió en nueve preguntas de las cuáles cuatro son directas, tres fueron indirectas y dos mixtas que responden al objetivo de la entrevista.

- Aplicación del instrumento: Se notificó al supervisor de la cafetería el tiempo para realizar las entrevistas. Se programó dos días de entrevistas, con dos horas para cada día. Se asignó una mesa apartada para que entrevistadora coloque su computadora y anote las respuestas. Cada colaborador tomaba turnos para la entrevista dependiendo de afluencia de restaurante, la entrevistadora lee una pregunta a la vez y anota en su computadora las respuestas proporcionadas por los colaboradores. La duración estimada para esta entrevista fue de 10 minutos, dependiendo del diálogo que se desarrolla. Se realizó un total de 15 entrevistas, lo que abarca un 50% de la población.

b. Instrumento 2, lista de cotejo para la observación de la cocina

- Objetivo de la observación: Identificar el sistema actual para el manejo de los residuos de la cafetería.
- Descripción de instrumento: Para registrar datos observados se diseñó una lista de cotejo (Ver Anexo O, inciso 2) la cual contiene título de instrumento, el objetivo de la observación y las instrucciones que solicitan al observador determinar el área a ser observada, considerando que se debe tener a la vista los botes de basura de cafetería. Ubicarse en un espacio que no interrumpa el flujo de trabajo de los colaboradores y que escriba esta área, determinar tiempo y horario de observación, escribir la cantidad de botes disponibles y marcar con un X la existencia o no de los seis criterios establecidos. La lista de cotejo cuenta con espacios para escribir comentarios adicionales, al igual que los residuos adicionales no listados. Se solicita indicar la cantidad de veces que se depositó residuos en el bote.
- Aplicación de instrumento: Se notificó al supervisor para realizar la observación con un correo electrónico. Se establecieron dos horas de observación distribuidos en dos días Se determinó que la observación del primer día se realizarían en la tarde y la observación del segundo día se llevaron a cabo en la noche. El observador localizó los botes de basura y establecieron rangos de tiempo para observar todos los basureros en esas dos horas. Para tener información de todos los botes de basura, se establecieron 10 minutos aproximados de observación para cada uno.

Este mismo instrumento se aplicó una vez más 3 días después del taller. Se estableció el día y en el transcurso de una hora se llevó a cabo el proceso de observación.

7. Validación de instrumentos de investigación

- Juicio de expertos: Los instrumentos de investigación se les aplicó un proceso de validación de expertos. Estos instrumentos se le compartieron en formato físico a un experto en el tema de educación y procesos de investigación, para sugerir aspectos a mejorar. Las sugerencias se hicieron con lapicero en los mismos formatos físicos y la retroalimentación se obtuvo en un aproximado de dos días. Para el instrumento uno, el experto sugirió identificarlo con el número de instrumento, agregar paso c dentro de las instrucciones, ser más específico en el paso c agregando la frase “de todas las preguntas”. La segunda oración de las instrucciones sustituye la instrucción del paso c. Para el instrumento dos identificar instrumento con el número, agrega en las instrucciones que el tiempo se determina a través de minutos y era necesario agregar el objetivo del instrumento. Partiendo de los resultados obtenidos en el proceso de investigación se creó una planificación la cual se compartió a dos expertos en el tema de educación, con el propósito de que comentaran o sugirieran aspectos de mejora. De igual manera se diseñó una rúbrica la cual contenía criterios y descripciones para evaluar objetivos, contenido, actividades de desarrollo, secuencia de actividades, recursos didácticos, tiempo y criterios o instrumentos de evaluación. Los tres descriptores son bien, regular e insuficiente.
- El proceso de validación juicio de expertos se dio de la siguiente manera: Se compartió el documento de google de la planificación con los docentes de facultad de educación de la Universidad del Valle de Guatemala, ellos utilizaron el recurso de comentarios para señalar sugerencias, aspectos a mejorar o agregar. Se compartió la rúbrica de evaluación a catedrática con experiencia en métodos de enseñanza aprendizaje en la andragogía, para poder identificar aspectos a mejorar en la planificación.
- Trabajo de campo: Considerando que esta investigación responde a un enfoque investigación-acción, se desarrolló el plan propuesto para el taller de capacitación a colaboradores de una cafetería, utilizando recurso audiovisual y textos. El proceso de aplicación se dio de la siguiente manera: Se tuvo comunicación directa con jefe de capacitaciones, para acordar una fecha para desarrollar el taller. Se asignó 1 hora para desarrollar el taller de capacitación. En dos grupos diferentes, a manera que la cafetería no interrumpiera sus labores. Se programó el taller, determinando salón, material audiovisual y

cantidad de colaboradores. Se solicitó autorización para filmar el taller de capacitación a través de un consentimiento informado. Se confirmó la fecha para implementación. Se determinaron objetivos para planificación del taller, con base en el diagnóstico de necesidades: Propiciar espacios de reflexión sobre el problema de manejo de residuos a nivel nacional y promover la conciencia ecológica sobre la importancia del manejo de residuos sólidos desde la raíz en el hogar y espacios de trabajo. Considerando que esta planificación busca que se replique a otras cafeterías era necesario verificar dos aspectos para su validez:

- Verificación de tiempos propuestos para implementación de planificación: Para la validez de este aspecto, se diseñó un cuadro para comparar el tiempo real del desarrollo de las actividades y tiempo sugerido en la capacitación. Este contenía tres columnas: la primera columna es una lista de cada actividad realizada en el taller, la segunda columna corresponde a los tiempos reales que se tardó su desarrollo que se pudieron evidenciar en el video y la tercera corresponde al tiempo sugerido en la planificación.

- Actividades que responden al propósito del taller: Se diseñó una lista de cotejo para los participantes, la cual contenía las actividades planificadas responden a los criterios de la lista de cotejo, de igual manera contenía instrucciones para su desarrollo, en donde se solicita a los participantes que marquen con una X los criterios que considera se cumplieron o no.

8. Alcances y limitaciones de la investigación entre los alcances de la investigación se pueden mencionar los siguientes:

- Se identificó el sistema actual para el manejo de residuos de la cafetería.
- Se identificaron oportunidades de aprendizaje en cuanto al manejo de residuos en la cafetería.

Durante el proceso de investigación se presentaron las siguientes limitantes:

- Al aplicar las entrevistas no se contó con la información de todos los colaboradores, únicamente con el cincuenta por ciento de ellos.

J. Módulo 10: Sistematización en una guía, de los pasos establecidos para la enseñanza-aprendizaje del manejo integral de los residuos dentro de un restaurante de comida rápida ubicado en un complejo comercial

1. Enfoque y tipo de investigación en esta investigación se utilizó como parte del proceso, la investigación cualitativa. Esto permitió investigar las necesidades, roles, desempeños, procedimientos y sistemas que se tienen dentro del restaurante y proponer posibles mejoras o nuevas implementaciones a realizar. Por último, se propuso la sistematización de sus procesos de acuerdo a los resultados.

2. Población, muestra y unidad de análisis la población con la que se realizó la investigación estuvo comprendida por los colaboradores de 16 a 35 años de edad, quienes representan al personal del restaurante de comida rápida ubicado en el complejo comercial, esto incluye a 1 gerente y 44 colaboradores.

El tipo de muestreo que mejor se acopló a la investigación es el muestreo no probabilístico-por conveniencia. En este caso la muestra es de diez colaboradores y un gerente de restaurante de comida rápida, los diez colaboradores fueron elegidos por el gerente debido ya que no se contaba con el tiempo necesario para la realización inmediata de los instrumentos.

Las unidades de análisis fueron los colaboradores, el gerente y los recipientes de basura.

3. Supuesto de investigación sistematizar los pasos de capacitación con relación al manejo de residuos permite mejorar los resultados obtenidos en la clasificación de los residuos.

4. Variables a continuación, se describen de forma conceptual y operacional dichas variables.

- Manejo integral de residuos
- Sistematización

5. **Técnicas y estrategias** para conocer los procesos actuales y las necesidades del restaurante y su población se utilizan las siguientes técnicas de investigación:

- Entrevistas
- Encuesta: Esta se utilizó para obtener datos exactos de las dinámicas de trabajo, proceso de enseñanza y desempeño dentro de la cocina del restaurante de comida rápida
- Observaciones

6. **Instrumentos** la recolección de datos se realizó utilizando los siguientes instrumentos:

a. Instrumento 1- Investigador-Diario de campo

- **Objetivo:** Identificar el manejo de los residuos por parte de los colaboradores en el área de cocina del restaurante de comida rápida.
- **Descripción:**

El diario se realizó en un formato impreso, dentro de un folder con gancho. Este fue elaborado en Word, formado por una tabla de 2 columnas y 6 filas.

El diario contó con el logo de la universidad, indica las instrucciones para su aplicación y el objetivo de su uso. Cuentó con un encabezado, con hora, fecha, lugar, momento observado y un área para anotar las observaciones relevantes que favorezcan al cumplimiento del objetivo. (Ver anexo J. inciso A)

Procedimiento de aplicaciones:

El diario de campo se realizó dos veces, en dos diferentes momentos. El primero se realizó al momento de observar a las 11:30 a.m. en el área de fritos, el cual abarca la mesa de ingredientes y la plancha para freír. Cerca de esta área se encuentran ubicados tres basureros, lo cual permitió que se observara cuidadosamente el manejo de los residuos.

La segunda observación se realizó a las 3:30 p.m. en donde se anotó lo observado en el área de cafetería y autoservicio, el cual a su alrededor cuenta con tres basureros.

Cada observación tuvo una duración de 30 minutos.

b. Instrumento 2 - colaborador - cuestionario semiestructurado

- **Objetivo:** Recolectar información de los procesos de capacitación relacionados al manejo integral de los residuos.
- **Descripción:** El cuestionario contó con el logo de la universidad, describió el objetivo de su aplicación, el tiempo que se tomará el colaborador en llenarlo y refiere que este es confidencial. Este contiene seis preguntas abiertas, que permitieron al colaborador expresar sus conocimientos libremente, las primeras dos preguntas hacían referencia al manejo integral de residuos, las siguientes tres correspondían al proceso de inducción y capacitación por parte del restaurante y por último se solicitó la opinión del colaborador respecto a la importancia de conocer acerca del tema de manejo integral. (ver anexo J.inciso B)
- **Procedimiento de aplicación:** Debido a que los colaboradores no podían detener sus labores, el cuestionario fue entregado al gerente, el cual se encargó de seleccionar a los 10 colaboradores para que éste se llenara en su tiempo de descanso y al día siguiente fue devuelto con las respuestas solicitadas.

c. Instrumento 3 – gerente- Encuesta

- **Objetivo:** Recolectar información de los procesos de capacitación relacionados al manejo integral de los residuos.
- **Descripción:** El cuestionario cuenta con el logo de la universidad, describe el objetivo de su aplicación, el tiempo que se tomará el gerente en llenarlo y refiere que este es confidencial. Este contenía seis preguntas abiertas, que permitieron al gerente expresar sus conocimientos libremente, las primeras dos preguntas hacían referencia al manejo integral de residuos, las siguientes correspondían al proceso de inducción y capacitación por parte del restaurante y por último se cuestionó, acerca de si la empresa poseía una guía que permitiera orientar el proceso de inducción para los nuevos colaboradores. (ver anexo J.inciso C)

d. Instrumento 4 – gerente - entrevista

- **Objetivo:** Conocer de manera detallada los pasos implementados para la enseñanza del manejo integral de residuos, las prácticas desarrolladas en la empresa y los perfiles de los colaboradores.
- **Descripción:** La entrevista contenía previamente un consentimiento informado en donde se le explicó al gerente del restaurante que toda la información proporcionada sería utilizada únicamente para fines investigativos, esta sería grabada en audio y al cumplir con su objetivo sería borrado. La entrevista contenía 5 preguntas abiertas, las cuales a lo largo de la entrevista se fueron ampliando o surgiendo nuevas. Las preguntas se enfocaron en los procedimientos ya existentes, acorde al manejo integral de los residuos, se solicitó también la información de la descripción de las fortalezas y áreas de mejora que eran observables en los colaboradores. (ver anexo J. inciso E)
- **Procedimiento de aplicación:** La entrevista se realizó por la mañana en el área de juegos de la cafetería, a puerta cerrada. Antes de iniciar la entrevista se le presentó al gerente el objetivo de la entrevista. Se leyó el consentimiento informado, en donde se solicitaba la autorización para que esta fuera grabada en audio. (ver anexo J. inciso D). Luego que se establecieron los lineamientos, se dio inicio a la entrevista. Esta duró 15 minutos.

7. **Validación** como parte del proceso de validación se contó con el apoyo de expertos en el área de redacción, proceso de capacitación y proceso de inducción para la enseñanza del manejo de residuos. Se corrigieron las estructuras gramaticales, signos de puntuación, redacción y secuencia lógica de las actividades propuestas. Para su registro se utilizaron rúbricas que permitieran la realización de una evaluación objetiva.

8. Alcances

- Se comprendió la situación actual sobre el manejo de residuos por parte del personal del restaurante de comida rápida y evaluar sus resultados.
- Se sistematizaron los pasos de separación de los residuos.
- Se propuso un taller para el personal del restaurante, con relación al manejo integral de los residuos.

9. Limitaciones:

- El tiempo con el que los colaboradores y gerentes contaban para realizar las entrevistas y encuestas era limitado y algunos las llenaron rápidamente.
- Las observaciones no se pudieron hacer por largos períodos, ya que el restaurante cuenta con un tour guiado que personas externas deciden realizar para conocer las instalaciones y no es permitido que personas ajenas al restaurante estén dentro en ese momento.

VII. RESULTADOS

A. Módulo 1: Evaluación y propuesta para el diseño preliminar de compostera con sistema aeróbico en un complejo comercial

1. Caracterización inicial de un lote procesado en el complejo comercial

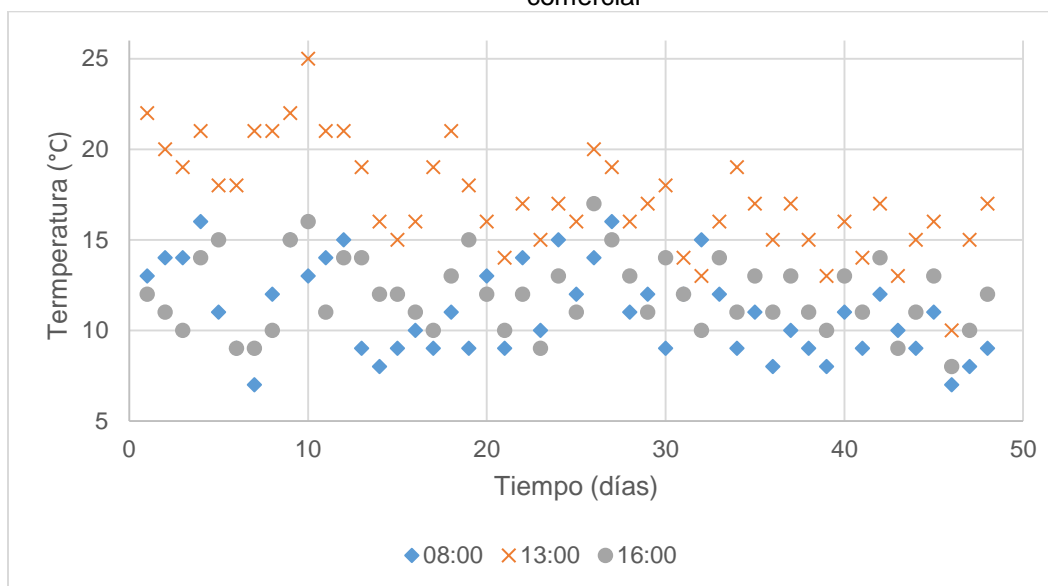
Cuadro 44: Análisis de compost terminado para lotes realizados en la planta actual

Característica	Lote # 1 (húmedo)	Lote # 2 (seco)	Valores de Referencia
pH	8.76 (+++)	8.64 (+++)	6 - 8.5
C:N	12.16 (++)	27.78 (++)	10 - 15
%N	2.01 (++)	1.10 (+)	2
%P ₂ O ₅	1.58 (++)	0.44 (+)	15
%K ₂ O	1.74 (+)	1.22 (+)	3
%CaO	10.04	1.60	
%MgO	0.78	0.51	
ppm S	0.40 (+)	0.19 (+)	25 - 75
ppm B	53.40 (+++)	35.91 (+++)	< 0.5
ppm Cu	22.31 (+++)	18.96 (+++)	0.05 - 5
ppm Fe	11,164.92 (pH)	12,133.61 (pH)	Depende del pH
ppm Mn	413.08 (pH)	379.93 (pH)	Depende del pH
Ppm Zn	97.53 (+++)	80.28 (+++)	0.1 2
% C orgánico	24.44	30.56	
% Materia orgánica	44.00 (+++)	55.00 (+++)	> 20
% Ceniza	56.00	45.00	

+Límites Bajos. ++Valor aceptable. +++ Límites altos. pH Dependiente del pH

Nota: El Lote #1 corresponde a un lote en proceso de descomposición. El Lote #2 corresponde a un lote en proceso de secado. Los valores de referencia se encuentran en el Cuadro 1 y Cuadro 2.

Figura 48: Control de temperaturas para un lote en proceso de descomposición del complejo comercial



Nota: Las temperaturas se monitoreaban tres veces al día. Los datos originales de la gráfica se encuentran en el apéndice. Fuente: Complejo Comercial

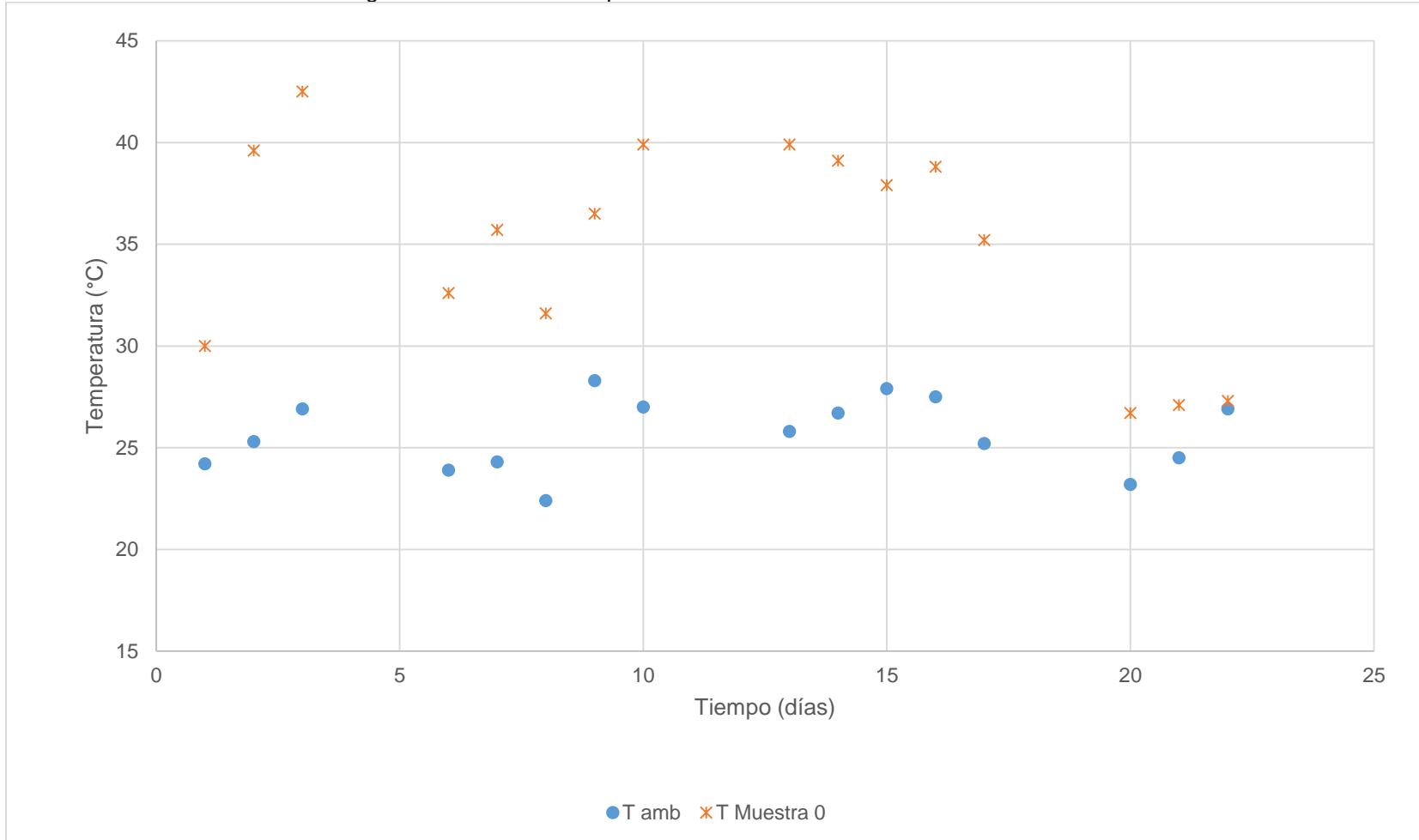
2. Proceso de muestreo de compost a escala laboratorio

Cuadro 45: Material utilizado para las muestras de compost analizado a escala laboratorio

No. muestra	Masa material orgánico (± 0.02 kg)	Masa material poda (± 0.02 kg)	Masa inicial total (± 0.02 kg)	Razón orgánico/poda
0	6.80	1.50	8.30	4.53
1	3.50	0.78	4.28	4.49
2	3.50	0.78	4.28	4.49
3	2.54	0.78	3.32	3.26

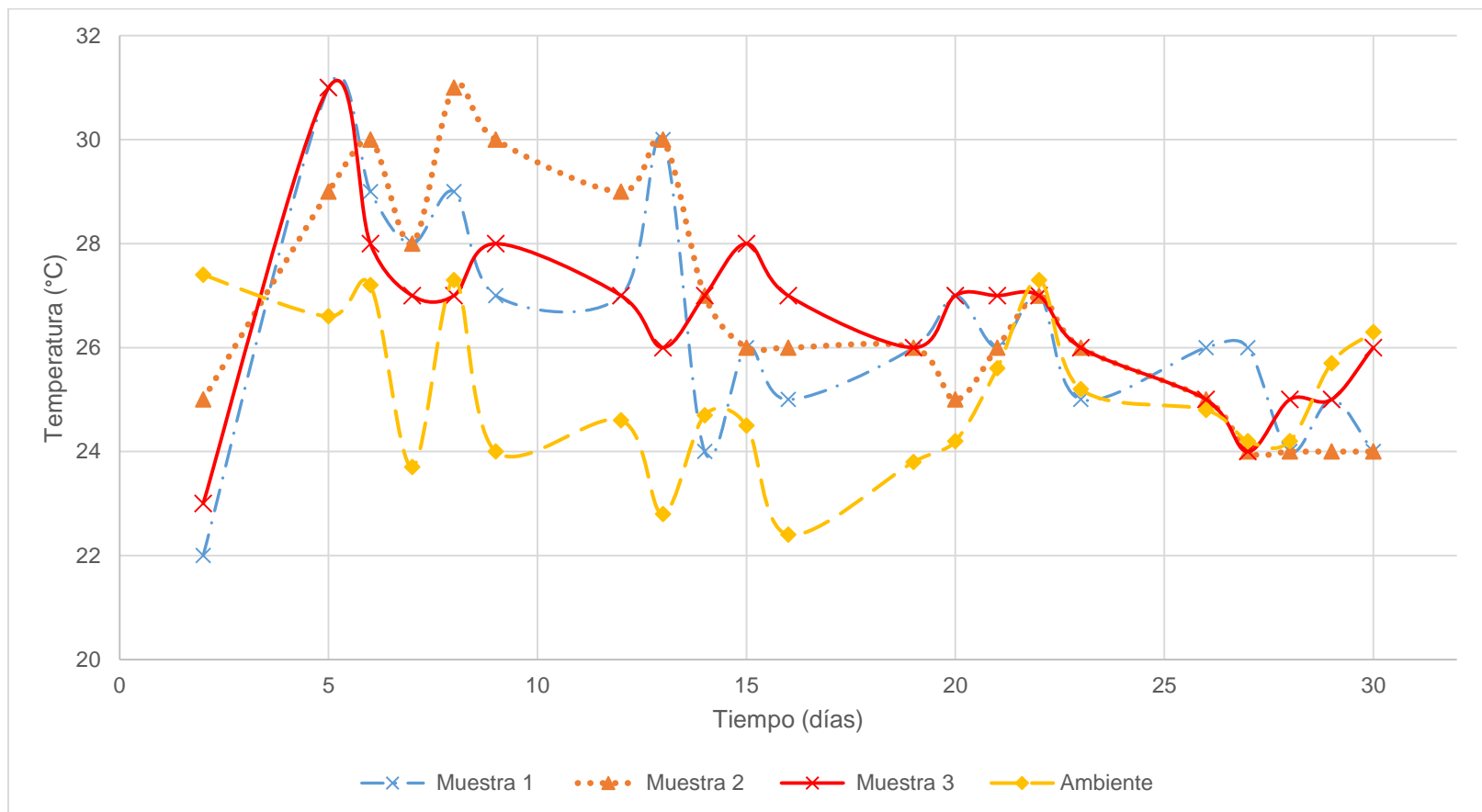
Nota: Estas muestras se tomaron de un proceso de recolección realizado en el complejo comercial, estas se recibieron posterior a un proceso de preclasificación del material orgánico.

Figura 49: Control de temperaturas de muestra 0 evaluada a escala laboratorio



Nota: Las temperaturas se monitoreaban a distintas horas cada día. Los datos originales de la gráfica se encuentran en el apéndice.

Figura 50. Control de temperaturas de muestras 1, 2 y 3 evaluadas a escala laboratorio



Nota: Las temperaturas se monitoreaban a distintas horas del día. Los datos originales de la gráfica se encuentran en el apéndice. Se completó la gráfica con líneas para lograr apreciar los datos.

Cuadro 46: Rangos de contenido de agua y sólidos totales para las muestras evaluadas a escala laboratorio

No. Muestra	Contenido de agua (%m/m)		Sólidos totales (%m/m)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
0	40.35%	79.27%	20.73%	59.65%
1	40.35%	57.92%	42.08%	59.65%
2	40.35%	73.98%	26.02%	59.65%
3	40.35%	58.14%	41.86%	59.65%

Cuadro 47: Rangos de pH para las muestras evaluadas a escala laboratorio a temperatura

No. Muestra	pH	
	Mínimo	Máximo
0	5.680	10.000
1	6.428	10.989
2	7.281	10.909
3	7.483	10.275

Cuadro 48: Densidad promedio de las muestras analizadas a escala laboratorio a temperatura

Lote	Densidad promedio (g/ cm ³)	Incertidumbre	Densidad (kg/m ³)
0	0.9880	0.0218	988.03
1	1.1402	0.0218	1140.19
2	1.0396	0.0218	1039.62
3	1.0647	0.0218	1064.67
Promedio	1.0581	0.0120	1058.13

Nota: La incertidumbre del promedio, es la desviación estándar.

Cuadro 49: Análisis de compost terminado para lotes realizados a escala laboratorio

Característica	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
pH	8.62 (+++)	9.69 (+++)	9.98 (+++)	9.84 (+++)
C:N	10.32 (++)	9.91 (+)	9.69 (+)	9.65 (+)
%N	3.93 (+++)	3.25 (+++)	3.44 (+++)	3.51 (+++)
%P ₂ O ₅	1.17 (++)	1.72 (++)	1.51 (++)	1.65 (++)
%K ₂ O	4.82 (+++)	6.32 (+++)	7.19 (+++)	7.26 (+++)
%CaO	4.75 (+)	1.86 (+)	2.27 (+)	2.23 (+)
%MgO	0.60 (+)	0.66 (+)	0.70 (+)	0.71 (+)
ppm S	0.27 (+)	0.24 (+)	0.26 (+)	0.26 (+)
ppm B	45.28 (+++)	57.83 (+++)	48.93 (+++)	46.75 (+++)
ppm Cu	20.34 (+++)	21.61 (+++)	25.09 (+++)	24.72 (+++)
ppm Fe	4,022.9 ⁷ (pH)	6,741.50 (pH)	5,814.75 (pH)	7,327.6 ² (pH)
ppm Mn	193.19 (pH)	119.12 (pH)	120.44 (pH)	125.03 (pH)
ppm Zn	253.33 (+++)	2,973.97 (+++)	1,145.52 (+++)	2,128.7 ¹ (+++)
% C orgánico	40.56	32.33	33.33	33.89
% Materia orgánica	73.00 (+++)	58.00 (+++)	60.00 (+++)	61.00 (+++)
% Ceniza	27.00	42.00	40.00	39.00

+Límites Bajos. ++Valor aceptable. +++ Límites altos. pH Dependiente del pH

Nota: El procesamiento de estos lotes se realizó reduciendo el tamaño de partícula y control de aireación por volteos manuales. Las muestras fueron procesadas a temperatura y humedad ambiente.

3. Balances del material compostable

Cuadro 50: Balances de masa para las muestras analizadas a escala laboratorio

Lote		0	1	2	3
Masa inicial (± 0.02 kg)		8.3	4.28	4.28	3.32
Masa final (± 0.001 kg)		0.533	0.269	0.284	0.305
% m/m de Sólidos	Inicial	29.43%	59.65%	59.65%	59.65%
	Final	59.65%	42.08%	33.86%	53.20%
% m/m de Agua	Inicial	70.57%	40.35%	40.35%	40.35%
	Final	40.35%	57.92%	66.14%	46.80%
Perdidas sólidos (kg)		2.1250	2.4397	2.4567	1.8180
Pérdidas agua (kg)		5.6418	1.5713	1.5392	1.1970
Pérdidas sistema (kg)		7.7668	4.0109	3.9959	3.0150
Conversión a Compost		73.57%	87.68%	86.34%	81.22%
Rendimiento		26.43%	12.32%	13.66%	18.78%

Nota: Los valores de porcentajes de sólidos y porcentajes de agua corresponden a las condiciones evaluadas al inicio y al final del proceso de compostaje.

Cuadro 51: Rendimiento de producción de compost

	Teórico	Experimental	% Error
Conversión	76 - 80%	82.20%	5.38%
Rendimiento de producción	20 - 24%	17.80%	19.09%

4. Capacidad y proyecciones de material orgánico

Cuadro 52: Dimensiones de las pilas de compostaje

Ángulo de reposo	Pila triangular			Pila trapezoidal		
	Altura (m)	Volumen(m ³)	Masa (kg)	Altura (m)	Volumen(m ³)	Masa (kg)
45°	1.1	2.662	2,816.66	1.0	2.640	2793.38
60°	1.90	4.611	4,878.60	1.80	4.598	4865.16

Nota: Ver Cálculos 5, 6 y 7 para cálculos de las pilas. El ancho y largo de las pilas es constante (2.2 m) logrando realizar dos pilas en cada cámara de compost en relación a las dimensiones de la Figura 6.

Cuadro 53: Proyección de recolección del material orgánico

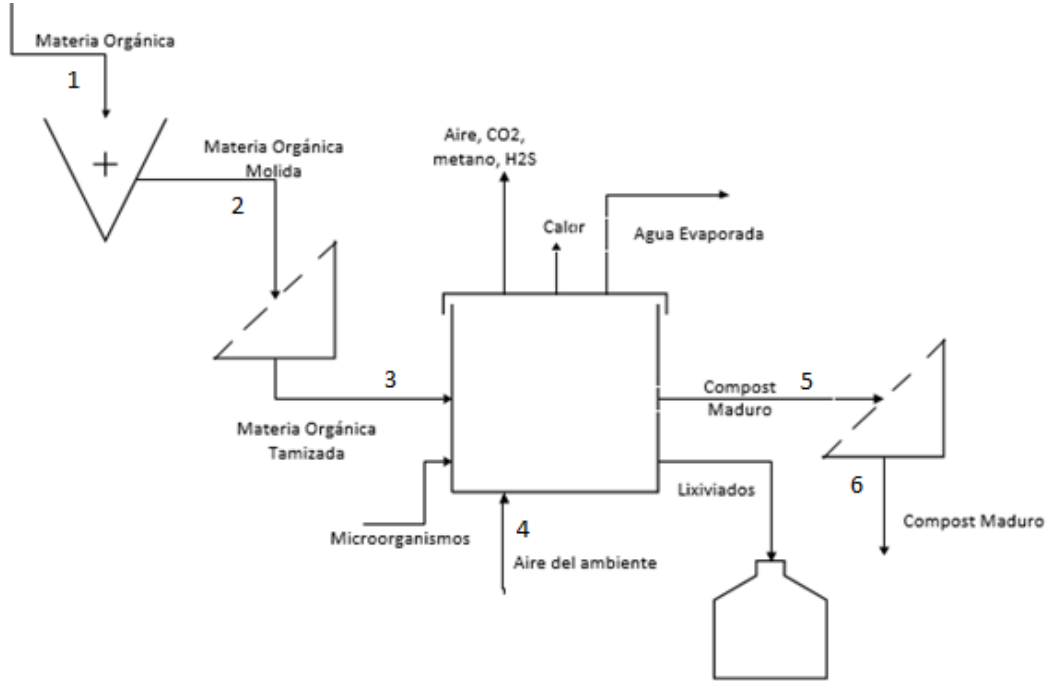
Año	Promedio mensual desechos orgánicos (kg)	Promedio diario desechos orgánicos (kg)
2016	3,225.65	107.52
2017	2,016.42	67.21
2016 - 2017	2,656.60	88.55
D.E. 2016 - 2017	1,592.05	53.07
2018	3,037.56	101.25
2019	3,473.14	115.77
2020	3,971.19	132.37
2021	4,540.66	151.36
2022	5,191.79	173.06
2023	5,936.30	197.88
2024	6,787.56	226.25
2025	7,760.90	258.70
2026	8,873.81	295.79

Nota: Se utilizó para las proyecciones del 14.34% de crecimiento respecto al Cuadro 4.

D.E.: Desviación Estándar.

5. Esquema del proceso

Figura 51: Esquema preliminar de entradas y salidas propuesto para el complejo comercial




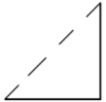


- nota: se utilizó una base de cálculo de 100 kg de materia orgánica que ingresan al sistema. los lixiviados se recuperan en un tanque para humectar el compost o para un posterior tratamiento en una planta de tratamiento de agua.

Cuadro 54: Condiciones de las corrientes del esquema de entradas y salidas

Flujo No.	Material	Masa (kg)	Condiciones
1	Materia orgánica	100	Humedad (50-70%)
2	Materia orgánica	98	Tamaño de partícula (14 mm, diámetro)
3	Materia orgánica	98	Tamaño de partícula (14 mm, diámetro)
4	Aire	9.8	10% material orgánico Temperatura = ambiente
5	Compost	19.8	Humedad (30-40%)
6	Compost maduro	19.8	Humedad (30-40%) Temperatura ambiente

Nota: Se utilizó una base de cálculo de 100 kg inicial de materia orgánica. El tamaño de partícula es el esperado para el sistema considerando un sistema de trituración.

Cuadro 55: Equipo a Utilizar

<i>Diagrama del equipo</i>	<i>Nombre del equipo</i>
	Triturador / molino
	Tamiz
	Reactor con aireación
	Tanque de lixiviados

B. Módulo 2: Evaluación de proceso anaeróbico para tratamiento de residuos sólidos orgánicos en un complejo comercial

Cuadro 56 Caracterización material orgánico sólido

Parámetro	Valor promedio
Humedad	90.40 ± 0.01 %
Densidad [g/mL]	0.9941 ± 0.0208
pH	5.591 ± 0.001
DQO [mg/L]	> 1,650 ± 50
ST [mg/L]	227,737 ± 444
Porcentaje de ST	22.77 ± 0.04% m/m
SV [mg/L]	964,500 ± 6,095
Porcentaje de SV	96.45 ± 0.61% m/m

* Nota: La caracterización del material orgánico sólido fue realizada principalmente para determinar la carga orgánica (DQO y SV) del material, correspondientes a valores promedio de pruebas realizadas en triplicado en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle en septiembre 2017.

Cuadro 57: Comparación de parámetros de operación teóricos y experimentales

Parámetro	Experimental	Rango experimental	Rango Teórico	Fuente
HRT	15 días	12 – 15 días	10 – 15 días	(Varnero, 2011)
Temperatura	54.70 ± 1.03 °C	48 – 58 °C	45 – 80 °C	(Varnero, 2011)
pH	5.6203 ± 0.4024	4.792 – 7.183	6.8 – 7.4	(Varnero, 2011)

* Nota: Se muestra los parámetros de operación experimentales, para determinar cómo se trabajaron los digestores respecto a la teoría. Los datos de temperatura y pH corresponden a valores promedio de los 15 días en que se operó. Las pruebas de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle en septiembre y octubre 2017.

Cuadro 58: Características determinadas del material orgánico encontradas para cálculo del índice de producción de metano

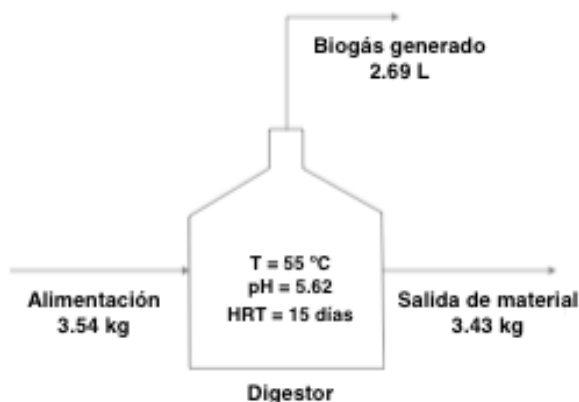
Reactor ⁶	Volumen biogás generado [mL]	Porcentaje reducción DQO	Porcentaje reducción SV	IPM [mL CH ₄ /g DQO]	IPM [mL CH ₄ /kg SV]
RA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
RB	875 ± 25	52.46 ± 1.27%	47.13 ± 1.62%	206.94 ± 10.24	363.14 ± 19.06
RC	980 ± 25	53.07 ± 1.29%	51.20 ± 1.86%	229.23 ± 10.52	402.25 ± 19.71
RD	2,685 ± 25	56.05 ± 1.36%	54.53 ± 1.94%	656.91 ± 20.47	1,152.75 ± 41.03
Promedio	1513.33 ± 677.36	53.86 ± 2.90%	50.95 ± 2.88%	364.36 ± 13.74	639.38 ± 26.58
Desviación estándar	1,06.05	1.92%	3.71 %	253.60	445.02

* Nota: Debido a complicaciones en la captura de biogás producido para RA, no se consiguió determinar el IPM para este digestor. Sin embargo, IPM⁷ determinados con los otros tres digestores durante los 15 días de digestión, fueron de utilidad para realizar la estimación de generación de biogás y energía. Por lo que, se presenta el valor obtenido para cada digestor, según el volumen de gas generado, correspondiente a eficiencias de reducción de carga orgánica.

⁶ La nomenclatura RA, RB, RC y RD hará referencia a los digestores A, B, C y D, respectivamente.

⁷ Índice de Producción de Metano (IPM): factor que permite conocer el volumen de metano generado de acuerdo a la carga orgánica (DQO o SV) específica de cada tratamiento (Ventura, 2014)^[21] y (Rocha, 2015)^{[19].0}

Figura 52: Diagrama para ejemplificación de proceso de degradación



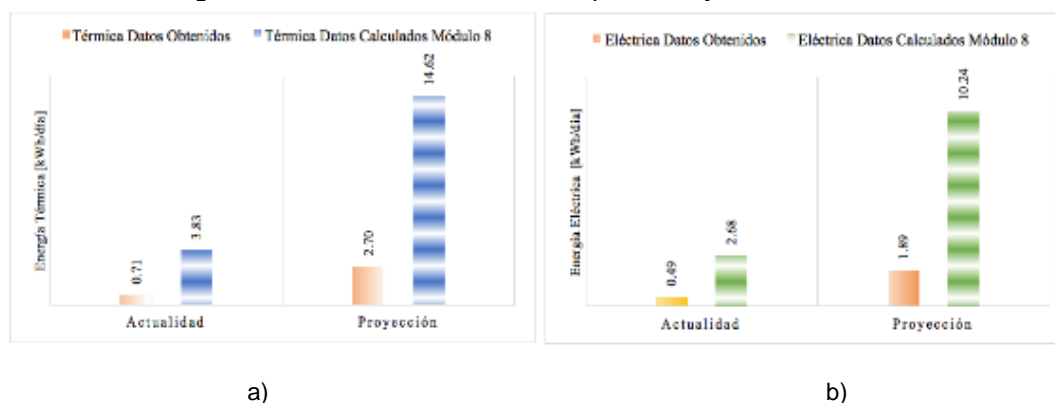
* Nota: El diagrama de proceso indica los flujos obtenidos para RD

Cuadro 59: Estimación de generación de biogás y potencial energético del residuo orgánico

Estimación	Estimación	Estimación	Estimación energía
volumen de biogás	volumen de	energía eléctrica	térmica [kWh]
[m ³]	metano [m ³]	[kWh]	
1.54 ± 0.07	1.08 ± 0.05	5.55 ± 0.24	7.93 ± 0.34

* Nota: Estimación respecto a base de cálculo de 1 m³ de biogás, utilizando el valor de IPM de mayor desempeño, correspondiente a RD, resaltado en el cuadro 6.

Figura 53: Comparación de estimación de producción de energía del complejo comercial, de acuerdo a su generación de residuos sólidos reportados y los calculados en Módulo 8



* Nota: a) Generación de energía térmica b) Generación de energía eléctrica. En ambos casos, la generación de residuos para el panorama actual: datos obtenidos de 88.6 kg/día y calculados de 480.0 kg/día (módulo 8); para el proyectado: datos obtenidos de 338.2 kg/día y calculados 1833.3 kg/día (módulo 8). El panorama actual hace referencia a la producción según datos de generación de residuos promedio comprendidos en el período 2016 – 2017; la proyección representa su producción a un horizonte de 10 años.

C.Módulo 3: Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la caracterización del aceite y del biodiésel, para los diferentes lotes efectuados.

Cuadro 60: Análisis efectuados en la caracterización del aceite del complejo comercial.

Análisis	Promedio
Densidad (kg/m ³)	913.9303 ± 0.0053
Humedad y materiales volátiles (%)	4.9 ± 0.1
Viscosidad (cSt)	45.0685 ± 0.0029
pH	4.768 ± 0.005
Número ácido (mg KOH/g)	0.3964 ± 0.0001
Agua y sedimentación	No hay sólidos suspendidos

Cuadro 61: Análisis efectuados en la caracterización del biodiésel producido

Análisis	Promedio
Densidad (kg/m ³)	897.0772 ± 0.0053
Viscosidad (cSt)	4.1798 ± 0.0029
pH	7.553 ± 0.005
Número ácido (mg KOH/g)	0.04 ± 0.01
Agua y sedimentación	No hay sólidos suspendidos
Prueba 3/27	Sí se llevó a cabo la reacción

Nota: La realización de los análisis fisicoquímicos del aceite y del biodiésel, conllevan ciertos costos, entre estos se encuentran la materia prima, electricidad y agua utilizada; los mismos se detallan a continuación.

Cuadro 62: Costo de la caracterización de aceite, dependiendo del análisis efectuado.

1. Densidad	Q 0.24
2. Humedad y materiales volátiles	Q 0.05
3. Viscosidad	Q 0.03
4. pH	Q 0.02
5. Agua y sedimentación	Q 0.02
6. Índice de acidez	Q 24.27
<hr/>	
Costo caracterización de aceite usado	Q24.62

Cuadro 63: Costo de la caracterización de biodiésel, dependiendo del análisis efectuado.

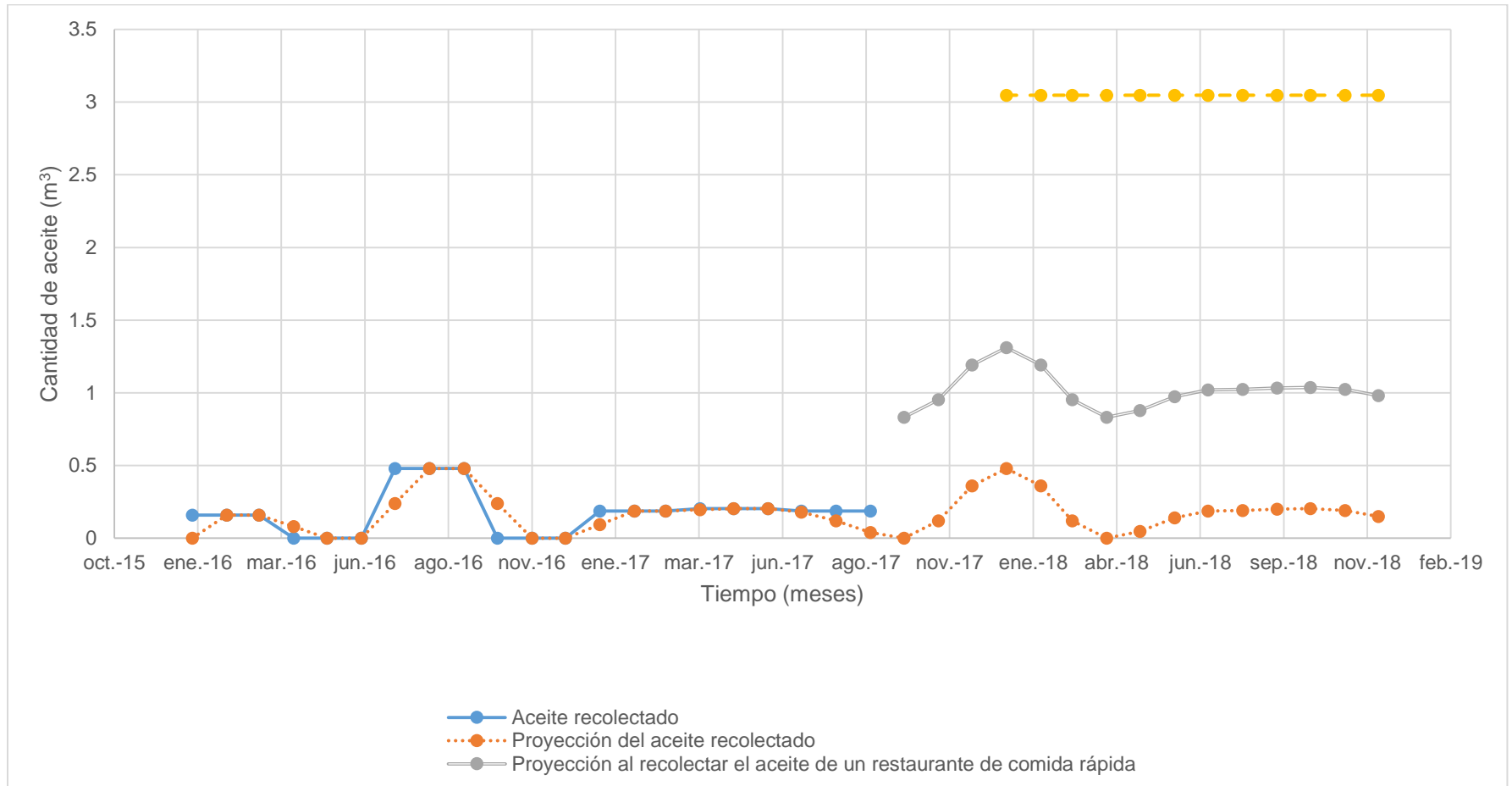
1. Densidad	Q 0.48
2. Prueba 3/27	Q 1.99
3. Viscosidad	Q 0.01
4. pH	Q 0.02
5. Agua y sedimentación	Q 0.02
6. Índice de acidez	Q 24.27
<hr/>	
Costo caracterización de aceite usado	Q26.28

Nota: En el cuadro 62 y cuadro 63, se pueden observar detalladamente los costos por cada análisis efectuado al aceite usado y al biodiésel del complejo comercial y el costo total de realizar los mismos; para los mismos se tomaron en cuenta únicamente los costos relacionados con el uso de materia prima, energía eléctrica y agua.

No se tomaron en cuenta los costos de cristalería y equipo, debido a que los mismos se encontraban disponibles dentro del laboratorio de Operaciones Unitarias en la Universidad del Valle de Guatemala; por otra parte, no se tomó en cuenta el costo de mano de obra, ya que fueron análisis efectuados por el analista con el fin de enriquecer el presente trabajo.

A continuación, se puede observar la variación y la proyección del aceite de cocina usado, que se recolecta en el complejo comercial con el paso del tiempo.

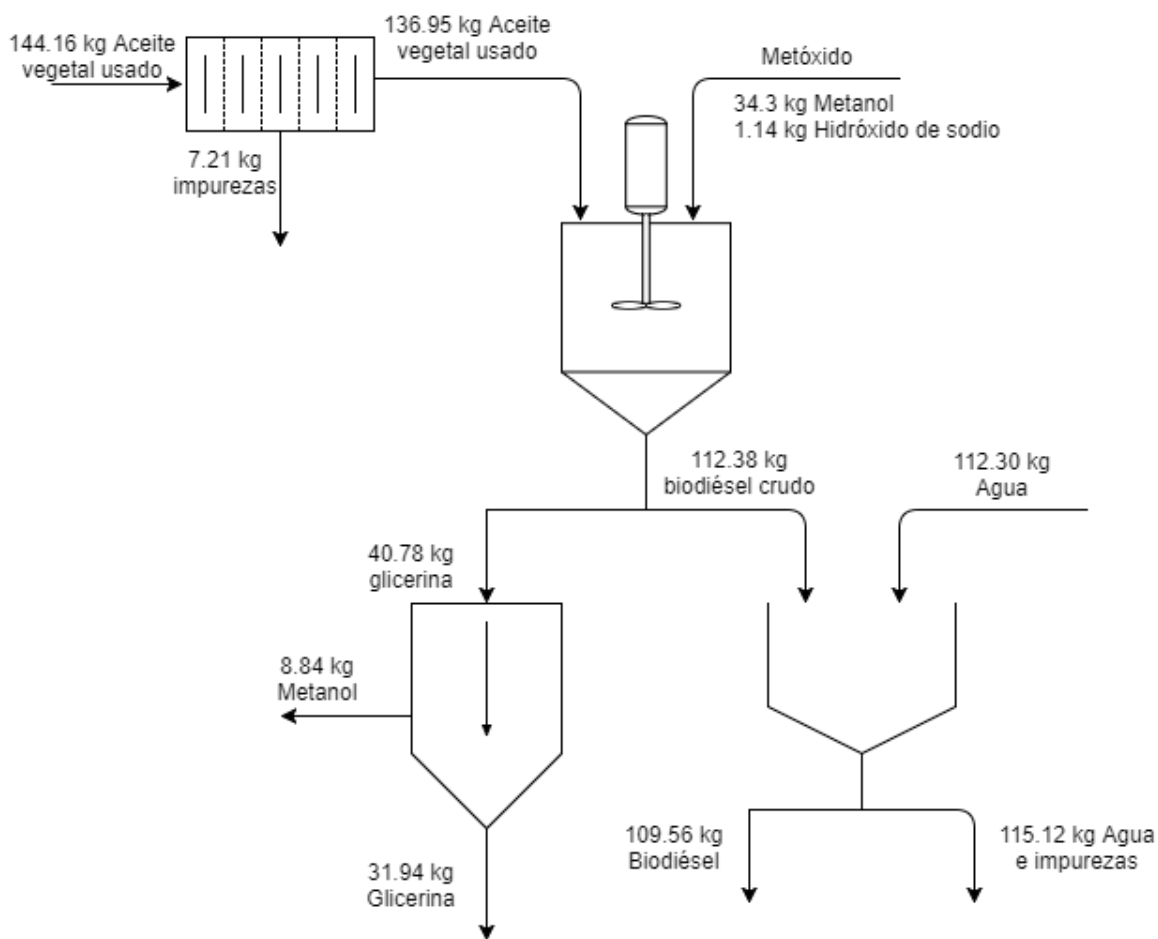
Figura 54: Cantidad de aceite recolectado mensualmente.



Nota: en dicha figura se puede observar la cantidad de aceite que actualmente se está recuperado de diversos restaurantes y comedores; esta se compara con la cantidad de aceite que el complejo comercial podría llegar a utilizar, si todos los restaurantes donaran dicho residuo para su reutilización en la producción de biodiésel (proyección).

A continuación, se puede observar los requerimientos en cuanto a materia y energía, con los que se desea trabajar en la planta propuesta para la producción de biodiésel.

Figura 55: Diagrama de flujo de los requerimientos para la producción de biodiésel.



Nota: En el diagrama anterior, se observan las cantidades de material requeridos en cada una de las etapas de la producción y purificación del biodiésel.

A continuación, se puede observar la matriz del estudio de la factibilidad técnica, con la selección de la planta de producción de biodiésel que se ajusta a las necesidades del complejo comercial.

Cuadro 64: Matriz de selección de la planta de producción de biodiésel.

Proveedor	Planta	Valor
Renov	RENOV 200-2017	2.01
The Biodiesel Business Academy	100 LPB	1.82
Aboissa	Mini Planta Biodiésel (COD. 1895)	1.45
SYSTEMS CORPORATION	MINI 1	2.16
Freedom BioFuelers LLC	20 Gallon survivor fueler	2.24
Springboard Biodiesel	BioPro TM 190	2.4
Green Fuels	FuelPod 3	2.17

Nota: En el cuadro 64 se utilizó un código de colores; si se obtiene color verde significa que la planta se ajusta a las necesidades e intereses del complejo comercial; por otra parte, si se obtiene color amarillo, indica que la planta tiene algunas deficiencias para poder ser seleccionada, y si no se colorea, significa que la planta no cumple con los requisitos deseados.

Las dos plantas con mayor promedio ponderado dentro de la matriz de selección, se compararon a nivel técnico y económico, para la determinación de la planta óptima para operar dentro de las instalaciones del comercial. Estos se muestran a continuación.

Cuadro 65: Comparación de las posibles plantas para la producción de biodiésel en el complejo comercial.

Planta	Ventajas	Desventajas
Freedom BioFuelers LLC	<ul style="list-style-type: none"> • Las tuberías y accesorios son de acero inoxidable. • Tiene capacidad de escalamiento, al comprar accesorios u otros equipos. • El proceso es por lotes. • La capacidad de la planta es 0.151 m³. • La planta no posee requerimientos especiales para su instalación, únicamente la conexión de los equipos y una instalación eléctrica. • Su vida útil es de 15 años. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es completamente manual. • El material de los equipos de la planta es de plástico. • Los equipos no poseen algún tipo de protección para la seguridad del operador. • Al ser completamente manual, requiere más de una persona para su operación. • El tiempo de producción es de aproximadamente 48 horas por lote. • El precio CIF de la planta es \$3,895.00 más envío; cuyo sistema de recuperación de metanol se vende por separado; el cual tiene un precio de \$4,595.00 más envío.
Springboard Biodiesel	<ul style="list-style-type: none"> • La planta es completamente de acero inoxidable. • Tiene capacidad de escalamiento, al comprar accesorios u otros equipos. • Es completamente automatizada. • El proceso es por lotes. • Los motores de las bombas están contruidos a prueba de explosiones. • Está certificado por CE por seguridad. • Al ser completamente automática, requiere una persona para su operación. • No requiere equipo extra para elaborar la purificación del producto final. • La planta no posee requerimientos especiales para su instalación, únicamente la conexión de los equipos y una instalación eléctrica. • Su vida útil es de 20 años. 	<ul style="list-style-type: none"> • La planta tiene un precio CIF de \$10,995.00 más envío. • El tiempo de producción es 48 horas por lote.

Nota: En el cuadro anterior, se pueden apreciar las diferentes ventajas y desventajas, a nivel técnico, que tienen cada una de las posibles plantas para la producción de biodiésel dentro del complejo comercial.

A continuación, se presenta la comparación de cada una de las plantas a nivel económico; se analizaron dos casos, siendo el primero de ellos el costo para la producción de un lote de biodiésel.

Cuadro 66: Costo por kilogramo para cada una de las plantas de producción de interés.

Rubro	Costo por kilogramo de biodiésel producido	
	Freedom BioFuelers LLC	Costo hora ordinaria
Costo de producción		
Costo de materia prima		
Aceite	Q -	Q -
Metanol	Q 2.62	Q 1.83
Hidróxido de sodio	Q 0.06	Q 0.06
Costo de energía eléctrica	Q 1.53	Q 0.77
Costo de consumo de agua	Q 0.00	Q 0.00
Costo de mano de obra directa	Q 2.59	Q 2.07
Costo por mantenimiento	Q 0.17	Q 0.22
Limpieza	Q -	Q -
Otros costos	Q -	Q -
Costo total por lote	Q 6.97	Q 4.95

Nota: El cuadro anterior se muestra una comparación entre los costos que involucran la producción de un kilogramo de biodiésel en cada una de las plantas de interés; la planta suministrada por Freedom BioFuelers LLC posee una capacidad de aceite vegetal usado de 0.151 m³ por lote de producción, mientras que la planta suministrada por SpringBoard Biodiesel puede operar con 0.189 m³ de aceite de cocina usado.

Los precios utilizados para la materia prima se encuentran especificados en las cotizaciones realizadas, las cuales se pueden observar en el Anexo I; por otra parte, las tarifas de energía eléctrica y agua municipal se cotizaron para zona 16 de la ciudad capital, estando estas detalladas en el sección 3 del anexo I..

Como segundo caso, se efectuó el análisis de factibilidad económica de cada una de las posibles plantas. Estas se demuestran a continuación.

Cuadro 67: Ahorros anuales para las plantas propuestas.

Rubro	Ingresos anuales
Ahorro anual por la producción de biodiésel	Q 56,907.00

Nota: Para el precio de venta por galón, se tomó como referencia el precio de venta para el público en general en la Universidad del Valle de Guatemala, el cual es de Q21.89.

Cuadro 68: Egresos anuales en la planta Freedom BioFuelers LLC.

Rubro	Egresos anuales	
Costo de producción		
Costo de materia prima		
Aceite	Q	-
Metanol	Q	28,807.55
Hidróxido de sodio	Q	629.22
Costo de energía eléctrica	Q	6,234.68
Costo de consumo de agua	Q	378.76
Costo de mano de obra directa	Q	58,853.51
Costo por mantenimiento	Q	1,857.35
Limpieza	Q	495.54
Otros costos	Q	14,925.05
Egresos anuales	Q	110,324.31

Cuadro 69: Flujo de efectivo para la planta Freedom BioFuelers LLC

Detalle	Año					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos	Q -	Q 56,907.00	Q 56,907.00	Q 56,907.00	Q 56,907.00	Q 56,907.00
Costos de producción		-Q110,324.31	-Q 110,324.31	-Q 110,324.31	-Q 110,324.31	-Q 110,324.31
Mantenimiento		-Q 1,857.35	-Q 1,857.35	-Q 1,857.35	-Q 1,857.35	-Q 1,857.35
Depreciación		-Q 12,482.33	-Q 12,482.33	-Q 12,482.33	-Q 12,482.33	-Q 12,482.33
Utilidad antes de impuestos		-Q 67,756.99	-Q 67,756.99	-Q 67,756.99	-Q 67,756.99	-Q 67,756.99
Impuestos (28%)		-Q 18,971.96	-Q 18,971.96	-Q 18,971.96	-Q 18,971.96	-Q 18,971.96
Inversión inicial	-Q 62,411.63					
Instalación eléctrica	-Q 714.75					
Depreciación		Q 12,482.33	Q 12,482.33	Q 12,482.33	Q 12,482.33	Q 12,482.33
Utilidad neta	-Q 63,126.38	-Q 74,246.62	-Q 74,246.62	-Q 74,246.62	-Q 74,246.62	-Q 74,246.62

Nota: En el cuadro 69, se puede observar el flujo de efectivo (Ingresos, egresos, depreciación e impuestos) para cada año, en dependencia de los ingresos que se tengan. En dicho análisis no se toma en cuenta la vida útil del equipo, debido a que la misma supera los cinco años analizados.

Cuadro 70: Indicador de rentabilidad del proyecto al trabajar con la planta Freedom BioFuelers LLC.

VAN	-Q344,579.47
TIR	No es posible su determinación

Cuadro 71: Egresos anuales para la planta Springboard Biodiesel.

Rubro	Egresos anuales	
Costo de producción		
Costo de materia prima		
Aceite	Q	-
Metanol	Q	20,147.52
Hidróxido de sodio	Q	671.76
Costo de energía eléctrica	Q	1,182.69
Costo de consumo de agua	Q	373.04
Costo de mano de obra directa	Q	42,571.20
Costo por mantenimiento	Q	2,405.37
Limpieza	Q	495.54
Otros costos	Q	14,925.05
Egresos anuales	Q	99,054.48

Nota: Para el precio de venta por galón, se tomó como referencia el precio de venta para el público en general en la Universidad del Valle de Guatemala, el cual es de Q21.89.

Cuadro 72: Flujo de efectivo para la planta Springboard Biodiesel.

Detalle	Año					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos		Q 56,907.00	Q 56,907.00	Q 56,907.00	Q 56,907.00	Q 56,907.00
Costos de producción		-Q 96,153.57	-Q 96,153.57	-Q 96,153.57	-Q 96,153.57	-Q 96,153.57
Mantenimiento		-Q 2,405.37	-Q 2,405.37	-Q 2,405.37	-Q 2,405.37	-Q 2,405.37
Depreciación		-Q 16,135.77	-Q 16,135.77	-Q 16,135.77	-Q 16,135.77	-Q 16,135.77
Utilidad antes de impuestos		-Q 57,787.71	-Q 57,787.71	-Q 57,787.71	-Q 57,787.71	-Q 57,787.71
Impuestos (28%)		-Q 16,180.56	-Q 16,180.56	-Q 16,180.56	-Q 16,180.56	-Q 16,180.56
Inversión inicial	-Q 80,678.84					
Instalación eléctrica	-Q 714.75					
Depreciación		Q 16,135.77	Q 16,135.77	Q 16,135.77	Q 16,135.77	Q 16,135.77
Utilidad neta	-Q 81,393.59	-Q 57,832.50	-Q 57,832.50	-Q 57,832.50	-Q 57,832.50	-Q 57,832.50

Nota: En el cuadro 72, se puede observar el flujo de efectivo (Ingresos, egresos, depreciación e impuestos) para cada año, en dependencia de los ingresos que se tengan. En dicho análisis no se toma en cuenta la vida útil del equipo, debido a que la misma supera los cinco años analizados.

Cuadro 73: Indicador de rentabilidad del proyecto al trabajar con la planta SpringBoard Biodiesel.

VAN	-Q300,624.26
TIR	No es posible su determinación

D.Módulo 4: Evaluación y propuesta de la instalación de un generador eléctrico operado con biodiésel para carga de vehículos eléctricos

Cuadro. 74: Matriz de selección para el grupo electrógeno

Proveedor	F (Hz)	V (V)	Eff. G (%)	¿Cumple con la potencia demandada? (72 kW)	CC* (L/h)	NF	Precio grupo electrógeno (Q)
Provisión de Equipos y Servicios. S. A - (PROEQUIPSA)	60	120/220	72	Sí	7	1	122,800.00
TECNI GROUP	60	120/220	72	Sí	7	1	116,037.89

Fuente: elaboración propia.

Nota: la selección del grupo electrógeno (unión de un generador eléctrico y un motor de combustión interna) se basó en los requerimientos principales que debían cumplir los equipos a conectar, presentados en esta tabla y en la eficiencia de generación, la cual toma en cuenta la eficiencia del motor y la eficiencia del generador (mostrado en las tablas siguientes). F=Frecuencia, V=Voltaje, Eff. G=Eficiencia de Generación, CC=Consumo de Combustible, NF=Número de Fases.

*El consumo de combustible colocado es a un 50% de carga del tanque.

**El precio es para la Ciudad de Guatemala

Cuadro 75: Matriz de selección para el motor de combustión interna

No.	1	2
Proveedor	PROEQUIPSA	TECNI GROUP
Marca motor	Cummins	Cummins
Modelo motor	6BT5.9G2	6BT5.9G2
Consumo de lubricante (L)*	16.4	16.4
Diseño	Abierto	Abierto
Capacidad del refrigerante (L)	9.9	9.9
Mantenimiento anual	1	1
Consumo de combustible al 50% carga (L/h)	7	7

No.	1	2
Tipo de combustible	Diésel/Biodiésel**	Diésel/Biodiésel**
Velocidad nominal (RPM)	1800	1800
Potencia nominal motor (kW)	100	100

Fuente: elaboración propia.

*El consumo de lubricante está dado por año.

**Los motores podrán utilizar biodiésel con un porcentaje de pérdidas de eficiencia del 11.82%, tomada en cuenta por el estudio *Emisión de gases en vehículo experimental diésel-biodiésel*. Centro de Procesos Industriales e Instituto de Investigaciones, realizado en la Universidad del Valle de Guatemala (2014).

Cuadro 76: Matriz de selección para el generador eléctrico

No.	1	2	¿Cumple con el requerimiento de los equipos?
Proveedor	PROEQUIPSA	TECNI GROUP	N/A
Marca de prestigio del generador	Stamford	Stamford	Sí
Diseño	Abierto	Abierto	No
Tipo de combustible	Diésel/Biodiésel**	Diésel/Biodiésel**	Sí
Potencia generador (kW)	72	72	Sí
Número de fases	1	1	Sí
Voltaje	120/220	120/240*	Sí
Frecuencia (Hz)	60	60	Sí
Tiempo de uso (h)	5	5	Sí

*El voltaje de este generador eléctrico se puede adaptar a 120/220 según las indicaciones del proveedor, sin ningún costo adicional.

**Los motores podrán utilizar biodiésel con un porcentaje de pérdidas de eficiencia del 11.82%, tomada en cuenta por el estudio *Emisión de gases en vehículo experimental diésel-biodiésel*. Centro de Procesos Industriales e Instituto de Investigaciones, realizado en la Universidad del Valle de Guatemala (2014).

Nota: las especificaciones técnicas requeridas se buscaron usando las fichas técnicas de los equipos analizados.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 77: Análisis económico para los grupos electrógenos marca Power Link de los proveedores Tecni Group y PROEQUIPSA

A. Costos variables (Q)		
1. Materia prima y caracterización++	57,057.00	57,057.00
2. Instalación**	7,368.00	6,962.27
3. Utilidades*	69,288.76	69,288.76
4. Envío y embalaje**	2100.00	1,800.00
Sub-total A (Q)	135,813.76	135,108.03
B. Costos fijos (Q)		
5. Mantenimiento***	3,684.00	3,481.14
6. Operación****	42,571.20	42,571.20
7. Supervisión técnica	1,500.00	1,350.00
Sub-total B (Q)	47,755.20	47,402.34
Costos directos de producción (A+B) (Q)	183,568.96	182,510.86
8. Gastos generales	183,568.96	182,510.86
Sub-total C (Q)	183,568.96	182,510.86
Costos de producción anual (A+B+C) (Q)	367,137.91	365,020.73
C. Costo inicial		
9. Inversión en planta**	122,800.00	116,037.89
Costo de producción Q/L=(Costo de producción anual/Tasa de producción anual de Biodiésel)	4,532.57	4,506.43
Tasa Interna de Retorno (TIR)	53%	57%
Período de retorno de inversión (año/mes/día)	1.66	1.57
Valor Neto Actual (VNA) (Q)	166,874.58	174,231.20

Fuente: elaboración propia.

*El valor de las utilidades está dado anualmente e incluye el costo de: consumo de agua para refrigeración, consumo de aceite para sistema de lubricación y el consumo de biodiésel para la alimentación del generador.

**El costo de la planta de producción, instalación, el envío y embalaje es un único pago al inicio del proyecto.

***El costo del mantenimiento se realiza una o dos veces al año.

****El costo de operación está dado anualmente e incluye el pago de un operario.

++El costo de materia prima y caracterización se realizó tomando como base el costo de caracterizar 9 muestras de biodiésel enviadas a la Universidad del Valle de Guatemala, asumiendo un pago por mano de obra de Q150.00 y el costo de toda la materia prima utilizada.

Cuadro 78: Determinación del requerimiento energético de los equipos eléctricos

No. de vehículos	Tipo	Horas de funcionamiento	Potencia (kW)	Requerimiento energético (kWh)
5	T3 Motion	5	3.7285	18.6425
8	Segway	4	5.4×10^{-4}	2.72×10^{-4}
2	carro eléctrico de ventas	5	6	30
1	Tomberline electric vanish 4x4	4	5.3	21.2
1	carro golf mini	6	3	18
6	WALLYS	7	0.792	5.54
$\Sigma = 23$	--	$\cong 5$	$\Sigma = 18.82$	$\Sigma = 93.4$

Nota: el requerimiento energético reportado en la última columna de esta tabla ya incluye todos los vehículos de cada tipo. Este resultado no incluye el 11.82% de pérdidas de eficiencia, tomadas en cuenta por el estudio *Emisión de gases en vehículo experimental diésel-biodiésel*. Centro de Procesos Industriales e Instituto de Investigaciones, realizado en la Universidad del Valle de Guatemala (2014).

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 79: Determinación del requerimiento energético del árbol navideño

No. de equipos	1
Tipo	árbol navideño
Número de rollos	6
Número de focos	1,000
Potencia bombillas (kW)	0.007
Altura del árbol (m)	5
Tiempo de uso (h/día)	7
Tiempo de uso (días)	60
Potencia (kW)	42
Requerimiento energético (kWh)	17,640

Nota: el árbol navideño solo se utilizará en los meses de noviembre a diciembre en un aproximado de 30 días.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 80: Caracterización de pruebas básicas para biodiésel

Análisis	Método de prueba	Límite máximo permitido	Promedio
Densidad (g/mL) a 15 °C	ASTM D1298	0.860-0.900	0.897 ± 0.0053
Viscosidad cinemática (cSt) a 40 °C	ASTM D445	6.5 – 9	4.1798 ± 0.0029
pH	--	--	7.553 ± 0.005
Número ácido (mg KOH/g muestra)	ASTM D664	≤ 0.80	0.04 ± 0.01
Agua y Sedimentación	--	--	No hay sólidos suspendidos
Prueba 3/27	--	Positivo para biodiésel	Sí se llevó a cabo la reacción

Fuente: elaboración propia.

Según la norma ASTM D 6751, la cual especifica los parámetros requeridos para "Cubrir las mezclas de combustibles biodiésel, B100, en los grados S15 ppm y S500 ppm (15 y 500 partes por millón de azufre).

Cuadro 81: Comparación entre el costo de conectar los equipos con la tarifa eléctrica y el costo al implementar el generador eléctrico.

No. de vehículos	Potencia (kW)	Requerimiento energético (kWh)	Costo energético actual sin uso del generador (anual)	Costo energético usando el generador (anual)
5	3.7285	18.6425	Q 2,241.25	Q 21,057.63
8	0.000544	0.000272		
2	6	30		
1	5.3	21.2		
1	3	18		
6	0.792	5.544		
$\Sigma = 23$	$\Sigma = 18.82$	$\Sigma = 93.39$		

Nota: Σ = suma

Cuadro 82: Comparación entre el costo de conectar el árbol de Navidad con la tarifa eléctrica y el costo al implementar el generador eléctrico.

No. de equipos	1
Tipo	Árbol de Navidad
Número de rollos	6
Número de focos	1,000.00
Potencia bombillas (kW)	0.007
Altura del árbol (m)	5
Tiempo de uso (h/día)	7
Tiempo de uso (días)	60
Potencia (kW)	42
Requerimiento energético (kWh)	17,640
Costo energético actual sin generador (anual)	Q66,699.72
Costo energético usando el generador (anual)	Q21,057.63

E. Módulo 5: Evaluación técnica y propuesta para el tratamiento de agua residual de lavado de biodiésel en un complejo comercial

1. Evaluación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua instalada en un complejo comercial.

Cuadro 83: Evaluación de satisfacción de la PTAR instalada de un complejo comercial.

Parámetro	Artículo 20 Acuerdo Gubernativo 236-2006	PTAR instalada en complejo comercial	Unidad	Satisface (S/N)
pH	6-9	7	-	S
Turbidez	15	-	NTU	-
SST	150	350	mg/L	N
DQO	125	667	mg/L	N
DBO	150	468	mg/L	N
Relación DQO/DBO	25	1	mg/L	S

Nota: Datos obtenidos de análisis de la planta de tratamiento del complejo comercial detallado en la sección Anexos G. SST: sólidos suspendidos totales, DQO: demanda química de oxígeno, DBO: demanda bioquímica de oxígeno

2. Medición de parámetros contaminantes en agua residual

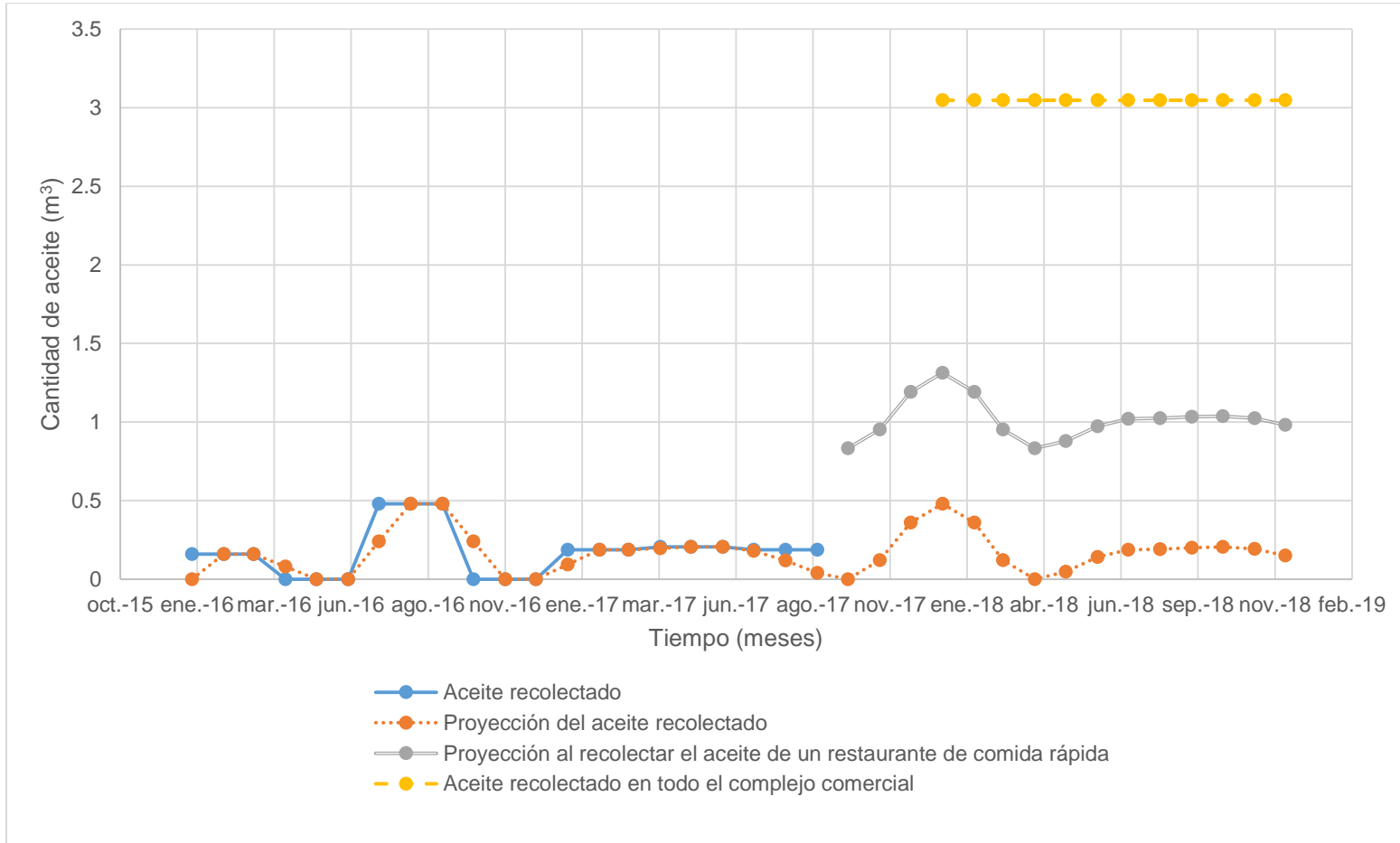
Cuadro 84: Parámetros de contaminantes presentes en el agua residual del proceso de biodiésel y evaluación de satisfacción de acuerdo al Artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Parámetro	Promedio	Artículo 20, Acuerdo Gubernativo 236-2006	Unidad	Satisface (S/N)
pH	11.8521 ± 0.3448	6-9	-	N
Turbidez	409.67 ± 11.90	15	NTU	N
SST	435.11 ± 6.62	150	mg/L	N
DQO	1288.0 ± 0.5	125	mg/L	N
DBO	6.25 ± 0.88	150	mg/L	S

Nota: Promedio de las mediciones de parámetros críticos. Los datos originales se encuentran en la sección XII C.

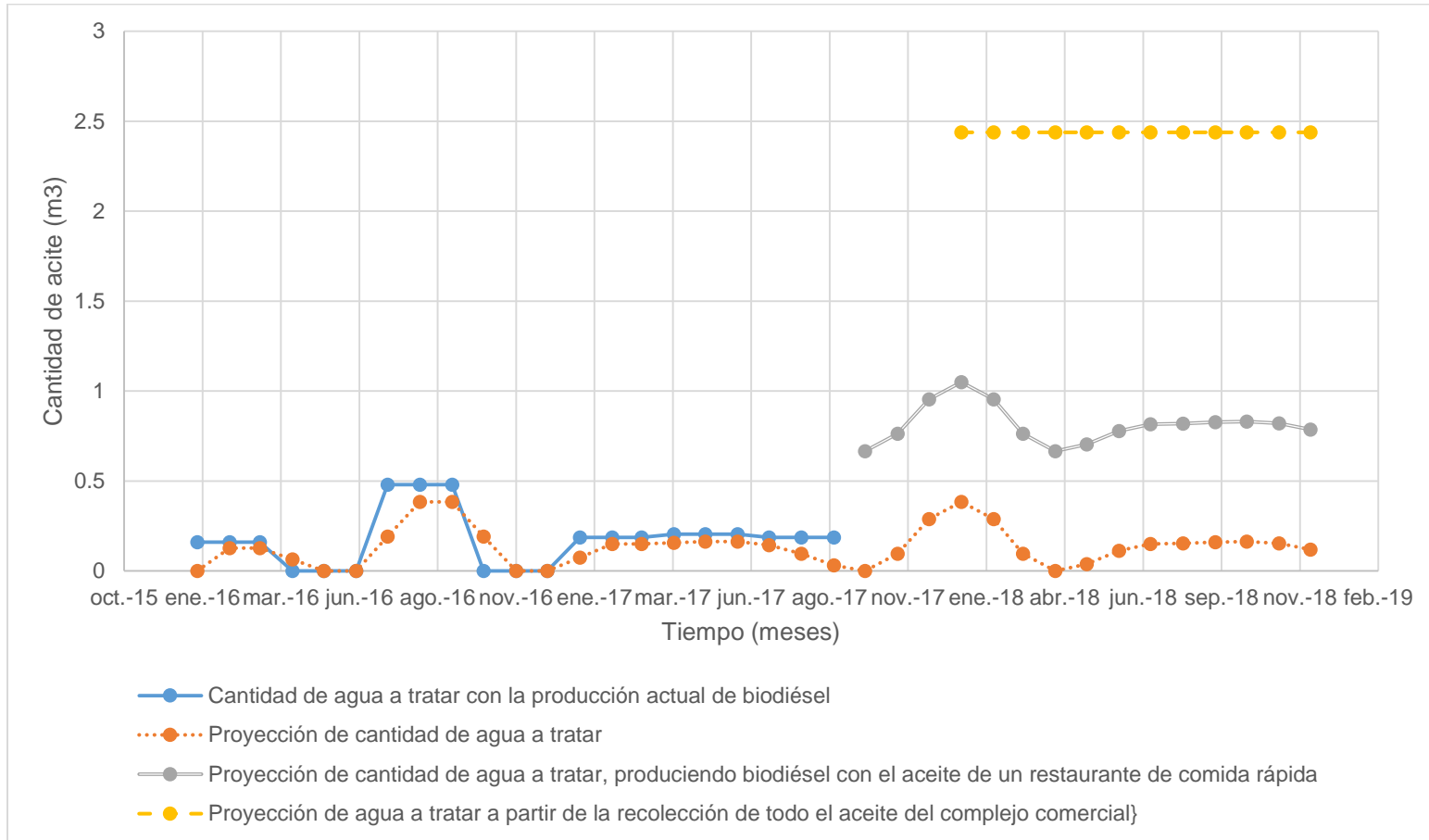
3. Proyección de agua a tratar

Figura 56: Proyección de la cantidad de aceite recolectado



Nota: Los datos de esta proyección se encuentran en el módulo "Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel"

Figura 57: Proyección de la cantidad de agua a tratar



Nota: Datos obtenidos a partir de las proyecciones de recolección de aceite para la producción de biodiésel

Cuadro 85: Materia prima utilizada en la producción de biodiésel.

Prueba	Cantidad de aceite usado (± 0.5 g)	Cantidad de metanol	Cantidad de NaOH
		Cantidad de metanol (± 0.5 g)	Cantidad de metanol (± 0.5 g)
1	11600.0	2900.0	96.6
2	11610.0	2920.0	96.6
3	11640.0	2900.0	96.6
Promedio	11616.7	2906.7	96.6

Nota: Pruebas realizadas experimentalmente, las pruebas se encuentran detalladas en el módulo "Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel"

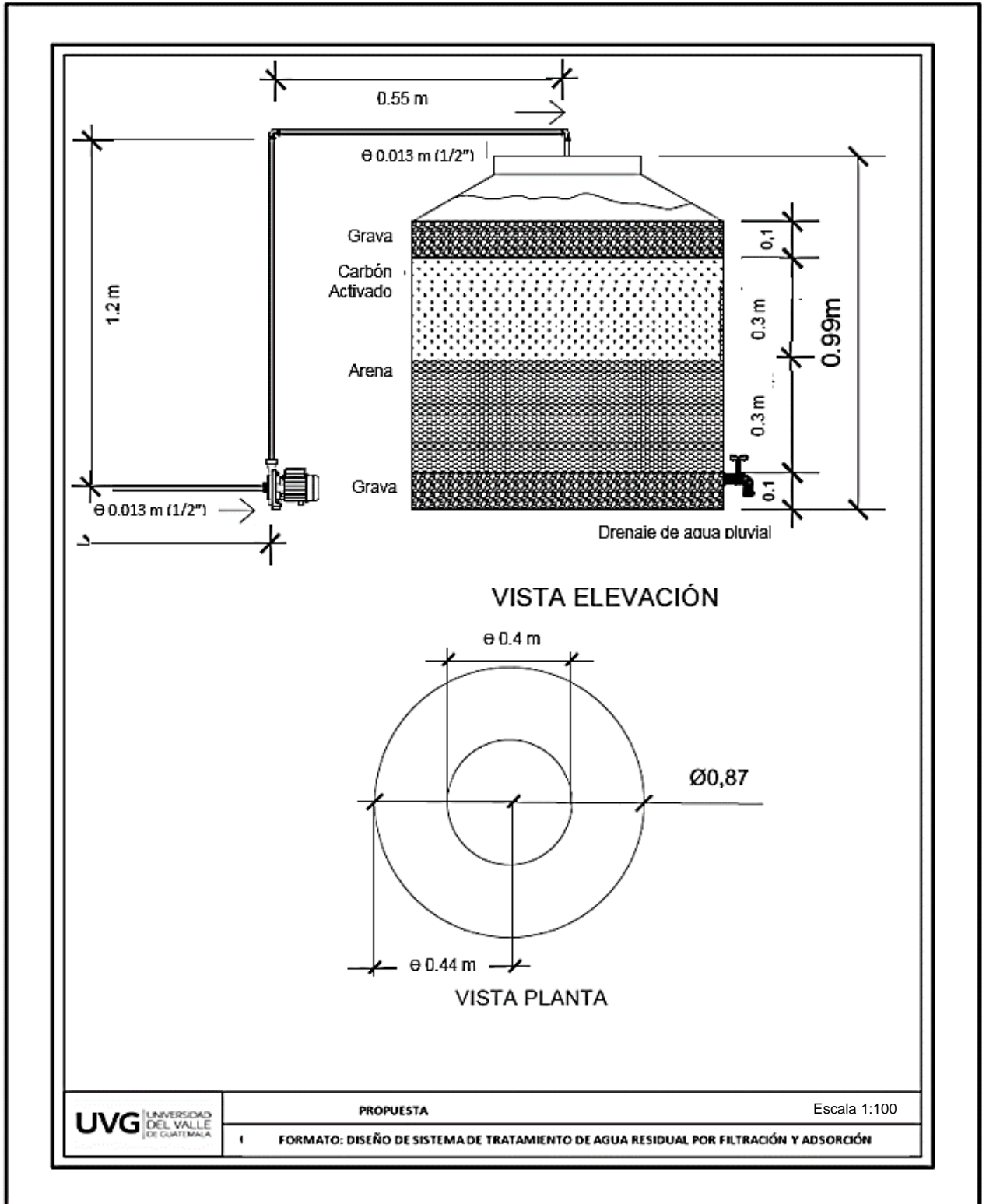
Cuadro 86: Productos y subproductos obtenidos.

Prueba	Cantidad de biodiésel crudo (± 0.01 kg)	Cantidad de metanol recuperado	Cantidad de glicerina (± 0.01 kg)	Cantidad de agua de lavado
		(± 0.01 kg)		(± 0.01 kg)
1	9.66	0.74	3.28	9.54
2	9.46	0.72	2.14	9.52
3	9.48	0.79	2.71	9.51
Promedio	9.53	0.75	2.71	9.53

Nota: Pruebas realizadas experimentalmente, las pruebas se encuentran detalladas en el módulo "Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel"

4. Diseño de sistema de tratamiento de agua

Figura 58: Planos de la propuesta.



Cuadro 87: Dimensiones de la altura de los medios para el tratamiento de agua residual proveniente de la producción de biodiésel.

Fase	Altura (m)	Masa del medio (kg)	Granulometría (tamaño de partícula)
Medio de grava superior	0.1	0.880	10 mm
Medio de carbón activado	0.3	0.176	5 μm
Medio de arena	0.3	4.398	1 mm
Medio de grava inferior	0.1	0.880	10 mm
TOTAL	0.8	6.334	-

Nota: Estos medios están contenidos dentro del tanque de la propuesta comercial

Cuadro 88: Operación del sistema.

Característica	Detalle
Bomba centrífuga con impeler de acero inoxidable 304L	0.25kW (1/3hp)
Revoluciones por minuto (RPM)	1750
Tamaño de impulsor	100 mm (3 15/16")
NPSH disponible	16.00 m
NPSH requerido	11.70 m
Diámetro de succión	0.048 m (1.5")
Diámetro de descarga	0.025 m (1.0")
Voltaje	220 V
Amperaje	3.8 A
Presión Máxima	48,263 Pa (7 Psi)
Diámetro de tubería PVC	0.013 m (1/2")
Caudal de operación	1,698.89 L/h (7.489 gpm)
Velocidad de filtrado	$6.800 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{s}}$ ($4.101 \frac{\text{L}}{\text{min m}^2}$)

Nota: Propiedades dadas por el proveedor Fristan Pumps para bomba centrífuga serie FP, modelo 170.

Cuadro 89: Información de tanque comercial propuesto.

Característica	Detalle
Marca	Rotoplas
Tipo	Tanque
Material	Polietileno de alta densidad (HDPE)
Capacidad	450L
Diámetro	0.85m
Altura	0.99m

Nota: Datos especificados por el proveedor Rotoplast.

Figura 59: Imagen de propuesta comercial



(Rotoplas 2017)

5. Condiciones experimentales del agua en la salida de la propuesta

Cuadro 90: Condiciones del agua tratada en la salida del diseño

Parámetro	Valor
pH	8.433 ± 0.001
Turbidez	11.852 ± 0.349 NTU
SST	67.33 ± 0.100 mg/L
DQO	100 ± 1 mg/L
DBO	6.25 ± 0.05 mg/L
Relación DQO/DBO	15.99 ± 1.12

Nota: Promedios de los valores determinados experimentalmente, los datos obtenidos se encuentran en la sección XII de datos originales y calculados del diseño experimental.

6. Costos del diseño

Cuadro 91: Costos de los materiales para el sistema de tratamiento de agua

Elemento	Costo	
Tinaco Rotoplas 450 L	Q	750.00
Medios de grava	Q	0.45
Medio de arena	Q	0.63
Medio de carbón activado	Q	35.16
Bomba 0.25 kW (1/3 hp)	Q	798.00
2.2m de tubo PVC DN 0.013 m (1/2 in)	Q	11.13
Accesorios (3 codos 0.013 m (1/2 in) 90°C)	Q	7.50
Pegamento para PVC	Q	10.00
TOTAL	Q	1,612.87

Nota: Precios calculados con proveedores detallados en la sección XII.

F. Módulo 6: Auditoría, diagnóstico e implementación de Programa de Oficina Verde en instalaciones administrativas de un complejo comercial

Cuadro 92: Resumen de resultados obtenido de la auditoría de recursos utilizados en el área administrativa del complejo comercial

Energía eléctrica		
Consumo anual (según lectura de contadores reportados en facturas)	99,148.00	kWh/año
Consumo anual (según balance del consumo de energía estimado)	98,690.00	kWh/año
Costo anual energía eléctrica consumida	109,059.03	Q/año
Emissiones de GEI indirectas	30,438.44	tCO _{2eq} /año
Agua		
Consumo anual (según lecturas de contadores)	943.00	m ³ /año
Consumo anual (según balance de consumo de agua estimado)	958.99	m ³ /año
Costo anual agua consumida*	-	Q/año
Residuos sólidos		
Generación de residuos sólidos**	-	kg/año
Consumo de papel para impresiones	928	Resmas/año
Consumo papel higiénico	729	Rollos/año
Consumo de servilletas	80	Paquete/año
Material reciclado**	-	kg/año

*No se colocó costo del consumo de agua, ya que ellos no pagan una cuota por este servicio. Cuentan con pozo propio.

**No se colocaron datos sobre la generación anual de residuos sólidos y del material reciclado, debido a que en las instalaciones administrativas no se lleva un control de estos, únicamente se envían a la planta de manejo de residuos sólidos junto con los residuos de las demás áreas.

Nota: Para mayor detalle de los datos obtenidos del consumo de energía según lecturas de contadores en facturas y del inventario de equipo realizado, del consumo de agua según lectura de contadores y balance de consumo de agua; y del consumo de papel para impresiones, papel higiénico y servilletas, consultar el Anexo 1: Diagnóstico de Oficina Verde en Complejo Comercial, en la sección de aspectos ambientales.

Cuadro 93: Resumen de resultados obtenido de la auditoría salud ocupacional de los colaboradores del área administrativa del complejo comercial

Niveles de iluminación*		
Cumplimiento**	16.96%	19 puntos
Incumplimiento por debajo del límite establecido	75.89%	85 puntos
Incumplimiento por encima del límite establecido	7.14%	8 puntos
Niveles de presión sonora		
Cumplimiento	100%	22 puntos
Incumplimiento	-	-
Niveles de estrés térmico		
Cumplimiento	100%	21 puntos
Incumplimiento	-	-

*El nivel de cumplimiento de iluminación también se evaluó según la Norma Costarricense INTE 31-08-06-2000 para la cual se obtuvo un cumplimiento de 10.71% de los puntos según los límites establecidos por esta.

**Las áreas en las que se cumple con los niveles de iluminación son comedor, cocina, salas de reuniones y pasillo.

Nota: Para mayor detalle de los puntos que se evaluaron, el cumplimiento de cada uno de estos y los límites que se utilizaron para su evaluación consultar el Anexo 1: Diagnóstico de Oficina Verde en Complejo Comercial, sección de aspectos ambientales. Para mayor detalle de la ubicación de los puntos evaluados, consultar el Anexo 3: Planos con ubicación de los puntos de medición de salud ocupacional.

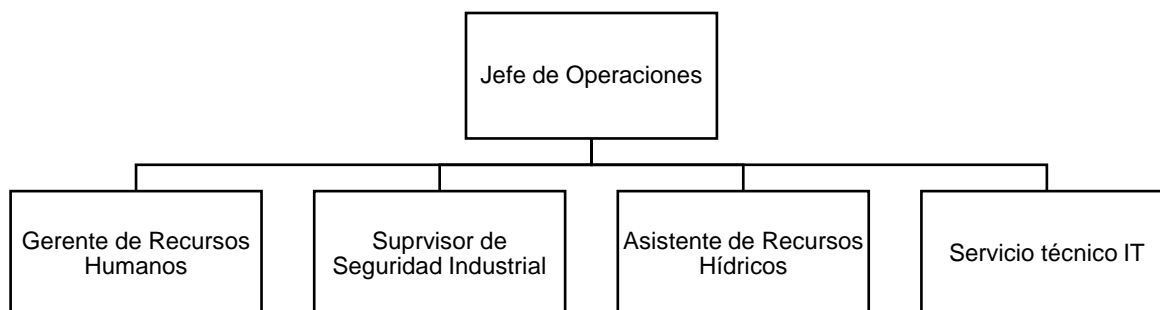
Cuadro 94: Línea base de indicadores de desempeño generados que deben ser monitoreados

No	Recurso	Unidad	Indicador Desempeño	Indicador de referencia	Observación
1	Energía eléctrica	kWh / persona-año	1,066.11	--	Indicador para comunicar consumos a las personas y concientizar.
		kWh / m ²	106.25	117	Indicador de referencia según Norma ASHRAE 90.1-2010
2	Emisiones atmosféricas	kg CO _{2eq} / persona-año	327.30	--	Factor de emisiones para Guatemala: 0.307 kgCO _{2eq} /kWh según Norma ASHRAE 90.1-2010
3	Consumo de agua	m ³ / persona-año	10.31	20	Indicador de referencia según directrices de consumo de agua en edificios Norma ASHRAE 90.1-2010
		L/persona-día	28.25	75	Indicador de referencia según directrices de consumo de agua en edificios Norma ASHRAE 90.1-2010
4	Consumo de papel	Resmas / persona-año	10	7	Indicador de referencia según directrices de consumo de papel en edificios Norma ASHRAE 90.1-2010
5	Generación residuos	kg/persona	--	--	
6	Consumo de tóner	Tóner / persona-año	--	--	
7	Cumplimiento de iluminación	% de cumplimiento	16.96%	80	Según Acuerdo Gubernativo 229-2006, enmienda 33-2016
			10.71%		
8	Cumplimiento de estrés térmico	% de cumplimiento	100%	80%	Según el artículo 174 del Acuerdo Gubernativo 229-2014 enmienda 33-2016
9	Cumplimiento de niveles de ruido	% de cumplimiento	100%	80%	Según el artículo 88 del Acuerdo Gubernativo 229-2014 enmienda 33-2016

Cuadro 95: Resumen de recomendaciones identificadas, beneficios y resultados esperados.

No.	Recomendación	Inversión	Beneficios económicos	Beneficios ambientales
1	Recomendación 1. Implementación de un programa de Oficina Verde.	--	--	Control de actividades de oficina al establecer encargados de implementar buenas prácticas y monitorear el programa, definir el alcance de este e implementar un ciclo de mejora continua.
2	Recomendación 2. Indicadores de desempeño	--	--	Reducir consumos innecesarios de recursos, identificar actividades críticas y monitorear el avance en implementación de opciones de mejora.
3	Recomendación 3. Prácticas para el buen manejo de residuos	Q.720.00	--	Reducir generación de residuos sólidos al centralizar puntos de disposición de residuos, lo que aumenta la eficiencia en el uso de los recursos disponibles del personal.
4	Recomendación 4. Prácticas para uso eficiente de papel	--	--	Reducción del consumo de papel en las oficinas, reutilizando y reciclando el papel.
5	Recomendación 5. Prácticas para uso eficiente de aire acondicionado	--	--	Reducir consumo innecesario de aire acondicionado, revisando aislamiento de marcos de la ventana, uso del equipo únicamente cuando se encuentren persona en el área y cuidando que las ventanas y puertas estén cerradas, para no aumentar el consumo de energía eléctrica.
6	Recomendación 6. Gestión de compras verdes.	--	--	Disminución de generación de residuos sólidos, involucrando al departamento de compras para que se reduzcan volúmenes de compra de insumos, productos con grandes cantidades de empaque o tóxicos.
7	Recomendación 7. Reducción de horas de operación en oasis.	Q.375.00	Q.4,173.77	Disminución de emisión indirecta kgCO ₂ eq / año y reducción del consumo de energía eléctrica.
8	Recomendación 8: Modificación del sistema de iluminación	-	-	Disminución de consumo de energía y aumento en la eficiencia de las actividades de los colaboradores al mejorar condiciones laborales.
SUMA		Q.1,095.00	Q.4,173.77	

Figura 60: Organigrama del Comité de Oficina Verde del Complejo Comercial



Nota: El jefe de operaciones reporta los avances en la implementación del Programa de Oficina Verde al Gerente Administrativo del Complejo Comercial.

Cuadro 96: Miembros del comité de Oficina Verde conformado en complejo comercial

Cargo	Actividades asignadas
	Revisión de todos los indicadores de referencia
Jefe de operaciones	Encargado de autorizar la implementación de opciones de mejora. Encargado de organizar reuniones periódicas para revisar el avance del programa e identificar áreas a mejorar.
Gerente de Recursos Humanos	Encargado de calcular y monitorear los indicadores referentes al consumo de insumos de oficina y generación de residuos.
Supervisor de Seguridad Industrial	Encargado de realizar las mediciones de salud y seguridad ocupacional. Encargado de calcular y monitorear los indicadores de desempeño referentes a salud y seguridad ocupacional.
Asistente de recursos hídricos	Encargado de monitorear y calcular los indicadores de desempeño referentes al consumo de agua.
Servicio técnico IT	Encargado de monitorear y calcular los indicadores de desempeño referentes al consumo de energía eléctrica y generación de emisiones.

G. Módulo 7: Análisis financiero de proyecto y propuesta de diseño de planta de manejo de residuos en un complejo comercial

1. Análisis de diseño

a. Análisis de diseño actual

Figura 61: Diagrama de procesos en la planta en situación actual

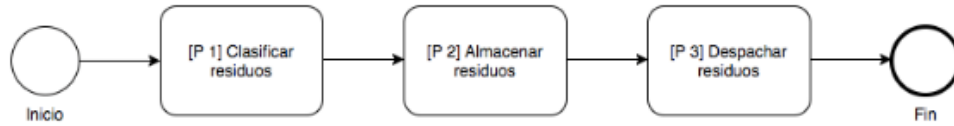


Figura 62: Diagrama de proceso para clasificar residuos

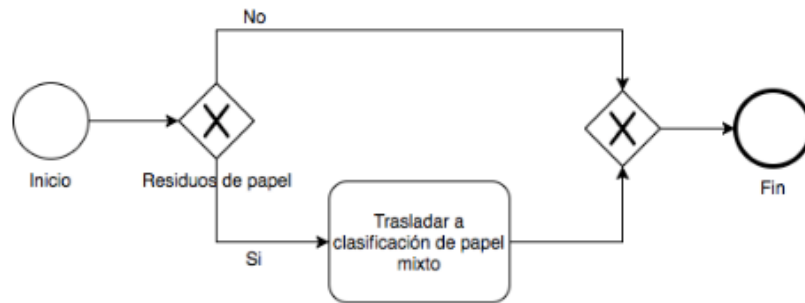


Figura 63: Diagrama de proceso para almacenar residuos

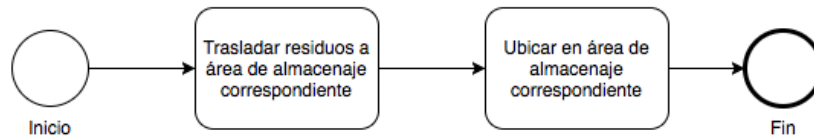


Figura 64: Diagrama de proceso para despachar residuos

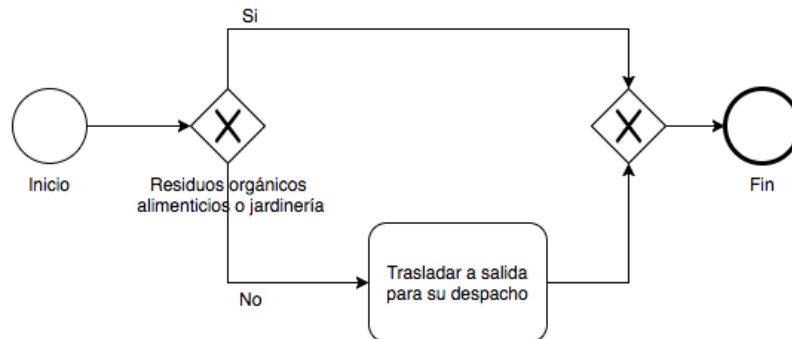
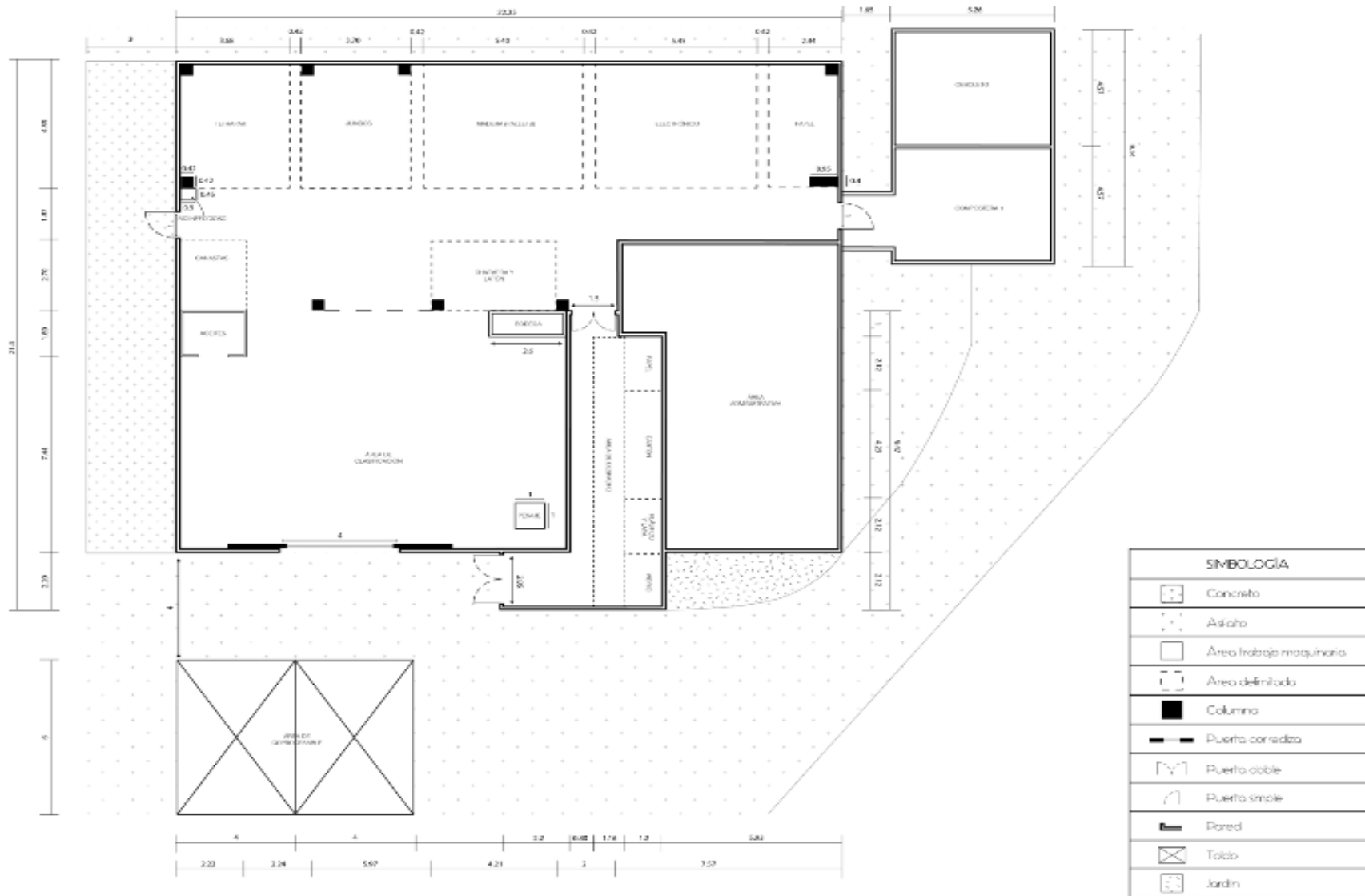
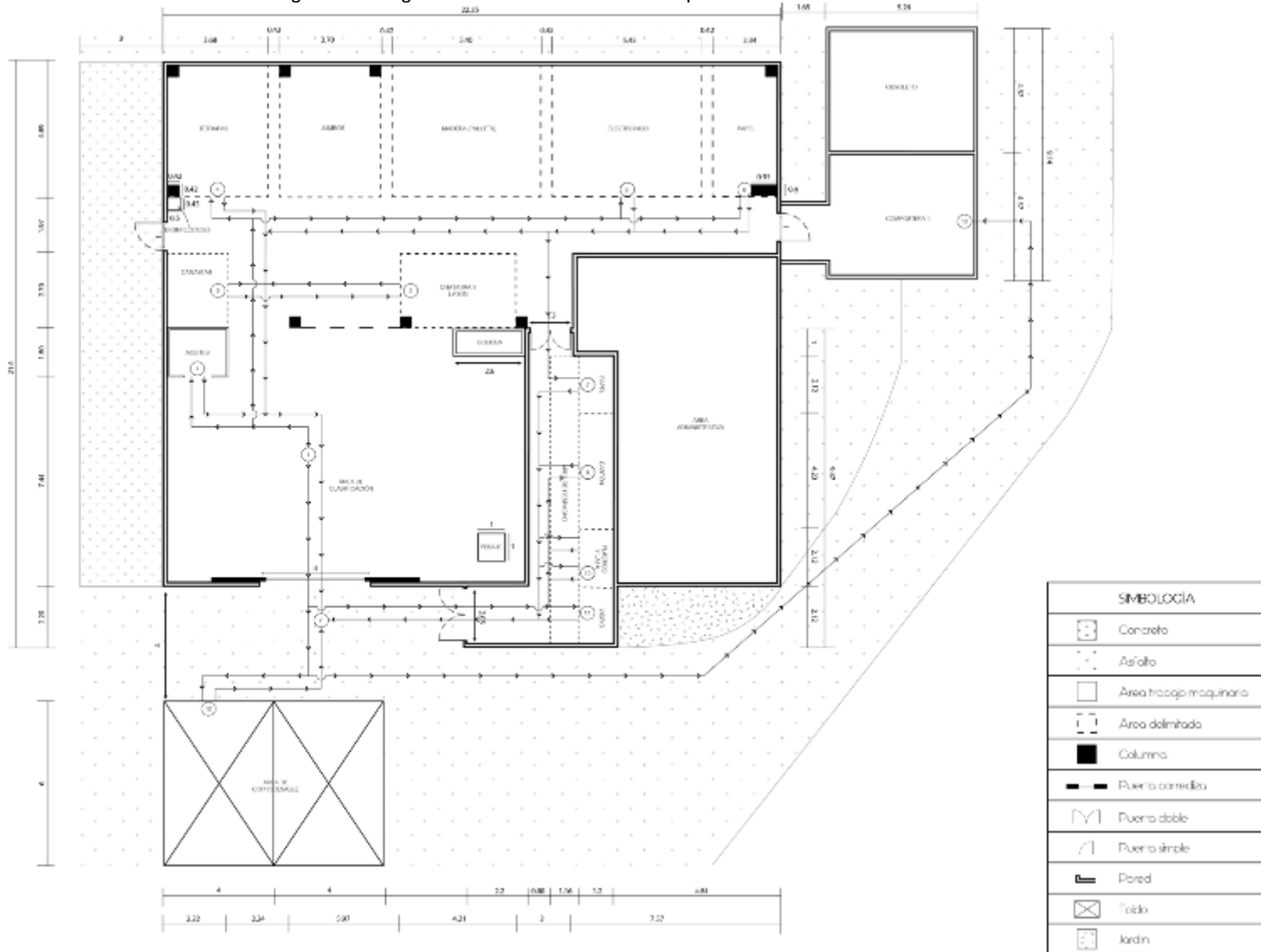


Figura 65: Vista superior de PMDS en situación actual con dimensiones experimentales



*Medidas en metros, escala 1/100

Figura 66: Diagrama de recorridos en Vista superior de PMDS en situación actual



*Medidas en metros, escala 1/100

Cuadro 97: Resultado de estudio de tiempos y distancias de macromovimientos de diagrama de recorridos

Residuo	Desde	Hacia	Distancia m	Tiempo s	Velocidad m/s	Contenedor	Carga kg	Arrastra kg	Empuja kg
Aceite vegetal	I	1	5.99	1.64	3.65		3.47		
Aceite vegetal	1	F	11.76	4.02	2.93		3.47		
Canastas	I	2	8.23	4.00	2.06		0.33		
Canastas	2	F	14.00	10.00	1.40		0.33		
Latón	I	3	12.04	13.31	0.90	Bote	0.17		
Latón	3	F	17.81	15.46	1.15	Caja			0.06
Tetrapak	I	4	12.67	10.69	1.19	Bote	8.83		
Tetrapak	4	F	18.44	16.57	1.11	Jumbo grande		101.92	
Electrónico	I	5	23.92	13.55	1.76	Cajita	16.77		
Electrónico	5	F	29.69	17.15	1.73	Cajita	16.77		
Papel	I	6	28.23	19.71	1.43	Caja	54.52		
Papel	6	7	13.41	10.99	1.22	Caja	54.52		
Papel	7	F	18.16	12.00	1.51	Caja	54.52		
Cartón	I	8	22.97	39.89	0.58	Jumbo grande		455.81	
Cartón	8	F	17.20	22.00	0.78	Jumbo grande		455.81	
Plástico	I	9	19.79	30.52	0.65	Jumbo mediano		104.35	
Plástico	9	F	14.02	15.00	0.93	Jumbo mediano		104.35	
Aluminio	I	10	19.79	16.03	1.23	Bote	5.47		
Aluminio	10	F	14.02	7.00	2.00	Bolsa kanguro	8.35		
Vidrio	I	11	17.58	44.96	0.39	Caja			184.45
Vidrio	11	F	11.81	6.77	1.74	Caja	23.06		

Residuo	Desde	Hacia	Distancia m	Tiempo s	Velocidad m/s	Contenedor	Carga kg	Arrastra kg	Empuja kg
Coprocesable	I	12	11.74	40.00	0.29	Jumbo grande		29.46	
Coprocesable	12	F	5.98	20.00	0.30	Jumbo grande		29.46	
Orgánico	I	13	36.14	28.13	1.28	Bote			192.66

Cuadro 98: Detalle de tipos de contenedores

Contenedor	Altura m	Área m ²	Volumen m ³
Cajita	0.15	0.10	0.02
Caja	0.27	0.16	0.04
Bolsa kanguro	0.69	0.29	0.20
Bote	0.65	0.20	0.13
Jumbo mediano	1.00	1.00	1.00
Jumbo grande	1.50	1.00	1.50

Cuadro 99: Detalle de residuos analizados

Residuo	Volumen m ³	Masa kg	Supuesto
Aceites vegetales	917 kg/m ³ densidad		
Aluminio	0.00033	0.01400	Latas de 333ml
Cartón	0.00131	0.39800	Caja de 0.034m ³
Coprocesable	0.00056	0.01100	Promedio envases de 0.30oz y 0.50oz
Electrónico	0.00002	0.04100	Batería tipo C
Latón	0.02200	0.02900	Lata de 160g
Papel	0.00018	0.23800	Revista A4
Plástico	0.00023	0.02400	Botella de 355ml
Tetrapak	0.000390	0.02650	Promedio entre envase 1lt y 200ml
Vidrio	0.00074	0.40300	Botella de 500ml
Orgánico	988kg/m ³ densidad		Densidad muestra 0 módulo química

b. Análisis diseño propuesto

Cuadro 100: Tiempos y distancias en distribución propuesta

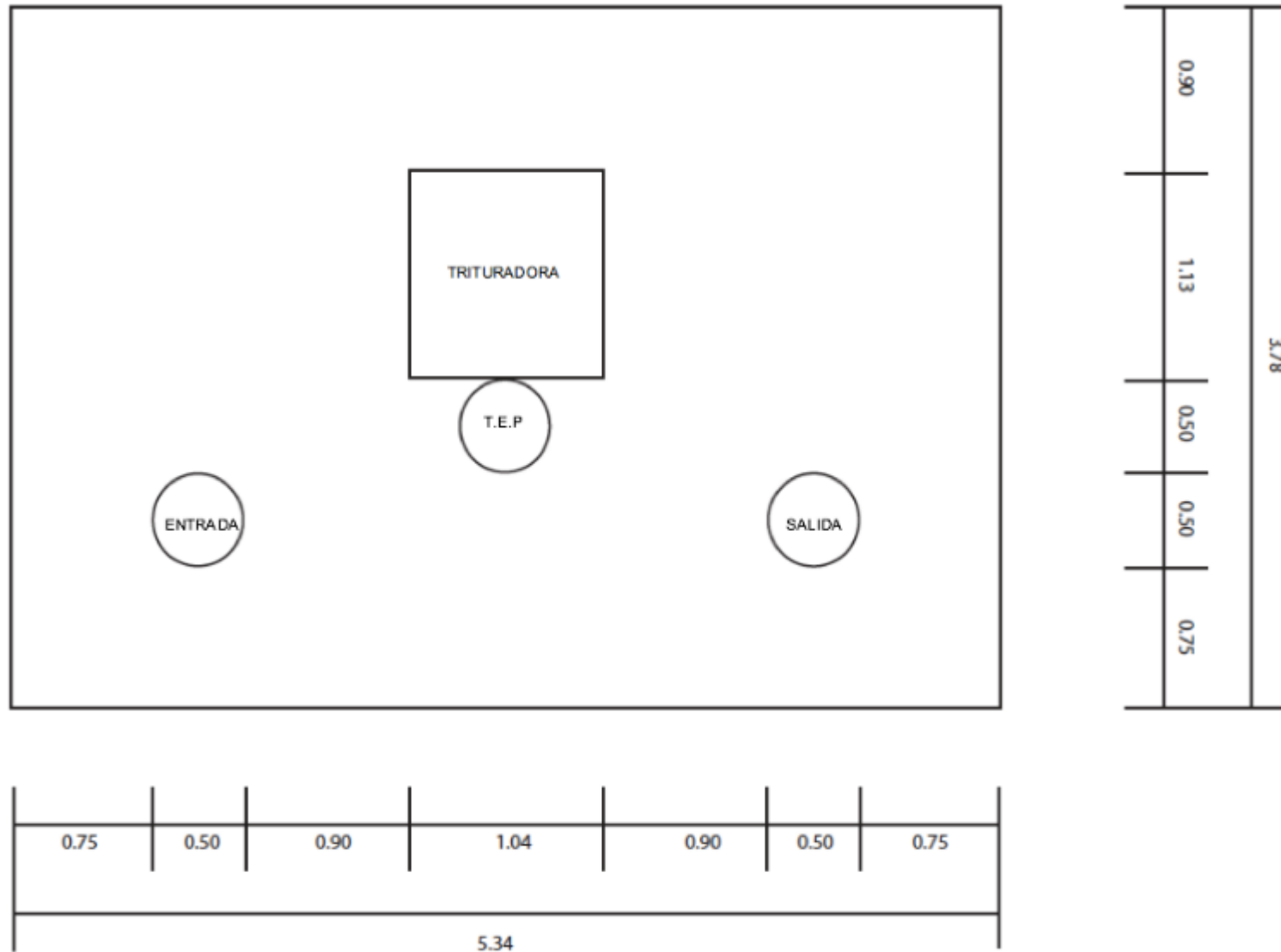
Residuo	Desde	Hacia	Distancia m	Tiempo s	Velocidad m/s	Carga kg	Arrastra kg	Empuja kg
Aceite vegetal	I	1	5.99	1.64	3.65	3.47		
Aceite vegetal	1	F	11.76	4.02	2.93	3.47		
Canastas	I	2	8.23	4.00	2.06	0.33		
Canastas	2	F	14.00	10.00	1.40	0.33		
Latón	I	3	8.23	9.14	0.90	0.17		
Latón	3	F	14.00	12.17	1.15			0.06
Tetrapak	I	4	12.67	10.69	1.19	8.83		
Tetrapak	4	F	18.44	16.57	1.11		101.92	
Electrónico	I	5	18.68	10.61	1.76	16.77		
Electrónico	5	F	24.45	14.13	1.73	16.77		
Papel	I	6	17.60	12.31	1.43	54.52		
Papel	6	7	7.41	6.07	1.22	54.52		
Papel	7	F	18.16	12.03	1.51	54.52		

Residuo	Desde	Hacia	Distancia m	Tiempo s	Velocidad m/s	Carga kg	Arrastra kg	Empuja kg
Cartón	I	8	22.97	39.89	0.58		455.81	
Cartón	8	F	17.20	22.00	0.78		455.81	
Plástico	I	9	19.79	30.52	0.65		104.35	
Plástico	9	F	14.02	15.00	0.93		104.35	
Aluminio	I	10	19.79	16.03	1.23	5.47		
Aluminio	10	F	14.02	7.00	2.00	8.35		
Vidrio	I	11	17.58	44.96	0.39			184.45
Vidrio	11	F	11.81	6.77	1.74	23.06		
Coprocesable	I	12	11.74	40.00	0.29		29.46	
Coprocesable	12	F	5.98	20.00	0.30		29.46	
Orgánico	I	13	36.14	28.13	1.28			192.66

Cuadro 101: Comparación de tiempo por transporte en distribución actual vs distribución propuesta

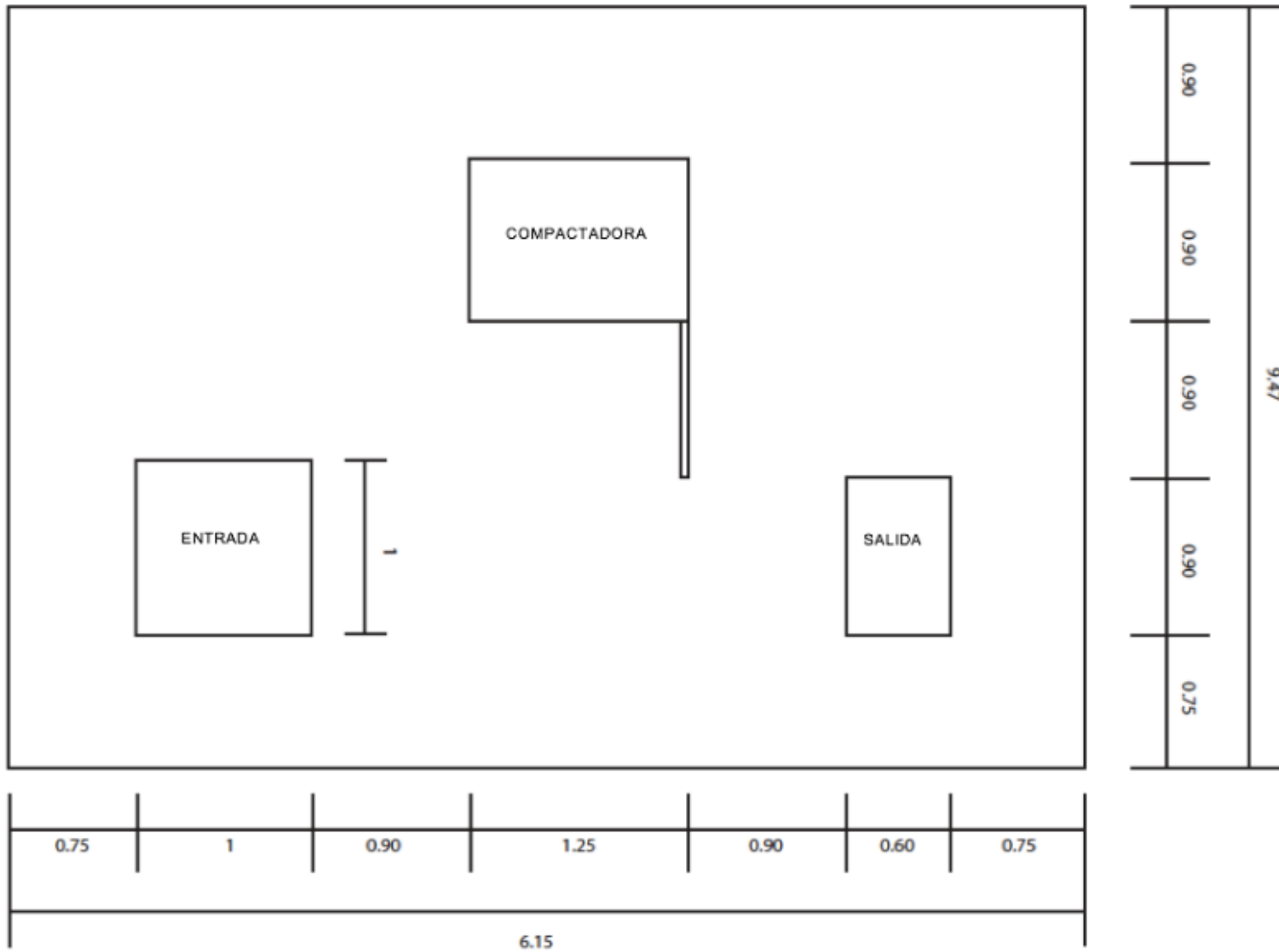
	Distribución actual	Distribución propuesta
Tiempo transporte s (min)	419.39 (6.99)	393.69 (6.56)

Figura 67: Vista superior de área para estación de trabajo de trituradora



*Medidas en metros, escala 1/100

Figura 68: Vista superior de área para estación de trabajo de compactadora



*Medidas en metros, escala 1/100

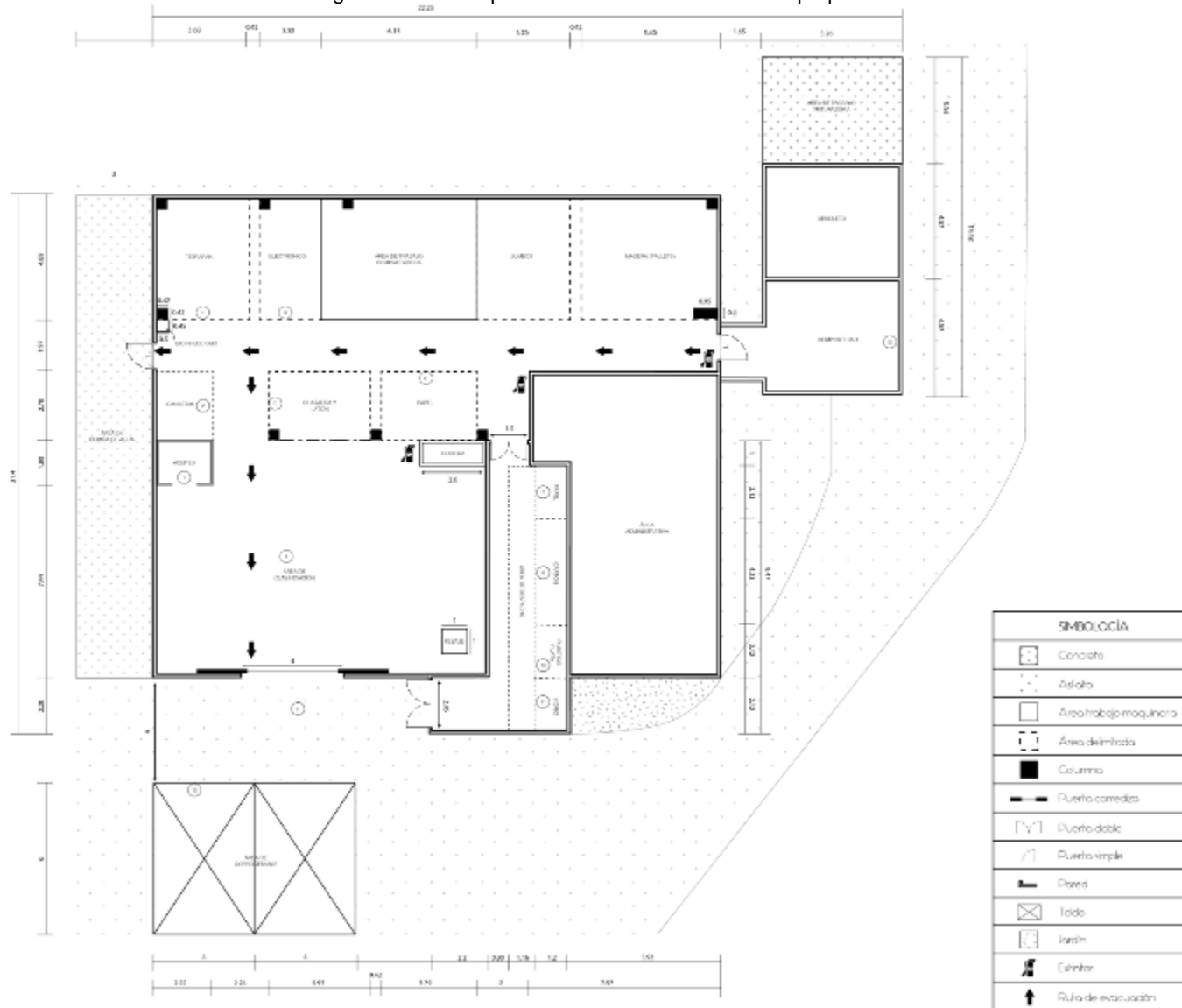
Cuadro 102: Lista de cotejo de ubicación trituradora

Criterio	Sí	No	Comentario
Cercanía a clasificación		X	Ya no se está utilizando la entrada del nivel superior de la compostera, por medidas de limpieza de pasillos
Cercanía a composteras	X		
Carga sobre el piso aceptable	X		$0.057 \text{ kg/cm}^2 < 105 \text{ kg/cm}^2$ concreto, con masa de máquina y su máxima capacidad de triturado

Cuadro 103: Lista de cotejo ubicación compactadora

Criterio	Si cumple	No cumple	Comentario
Cercanía a clasificación	X		
Cercanía a almacenaje plástico	X		
Cercanía a almacenaje cartón	X		
Cercanía a almacenaje papel	X		
Cercanía a almacenaje aluminio	X		
Área sobre columna primer nivel	X		
Carga sobre el piso aceptable	X		$0.16 \text{ kg/cm}^2 < 105 \text{ kg/cm}^2$ concreto, con masa de máquina y una paca de cartón

Figura 69: Vista superior de PMDS con distribución propuesta



*Medidas en metros, escala 1/100

c. Seguridad Industrial

Cuadro 104: Matriz de análisis de riesgos cualitativa de situación actual

Etapas clave del trabajo	Identificación de peligros	Comentario	Controles internos actuales	Controles recomendados
Recepción y transporte	<p>- Riesgos ergonómicos por levantamientos, empujes, arrastres</p>	<p>- La carga máxima de cajas de papel revista que levantan es de 55kg.</p> <p>- La carga máxima real de cajas de vidrio que empujan es de 185kg, con ayuda de un troquet transportador, en distancia de 15m.</p> <p>- Entran y sacan los contenedores de basura de 180kg entre tres trabajadores.</p> <p>- La carga máxima de jumbos de cartón que arrastran es de 455kg, en distancia de 15m.</p>	<p>Fajas lumbares, carretones de madera, y un transportador troquet de aluminio.</p>	<p>- No realizar levantamiento manual para las cargas mayores a 19kg, no empujar cargas mayores a 23kg en distancia de 45m, 35kg en distancia de 15m, 43kg en distancia de 2m, no arrastrar cargas mayores a 17kg en distancia de 45m, 26 kg en distancia de 15m, y 31kg en 2m.</p> <p>- Colocar el área de almacenaje de vidrio más cerca del área de clasificación.</p>
	<p>- Riesgos por caídas al mismo nivel</p>	<p>- Algunas bolsas de residuos tienen un gran contenido de líquidos que se derraman en el suelo.</p> <p>- La iluminación actual promedio es de 90lx, en área de clasificación.</p>	<p>- Orden y limpieza constante, botas suela antideslizante, botas con punta de acero.</p>	<p>- Limpiar los derrames inmediatamente.</p> <p>- Colocar luminarias a menor altura en el área de clasificación, para tener la iluminación adecuada para la realización de tareas visuales de gran contraste, de 215lx.</p>

Etapas clave del trabajo	Identificación de peligros	Comentario	Controles internos actuales	Controles recomendados
Clasificación	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgos químicos por sistema intergumentario – contacto con bioinfecciosos, sustancias químicas, salpicaduras, vidrios, vectores y roedores. - Riesgos por diseño de estación de trabajo - Riesgos por diseño de ambiente de trabajo – iluminación, ruido, estrés térmico - Riesgos criogénicos por contacto con gases comprimidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Contacto con sustancias químicas (cloro, tiner, litio). - Contacto con residuos bioinfecciosos (agujas). - Contacto con objetos corto punzantes (vidrio). - Presencia constante de moscas, y roedores eventuales. - Altura de la mesa de trabajo es de 0.75m. - Operan de pie toda la jornada laboral. - Nivel de ruido promedio es de 70dBA en área de clasificación. Nivel de ruido al depositar vidrio es de 110dBA. - Porcentaje de humedad promedio en el área de clasificación es de 75%. - Temperatura promedio es de 23.9°C en área de clasificación. - Contacto con botes de aire comprimido proveniente de talleres, 	<ul style="list-style-type: none"> - Guantes de algodón, guantes de hule, trajes completos de protección, delantal de protección, botas de hule. - Botas de hule por dentro del pantalón. - Sistemas atrapa moscas. - Fumigación constante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se recomienda seguir concientizando a la fuente de residuos en separación y señalización de residuos bioinfecciosos. - Fumigar constantemente. - Se recomienda concientizar a la fuente de residuos en separación de orgánico e inorgánico. - Botas de hule por fuera del pantalón. - Adoptar una superficie de trabajo a la altura promedio de los codos de los trabajadores. - Proporcionar tapetes antifatiga, con una constante limpieza. - Nivel de sonido adecuado para jornada de 8 horas es de 90dBA. - Adoptar tapones de oído para depositar vidrio en cajas de almacenaje. - Nivel aceptable de humedad es de 40% y 70%. - Abrir la ventana del área de clasificación siempre que no esté lloviendo. - Nivel aceptable de temperatura para trabajo es de 15° a 18°C. - Proteger los orificios de la nariz, para prevenir accidentes mortales.

Etapas clave del trabajo	Identificación de peligros	Comentario	Controles internos actuales	Controles recomendados
		tienen instrucción de vaciar su contenido.		
	- Riesgos de proyección de partículas - manejo de vidrios	- Viruta de vidrio penetra en los ojos.	- Cada trabajador cuenta con lentes de policarbonato.	- Se recomienda hacer uso de los lentes proporcionados a cada trabajador.
	- Riesgos por caídas a distinto nivel	- Se suben a los jumbos de 1.5m de altura para disminuir el volumen de los cartones ingresados.	- Se cuenta con dos escaleras.	- Se recomienda hacer uso de la escalera, al subir y bajar del jumbo con precaución. Se recomienda adquirir una compactadora.
Almacenaje	- Riesgos químicos respiratorios por malos olores por ácido sulfhídrico	- Olor molesto constante.	- Cortinas plásticas, mascarillas.	- Se recomienda que utilicen las mascarillas.
	- Riesgos por fuego y explosión – materia orgánica, líquidos combustibles, báscula y circuitos eléctricos	- Materia orgánica como madera y papel, líquidos combustibles como aceites, tiner y pintura.	- Se cuenta con tres extintores de fuegos ABC con mantenimientos anuales, señalizados y con altura menor a 1.7m.	
	- Riesgos por caídas de objetos	- Canastas apiladas a niveles superiores de 3m.		- No sobrepasar el nivel de 1.5m cuando se está apilando. - No sobrepasar el área delimitada para canastas. - Adoptar medidas de tarimas para apilar uniformemente.

Etapas clave del trabajo	Identificación de peligros	Comentario	Controles internos actuales	Controles recomendados
Despacho	- Riesgos eléctricos por descargas eléctricas	- Tienen una báscula que opera con batería recargable o con corriente eléctrica. - Postes de luz afuera de las instalaciones.	- Botas industriales dieléctricas. - Conexiones a tierra. - Cajas de disyuntores señalizadas y cerradas.	- Capacitar para casos de descargas eléctricas.
Compostaje	- Riesgos por contacto con agentes patógenos biológicos y compuestos volátiles, y alta temperatura	- Muy mal olor al realizar el volteo del compostaje. Contacto con compuestos volátiles orgánicos, tales como compuestos sulfurados.	- Mascarillas, y traje completo con careta y filtro contra partículas, para fumigación. - Ducha luego de realizar volteo.	- Se recomienda utilizar el traje completo protector cada vez que se realice el volteo. - Se recomienda que utilicen la mascarilla, como medio de protección mínima. - Se recomienda adquirir una operación mecanizada de volteo.

(Ver anexos para fotografías complementarias a análisis de riesgos)

Cuadro 105: Matriz de riesgos cualitativos al implementar compactadora y trituradora

Etapas clave del trabajo	Identificación de peligros	Controles recomendados
Compactado de residuos plásticos, cartón, papel, y aluminio	Riesgos por atrapamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitar a todos los operarios para su uso. - Ingresar material cuando la máquina esté detenida. - Mantener el área de trabajo despejada y limpia. - No utilizar ropa holgada ni accesorios al manejar la máquina.
	Riesgos eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitar para casos de descargas eléctricas. - No permitir líquidos cerca de la maquinaria.
	Riesgos por caídas de objetos	<ul style="list-style-type: none"> - Se recomienda hacer pacas entre los límites aceptables de carga manual. - Se recomienda movilizar las pacas con ayuda de transporte mecanizado.
	Riesgos por ruido	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar el nivel de ruido de la máquina, y utilizar tapones de oído si este sobrepasa el nivel aceptable de ruido para una jornada de 2 horas. (100dBA)
* Se recomienda señalar el área de trabajo de maquinaria, con sus debidas precauciones, en idioma español		
Triturado de residuos orgánicos	Riesgos por atrapamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitar a todos los operarios para su uso. - Ingresar material cuando la máquina esté detenida. - Utilizar el botón de emergencia. - Mantener el área de trabajo despejada y limpia. - No utilizar ropa holgada ni accesorios al manejar la máquina.

Etapas clave del trabajo	Identificación de peligros	Controles recomendados
	Riesgos eléctricos por descarga eléctrica	- Capacitar para casos de descargas eléctricas. - No permitir líquidos cerca de la maquinaria.
	Riesgos por manejo de filos	- Deben usarse guantes protectores al cambiar los filos de la máquina.
	Riesgos por ruido	- Evaluar el nivel de ruido de la máquina, y utilizar tapones de oído si este sobrepasa el nivel aceptable de ruido para una jornada de 2 horas. (100dBA)

* Se recomienda señalar el área de trabajo de maquinaria, con sus debidas precauciones, en idioma español

2. Módulo financiero

Cuadro 106: Detalle financiero de situación A (actual) en escenario realista

	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
Activos		
Equipo planta		
Termómetro		2,652.00
Báscula		4,000.00
		6,652.00
Depreciacion activos (mensual)		
Equipo planta		
Termómetro		44.20
Báscula		66.67
		110.87
Costos (mensual)		
Mano de obra		
Salario empresa separadora de desechos		26,000.00
		26,000.00
Materiales		
Insecticidas		945.00
Bacteria		300.00
Empaque abono		200.00
		1,445.00
Costos indirectos de fabricación CIF		
Agua		1,527.00
Consumo energía planta		1,200.00
Focos de iluminación		83.33
		2,810.33
Gastos (mensual)		
Gastos fijos mensuales		
Ecotermo (bioinfeccioso)		250.00
Camión municipal (obsoleto)		8,000.00
Proverde (coprocesable)		9,000.00

Mantenimiento infraestructura		
Pintura exterior		416.67
Filtraciones		500.00
Mantenimiento estructuras metálicas		1,500.00
		19,666.67
Ingresos (mensual)		
Abono orgánico (ahorro consumo propio - tercero 20%)	898.67	
Biodiésel (ahorro consumo propio - UVG 50%)	547.25	
	1,445.92	
	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
TOTAL	1,445.92	49,922.00

Cuadro 107: Detalle financiero situación B (independizarse) en escenario realista

	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
Activos		
Equipo planta		
Termómetro		2,652.00
Báscula		4,000.00
Extintores		1,275.00
Troquet o carretón para transporte		2,970.00
Escaleras		700.00
Manguera		275.00
Mobiliario y equipo administrativo		
Escritorios		2,500.00
Sillas secretariales		1,390.00
Estanterías		1,790.00
Mesa comedor		1,079.95
Sillas comedor		1,379.70
Refrigerador		3,495.00
Microondas		949.00
Equipo de cómputo		6,598.00
		31,053.65

Depreciacion Activos	
Equipo planta	
Termómetro	44.20
Báscula	66.67
Extintores	21.25
Troquets para transporte	49.50
Escaleras	11.67
Manguera	4.58
Mobiliario y equipo administrativo	
Escritorios	41.67
Sillas secretariales	23.17
Estanterías	29.83
Mesa comedor	18.00
Sillas comedor	23.00
Refrigerador	58.25
Microondas	15.82
Equipo de cómputo	109.97
	517.56
Costos (mensual)	
Mano de obra	
Salario operarios	14,948.25
Salario supervisor	3,916.67
Salario encargado planta	5,416.67
Pasivo laboral operarios	1,205.50
Pasivo laboral supervisor	291.67
Pasivo laboral encargado	416.67
Botas de hule con punta de acero	170.00
Botas industriales dieléctricas con punta de acero	137.50
Delantal de PVC resistente a químicos	60.00
Traje completo de PVC resistente a químicos	115.00
Traje completo con careta para volteo compostaje	133.33
Cinturón lumbar elástico	30.00
Guante de algodón con hule en palma mano	81.00
Guante de latex	78.00
Lentes de policarbonato	10.00

Mascarilla con válvula	30.00
	27,040.26
Materiales	
Insecticidas	945.00
Bacteria	300.00
Empaque abono	200.00
	1,445.00
Costos Indirectos de Fabricación CIF	
Agua	1,527.00
Consumo energía planta	1,200.00
Focos de iluminación	83.33
Tableros para clasificación	414.98
Basureros para clasificación	279.17
Jumbos para almacenaje	2,050.00
	5,554.48
Gastos (mensual)	
Gastos fijos mensuales	
Ecotermo (bioinfeccioso)	250.00
Camión municipal (obsoleto)	8,000.00
Proverde (coprocesable)	9,000.00
Mantenimiento infraestructura	
Mantenimiento estructuras metálicas	1,500.00
Pintura exterior	416.67
Pintura interior	416.67
Pintura epóxica área clasificación	592.50
Filtraciones	500.00
Utencilios limpieza	640.00
Botiquín primeros auxilios	83.33
Mantenimiento equipo	
Recarga o mantenimiento de extintores	25.00
Mantenimiento equipo de cómputo	12.50
	21,436.67

Ingresos (mensual)		
Cartón		3,001.18
Vidrio		1,941.94
Plástico		1,032.08
Papel		312.34
Aluminio		2,159.22
Tetrapack		0.00
Latón y chatarra		0.00
Electrónico		0.00
Abono orgánico (ahorro consumo propio 100%)		3,421.90
Biodiésel (ahorro consumo propio - UVG 50%)		547.25
		12,415.91
	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
TOTAL	12,415.91	55,476.40

Cuadro 108: Criterios de selección trituradora

Criterio	Importancia	Valor	Rango
Costo inversión inicial	70%	1	Más de Q100,000
		2	Entre Q50,000 y Q99,000
		3	Menos de Q50,000
Instalación y capacitación	5%	1	No incluye
		2	Incluye, pero con gastos adicionales
		3	Si incluye
Provee ficha técnica e información	5%	1	No incluye
		2	Si incluye
Material	10%	1	Otro
		2	Acero inoxidable
Capacidad	10%	1	Mayor a 0.28kg/s
		2	Entre 0.056kg/s a 0.28kg/s
		3	De 0.028kg/s a 0.056kg/s

Cuadro 109: Matriz de selección trituradora

	ENERPAT (China)	SATRIND (Italia)	PROSERVA (Guatemala)
Costo inversión inicial	3	1	2
Instalación y capacitación	2	2	3
Provee ficha técnica e información	2	2	1
Material	2	2	2
Capacidad	3	3	1
Total	2.8	1.4	1.9

(Ver anexos para consulta de cotizaciones, junto con sus características)

Cuadro 110: Detalle de costos de trituradoras

	ENERPAT	SATRIND	PROSERVA
Inversión			
Inversión trituradora (Q)	26,685	128,047	78,400
Total inversión (Q)	26,685	128,047	78,400
Egreso			
Costo flete (Q)	1,800	850	0
Cantidad de aceite anual (L)	N/A	16	N/A
Costo de aceite (Q) (18L)	N/A	800	N/A
Potencia del motor (kWh)	11	3	3.73
Costo electricidad (Q/kWh)	1.1	1.1	1.1
Consumo electricidad anual (kWh)	8,712	2,376	2,970
Costo por mantenimiento (Q)	4,404	25,000	1,835
Total costos (Q)	14,916	29,026	4,805
Ingreso			
Abono producido (ahorro) (Q)	24,656	24,656	24,656
Total ingresos (Q)	24,656	24,656	24,656
Utilidad (Q)	9,740	(4,370)	19,851

(Ver anexos para consulta de cotizaciones, junto con sus costos)

Cuadro 111: Estado proyectado financiero trituradora ENERPAT (China)

	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Q)	(26,684.72)					
Flujo de efectivo neto (Q)		4,403.49	6,203.49	6,203.49	6,203.49	6,203.49
Flujo de efectivo descontado (Q)	(26,684.72)	4,003.17	5,126.85	4,660.77	4,237.07	3,851.88
VPN (Q)	(4,804.97)					

Cuadro 112: Estado proyectado financiero trituradora SATRIN (Italia)

	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Q)	(128,047.18)					
Flujo de efectivo neto (Q)		(29,979.00)	(29,129.00)	(29,129.00)	(29,129.00)	(29,129.00)
Flujo de efectivo descontado (Q)	(128,047.18)	(27,253.64)	(24,073.56)	(21,885.05)	(19,895.50)	(18,086.82)
VPN (Q)	(239,241.75)					

Cuadro 113: Estado proyectado financiero trituradora PROSERVA (Guatemala)

	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Q)	(78,400.00)					
Flujo de efectivo neto (Q)		4,171.43	(18,430.00)	(18,430.00)	(18,430.00)	(18,430.00)
Flujo de efectivo descontado (Q)	(78,400.00)	3,792.21	(15,231.40)	(13,846.73)	(12,587.94)	(11,443.58)
VPN (Q)	(127,717.44)					

Cuadro 114: Detalle financiero de situación C (independizarse + inversión maquinaria) en escenario realista

	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
Activos		
Equipo planta		
Termómetro		2,652.00
Báscula		4,000.00
Extintores		1,275.00
Troquet o carretón para transporte		2,970.00
Escaleras		700.00
Manguera		275.00
Compactadora		97,579.72
Trituradora		28,484.72
Equipo biodiésel		
Planta biodiésel		80,703.30
Generador eléctrico		132,268.00
Mobiliario y equipo administrativo		
Escritorios		2,500.00
Sillas secretariales		1,390.00
Estanterías		1,790.00
Mesa comedor		1,079.95
Sillas comedor		1,379.70
Refrigerador		3,495.00
Microondas		949.00
Equipo de cómputo		6,598.00
		370,089.39
Depreciación activos		
Equipo planta		
Termómetro		44.20
Báscula		66.67
Extintores		21.25
Troquets para transporte		49.50
Escaleras		11.67
Manguera		4.58
Compactadora		1,626.33

Trituradora	474.75
Equipo biodiésel	
Planta biodiésel	1,345.06
Generador eléctrico	2,204.47
Mobiliario y equipo administrativo	
Escritorios	41.67
Sillas secretariales	23.17
Estanterías	29.83
Mesa comedor	18.00
Sillas comedor	23.00
Refrigerador	58.25
Microondas	15.82
Equipo de cómputo	109.97
	6,168.16
Costos (mensual)	
Mano de obra planta	
Salario operarios	14,948.25
Salario supervisor	3,916.67
Salario encargado planta	5,416.67
Pasivo laboral operarios	1,205.50
Pasivo laboral supervisor	291.67
Pasivo laboral encargado	416.67
Botas de hule con punta de acero	170.00
Botas industriales dieléctricas con punta de acero	137.50
Delantal de PVC resistente a químicos	60.00
Traje completo de PVC resistente a químicos	115.00
Traje completo con careta para volteo compostaje	133.33
Cinturón lumbar elástico	30.00
Guante de algodón con hule en palma mano	81.00
Guante de latex	78.00
Lentes de policarbonato	10.00
Mascarilla con válvula	30.00

Mano de obra biodiésel	
Salario operario planta biodiésel	2,893.21
Pasivo laboral operario planta biodiésel	241.10
Guantes operario planta biodiésel	44.04
Mascarillas operario planta biodiésel	1,200.00
Salario operario generador eléctrico	2,893.21
Pasivo laboral operario generador eléctrico	241.10
	34,552.92
Materiales	
Insecticidas	945.00
Bacteria	300.00
Empaque abono	400.00
	1,645.00
Costos Indirectos de Fabricación CIF planta	
Agua	1,527.00
Consumo energía planta	1,200.00
Focos de iluminación	26,000.00
Tableros para clasificación	414.98
Basureros para clasificación	279.17
Jumbos para almacenaje	2,050.00
Consumo energía compactadora	46.20
Consumo aceite compactadora	66.67
Consumo energía trituradora	406.56
Basureros para desechos triturados	13.33
Costos Indirectos de Fabricación CIF biodiésel	
Consumo energía planta biodiésel	57.55
Consumo agua planta biodiésel	25.10
Consumo metanol planta biodiésel	1,679.17
Consumo hidróxido de sodio planta biodiésel	55.99
Consumo agua generador eléctrico	27.47
Consumo aceite generador eléctrico	77.08
Consumo biodiésel generador eléctrico	5,669.51
	39,595.76

Gastos (mensual)	
Gastos fijos mensuales	
Ecotermo (bioinfeccioso)	1,200.00
Camión municipal (obsoleto)	8,000.00
Proverde (coprocesable)	30,137.25
Mantenimiento infraestructura	
Mantenimiento estructuras metálicas	1,500.00
Pintura exterior	945.00
Pintura interior	945.00
Pintura epóxica área clasificación	592.50
Filtraciones	300.00
Utencilios limpieza	640.00
Botiquín primeros auxilios	83.33
Mantenimiento equipo	
Recarga o mantenimiento de extintores	25.00
Mantenimiento equipo de cómputo	12.50
Mantenimiento compactadora	416.67
Mantenimiento trituradora	367.00
Mantenimiento planta biodiésel	201.76
Mantenimiento generador eléctrico	307.00
Supervisión técnica generador eléctrico	25.00
	45,698.01
Ingresos (mensual)	
Cartón	3,001.18
Vidrio	1,941.94
Plástico	1,032.08
Papel	312.34
Aluminio	2,159.22
Tetrapack	0.00
Latón y chatarra	0.00
Electrónico	0.00
Abono orgánico (ahorro consumo propio 100%)	2,246.68
Biodiésel (ahorro consumo propio 100%)	1,112.01
Generador (ahorro energético)	19,061.47

	30,866.92	
	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
TOTAL	30,866.92	121,491.69

Cuadro 115: Estado de resultados y flujo de efectivo situación A en escenario realista

14.34%	Mensual	2017	2018	2019	2020	2021
Ingresos						
Total (Q)	1,445.92	17,351.04	19,838.49	22,682.53	25,934.30	29,652.25
Costos y gastos						
Materiales (Q)	1,445.00	17,340.00	19,825.86	22,668.10	25,917.80	29,633.38
Mano de obra (Q)	26,000.00	312,000.00	356,728.34	407,868.94	466,341.07	533,195.76
CIF (Q)	2,810.33	33,724.00	38,558.68	44,086.45	50,406.69	57,632.99
Gastos (Q)	19,666.67	236,000.00	236,000.00	236,000.00	236,000.00	236,000.00
Total (Q)	49,922.00	599,064.00	651,112.88	710,623.49	778,665.55	856,462.13
Utilidad						
Utilidad (Q)	(48,476.08)	(581,712.96)	(631,274.39)	(687,940.96)	(752,731.25)	(826,809.88)
Depreciación activos (Q)	110.87	1,330.40	1,330.40	1,330.40	1,330.40	1,330.40
Flujo neto de efectivo (Q)	(48,586.95)	(583,043.36)	(632,604.79)	(689,271.36)	(754,061.65)	(828,140.28)

Cuadro 116: Estado de resultados y flujo de efectivo situación B en escenario realista

14.34%	Mensual	2017	2018	2019	2020	2021
Ingresos						
Total (Q)	12,415.91	148,990.91	170,350.25	194,771.68	222,694.16	254,619.61
Costos y gastos						
Materiales (Q)	1,445.00	17,340.00	19,825.86	22,668.10	25,917.80	29,633.38
Mano de obra (Q)	27,040.26	324,483.07	371,000.99	424,187.72	484,999.30	554,528.83
CIF (Q)	5,554.48	66,653.70	76,209.18	87,134.53	99,626.15	113,908.56
Gastos (Q)	21,436.67	257,240.00	257,240.00	257,240.00	257,240.00	257,240.00
Total (Q)	55,476.40	665,716.77	724,276.03	791,230.35	867,783.24	955,310.77
Utilidad						
Utilidad (Q)	(43,060.49)	(516,725.86)	(553,925.78)	(596,458.67)	(645,089.08)	(700,691.16)
Depreciación activos (Q)	517.56	6,210.73	6,210.73	6,210.73	6,210.73	6,210.73
Flujo neto de efectivo (Q)	(43,578.05)	(522,936.59)	(560,136.51)	(602,669.40)	(651,299.81)	(706,901.89)

Cuadro 117: Estado de resultados y flujo de efectivo situación C en escenario realista

14.34%	Mensual	2017	2018	2019	2020	2021
Ingresos						
Total (Q)	30,866.92	370,403.01	423,504.01	484,217.57	553,635.04	633,004.20
Costos y gastos						
Materiales	1,645.00	19,740.00	22,569.93	25,805.55	29,505.04	33,734.89
Mano de obra	34,552.92	414,635.01	474,077.12	542,040.85	619,747.86	708,594.96
CIF	39,595.76	475,149.14	543,266.55	621,149.29	710,197.29	812,011.23
Gastos	45,698.01	548,376.10	548,376.10	548,376.10	548,376.10	548,376.10
	121,491.69	1,457,900.25	1,588,289.70	1,737,371.79	1,907,826.29	2,102,717.17
Utilidad						
Utilidad	(90,624.77)	(1,087,497.24)	(1,164,785.69)	(1,253,154.21)	(1,354,191.25)	(1,469,712.97)
Depreciación activos	6,168.16	74,017.88	74,017.88	74,017.88	74,017.88	74,017.88
Flujo neto de efectivo	(96,792.93)	(1,161,515.12)	(1,238,803.57)	(1,327,172.09)	(1,428,209.13)	(1,543,730.85)

Cuadro 118: Estado proyectado financiero situación A en escenario realista

	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Q)	(6,652.00)					
Flujo neto de efectivo (Q)		(583,043.36)	(632,604.79)	(689,271.36)	(754,061.65)	(828,140.28)
Flujo de efectivo descontado (Q)	(6,652.00)	(530,039.42)	(522,813.88)	(517,859.77)	(515,034.25)	(514,209.96)
TMAR	10%					
VPN	(2,606,609.28)					

Cuadro 119: Estado proyectado financiero situación B en escenario realista

	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Q)	(31,053.65)					
Flujo neto de efectivo (Q)		(522,936.59)	(560,136.51)	(602,669.40)	(645,089.08)	(706,901.89)
Flujo de efectivo descontado (Q)	(31,053.65)	(475,396.90)	(462,922.73)	(452,794.44)	(440,604.52)	(438,930.45)
TMAR	10%					
VPN	(2,301,702.70)					

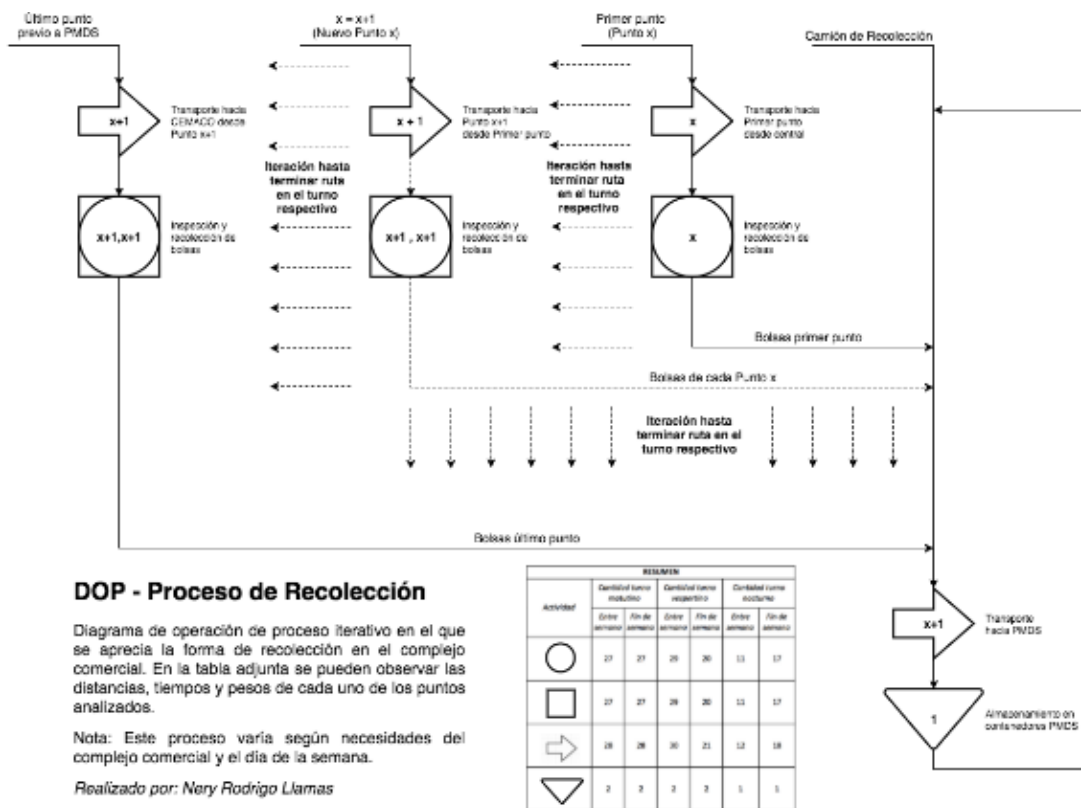
Cuadro 120: Estado proyectado financiero situación C en escenario realista

	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Q)	(213,419.74)					
Flujo neto de efectivo (Q)		(1,161,515.12)	(1,238,803.57)	(1,327,172.09)	(1,428,209.13)	(1,543,730.85)
Flujo de efectivo descontado (Q)	(213,419.74)	(1,055,922.84)	(1,023,804.60)	(997,124.03)	(975,486.05)	(958,535.40)
TMAR	10%					
VPN	(5,224,292.66)					

H. Módulo 8: Estudio de procesos, logística, y gestión de proyecto sobre el manejo integral de residuos en un complejo comercial

1. Optimización de procesos y logística

Figura 70: DOP Proceso de recolección



Cuadro 121: Análisis crítico de ruta de recolección

Proceso a analizar		Ruta de recolección	
#	Pregunta	Análisis	Mejora propuestas
1	¿Qué?	La ruta de recolección actual	Mejorar ruta considerando los puntos por descarga en la PMDS
2	¿Dónde?	En todo el complejo comercial.	En los puntos incluidos en la ruta de recolección
3	¿Cuándo?	Ruta diaria	Mejorar la ruta que se usa día con día

<i>Proceso a analizar</i>		<i>Ruta de recolección</i>	
4	<i>¿Quién?</i>	Operario de empresa tercerizada.	Instrucción mayor sobre las rutas disponibles para llegar a los destinos.
5	<i>¿Cómo?</i>	Se realiza ruta idéntica de forma diaria y se responde a necesidades del complejo inusuales.	A través de análisis de redes, utilizando el modelo del agente viajero, determinar una mejor ruta.
Decisión		Eliminar	
		Reducir tiempo	
Observaciones		Se debe establecer una nueva ruta con el fin de reducir distancias recorridas y tiempo.	

Cuadro 122. Análisis crítico de recolección en punto x

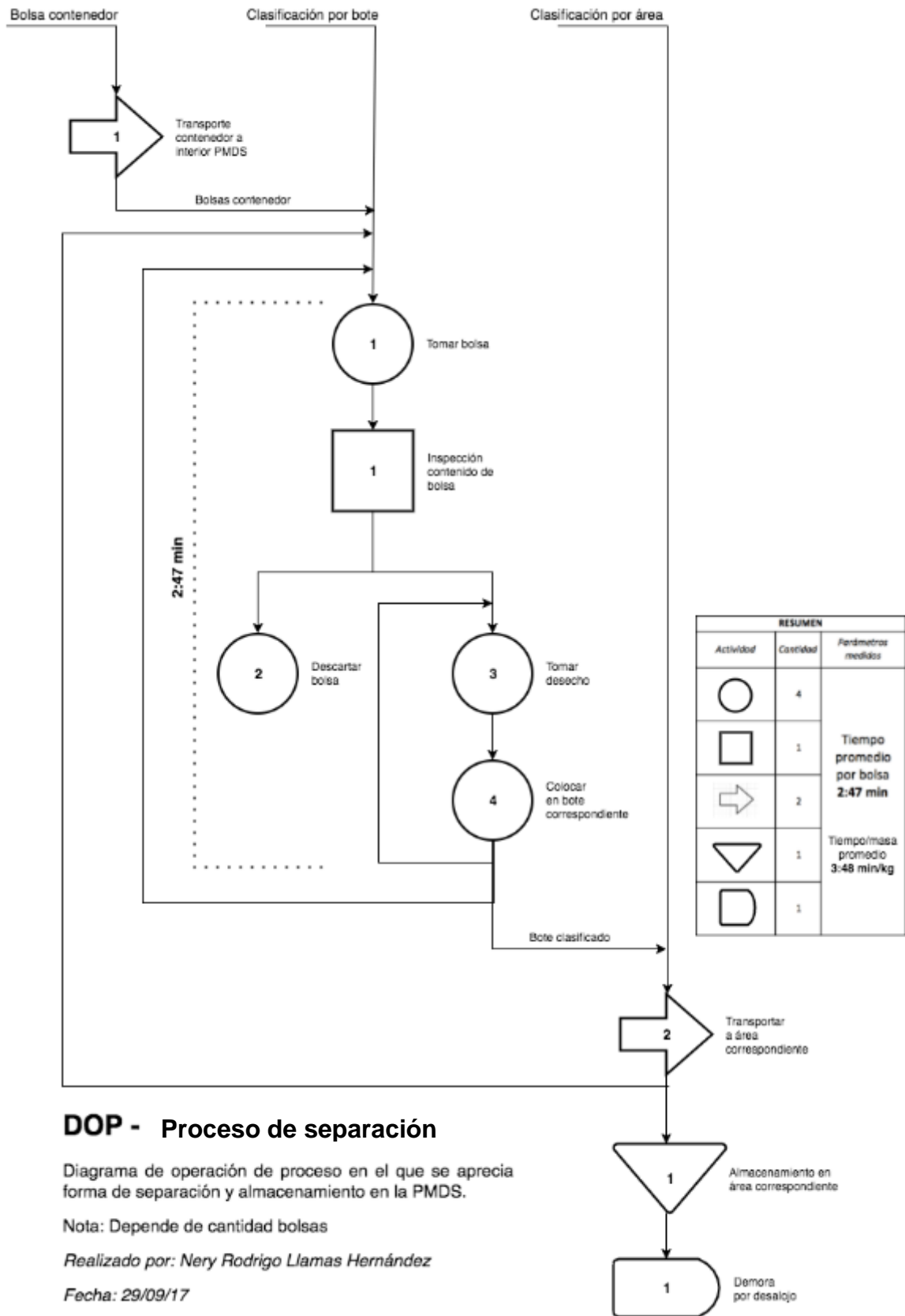
<i>Proceso a analizar</i>		<i>Recolección en punto x</i>	
#	<i>Pregunta</i>	<i>Análisis</i>	<i>Mejora propuestas</i>
1	<i>¿Qué?</i>	El proceso de recolección por puntos recorridos diariamente.	Determinar los puntos que se deben visitar con frecuencia diaria y aquellos que requieren otro tipo de frecuencia a través de análisis de redes ponderando el peso y la distancia entre los nodos.
2	<i>¿Dónde?</i>	En todo el complejo comercial.	Determinar los puntos críticos según principio de muchos triviales y pocos vitales de Pareto (en función del peso y distancia)
3	<i>¿Cuándo?</i>	De 1 a más veces por día	Determinar tipos de frecuencias por punto.
4	<i>¿Quién?</i>	Operario de empresa tercerizada.	Instrucción mayor sobre el manejo integral de desechos sólidos al personal.
5	<i>¿Cómo?</i>	Se realiza ruta idéntica de forma diaria y se responde a necesidades del complejo inusuales.	Determinación de ruta por día y responder a necesidades del complejo con un día de anticipación.
Decisión		Eliminar	
		Reducir tiempo	

Proceso a analizar	Recolección en punto x
Observaciones	Se deben eliminar todos los Puntos x de recolección que no necesitan recolección diaria y/o doble visita por día para generar una nueva ruta.

Cuadro 123: Tiempos de separación actual en la PMDS

Ubicación	PMDS				
Actividad:	Clasificación bolsa				
Operador	Tercero				
Analista	Nery Llamas				
	Tiempo [min]				
Descripción de evento	18/07/17	19/07/17	20/07/17	21/07/17	22/07/17
Bolsa 1	0:02:23	0:04:31	0:01:06	0:01:58	0:01:17
Bolsa 2	0:02:36	0:02:46	0:01:41	0:01:11	0:03:36
Bolsa 3	0:02:25	0:02:23	0:02:25	0:01:37	0:03:41
Bolsa 4	0:01:06	0:01:29	0:01:41	0:04:32	0:02:38
Bolsa 5	0:00:49	0:02:06	0:01:10	0:02:09	0:03:12
Bolsa 6	0:01:20	0:02:16	0:01:20	0:02:46	0:05:12
Bolsa 7	0:01:13	0:02:15	0:03:25	0:02:34	0:04:57
Bolsa 8	0:02:38	0:04:05	0:03:20	0:06:53	0:03:40
Bolsa 9	0:02:10	0:01:14	0:03:30	0:04:47	0:02:51
Bolsa 10	0:01:16	0:03:32	0:01:04	0:04:40	0:14:25
Bolsa 11	0:00:49	0:02:40	0:01:34	0:02:27	0:04:34
Bolsa 12	0:00:46	0:01:07	0:01:26	0:00:44	0:02:53
Bolsa 13	0:02:04	0:02:12	0:02:02	0:02:16	0:01:56
Bolsa 14	0:03:41	0:00:51	0:06:10	0:01:50	0:02:34
Bolsa 15	0:03:10	0:01:37		0:02:48	0:04:07
Bolsa 16	0:00:57	0:02:04		0:04:34	0:03:36
Bolsa 17	0:04:21	0:01:54		0:07:36	0:04:15
Tiempo TOTAL	0:33:44	0:39:02	0:31:54	0:55:22	1:09:24
Cantidad de bolsas	17	17	14	17	17
Tiempo promedio/bolsa	0:01:59	0:02:18	0:02:17	0:03:15	0:04:05
Masa Total [kg]	16.96	7.17	10.16	11.57	19.19
Masa prom por bolsa [kg]	1.00	0.42	0.73	0.68	1.13
Tiempo/masa [min/kg]	0:01:59	0:05:27	0:03:08	0:04:47	0:03:37

Figura 71: DOP Proceso de separación



DOP - Proceso de separación

Diagrama de operación de proceso en el que se aprecia forma de separación y almacenamiento en la PMDS.

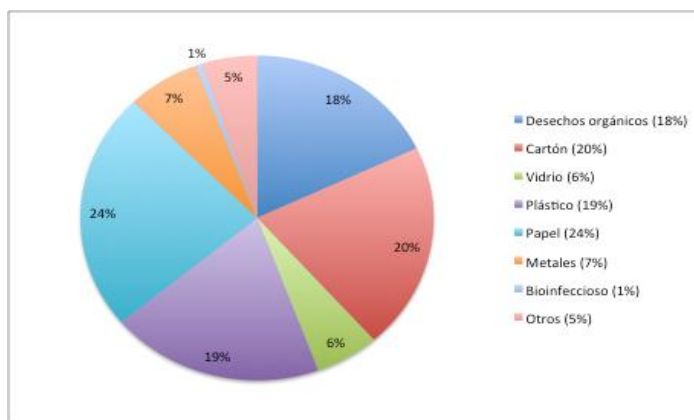
Nota: Depende de cantidad bolsas

Realizado por: Nery Rodrigo Llamas Hernández

Fecha: 29/09/17

Cuadro 124: Análisis crítico proceso de separación

Proceso a analizar		Separación de desechos por bolsa en PMDS	
#	Pregunta	Análisis	Mejora Propuestas
1	¿Qué?	El tiempo de separación y la materia orgánica que se obtiene por bolsa.	Ser más productivo en la separación de residuos disminuyendo los tiempos de separación y el material recuperado por bolsa.
2	¿Dónde?	En PMDS.	Evaluar otra ubicación dentro de la planta para la separación de residuos.
3	¿Cuándo?	Jornada diaria.	Planear ruta de recolección en función de tener material orgánico la mayor parte del tiempo que los operarios se encuentran en planta.
4	¿Quién?	Operario de empresa tercerizada.	Instrucción mayor sobre el manejo integral de desechos sólidos al personal.
5	¿Cómo?	Materia prima (bolsas de residuos) sin clasificar.	Obtención de materia prima clasificada desde el origen en residuos orgánicos e inorgánicos.
Decisión		Eliminar	
		Reducir tiempo	
Observaciones		Aunque se pudiese pensar que se eliminaría el tiempo de separar al contar con la clasificación desde el origen, aún así se debe clasificar lo inorgánico e inspeccionar las bolsas que ingresan a la PMDS.	

Figura 72: Distribución de inquilinos por tipos de residuos en el complejo comercial⁸

⁸ En la figura se puede observar la distribución de inquilinos que generan cada tipo de desecho en el complejo comercial. En esta cabe recalcar la relevancia que toma el 18% de inquilinos con orgánico por ser la variable de mayor interés para el complejo comercial.

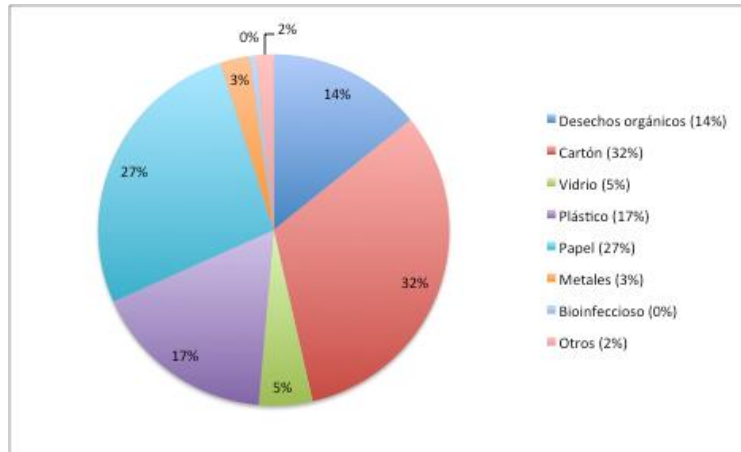
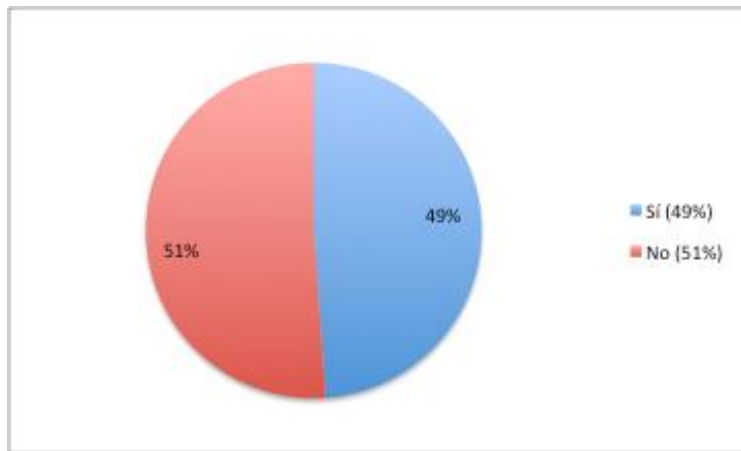
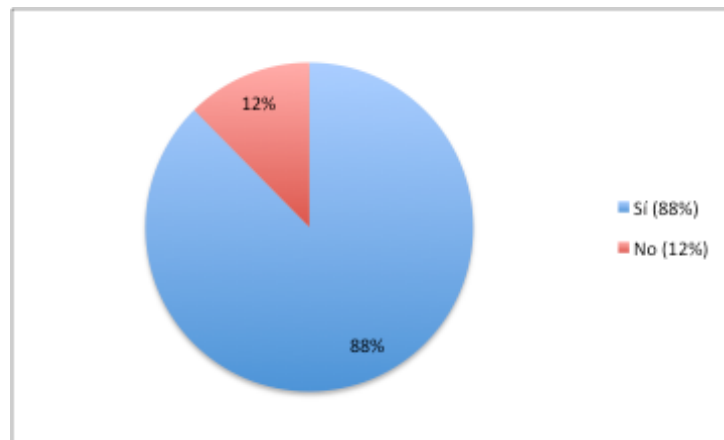
Figura 73: Cantidad de locales con mayoría por cada tipo de residuo⁹

Figura 74: Espacio para basureros adicionales en los locales del complejo comercial

Figura 75: Disposición de inquilinos para clasificar sus residuos¹⁰

⁹ A diferencia de la figura, en la figura se puede observar el % de inquilinos que respondió que genera en mayor cantidad de los tipos de desecho. Se puede observar un comportamiento similar debido a que el inquilino en la pregunta de la figura responde usualmente lo que genera en mayor cantidad.

¹⁰ La respuesta en la figura parece ser contradictoria a la de la figura ya que es difícil estar dispuesto a clasificar sin un basurero para ello. Sin embargo, a pesar de esto es un resultado conveniente que el inquilino se encuentre anuente en este aspecto.

Figura 76: Matriz ABC, xyz para cualquier desecho

Ax Puntos/locales donde se encuentra el 80% de residuos del complejo comercial y tienen mayoría del residuo a analizar	Ay Puntos/locales donde se encuentra el 80% de residuos del complejo comercial y tienen minoría del residuo a analizar	Az Puntos/locales donde se encuentra el 80% de residuos del complejo comercial y no tienen nada del residuo a analizar
Bx Puntos/locales donde se encuentra el 95% de residuos del complejo comercial y tienen mayoría del residuo a analizar	By Puntos/locales donde se encuentra el 95% de residuos del complejo comercial y tienen minoría del residuo a analizar	Bz Puntos/locales donde se encuentra el 95 % de residuos del complejo comercial y no tienen nada del residuo a analizar
Cx Puntos/locales donde se encuentra el 100 % de residuos del complejo comercial y tienen mayoría del residuo a analizar	Cy Puntos/locales donde se encuentra el 100% de residuos del complejo comercial y tienen minoría del residuo a analizar	Cz Puntos/locales donde se encuentra el 100% de residuos del complejo comercial y no tienen nada del residuo a analizar

Cuadro 125: Clasificación Ax, Ay, Az de residuos orgánico

▼ A	11870
▼ Mayoría (x)	9344
Alimentos 1	1361
Cafetería 1	190
Local 2	190
Restaurante 1	2286
Restaurante 11	238
Restaurante 2	1143
Restaurante 3	1143
Restaurante 5	794
Restaurante 6	667
Restaurante 7	508
Restaurante 8	508
Restaurante 9	317
▼ Minoría (y)	2154
Entretenimiento 1	227
Local 1	635
Restaurante 10	286
Restaurante 12	181
Restaurante 4	825
▼ Nada (z)	372
Entretenimiento 2	190
Local 3	181

Cuadro 126: Clasificación Bx, By, Bz de residuos orgánicos

▼ B	2329
▼ Mayoría (x)	918
Cafetería 2	127
Cafetería 6	63
Entretenimiento 4	136
Local 7	45
Restaurante 14	170
Restaurante 16	136
Restaurante 17	127
Restaurante 18	113
▼ Minoría (y)	1126
Cafetería 3	111
Cafetería 4	91
Entretenimiento 3	170
Entretenimiento 5	113
Entretenimiento 6	68
Entretenimiento 7	45
Local 10	36
Local 4	95
Local 5	63
Local 6	45
Local 9	38
Restaurante 15	170
Restaurante 19	79
▼ Nada (z)	284
Cafetería 5	68
Local 8	38
Restaurante 13	178

Cuadro 127: Clasificación Cx de residuos orgánico

▼ C	773
▼ Mayoría (x)	111
Cafetería 12	8
Kiosko 1	32
Kiosko 4	13
Local 14	19
Local 42	5
Local 45	5
Local 61	2
Local 63	2
Restaurante 20	23
Restaurante 22	2

Cuadro 128: Clasificación Cy de residuos orgánico

▼ C	773.2
▼ Minoría (y)	435.6
Cafetería 10	22.2
Cafetería 13	6.3
Cafetería 14	3.6
Cafetería 7	31.7
Cafetería 8	31.7
Cafetería 9	29.0
Kiosko 2	31.7
Kiosko 3	15.9
Kiosko 5	9.5
Kiosko 7	3.6
Kiosko 8	3.2
Local 12	34.0
Local 13	19.0
Local 15	18.1
Local 16	18.1
Local 17	15.9
Local 20	13.6
Local 25	12.7
Local 26	11.3
Local 28	10.9
Local 32	6.8
Local 34	6.8
Local 36	6.3
Local 38	6.3
Local 39	6.3
Local 40	5.4
Local 47	4.1
Local 48	3.6
Local 49	3.6
Local 51	3.6
Local 53	3.2
Local 55	3.2
Local 56	3.2
Local 57	3.2
Local 64	1.6
Local 65	1.6
Local 66	1.6
Local 68	1.4
Local 70	1.4
Local 71	1.1
Local 72	1.1
Local 76	0.9
Local 77	0.7
Local 80	0.2
Local 81	0.0
Restaurante 21	15.9

Cuadro 129: Clasificación Cz de residuos orgánicos

▼ C	773.2
▼ Nada (z)	227.0
Cafetería 11	9.5
Kiosko 6	6.3
Local 11	34.0
Local 18	13.6
Local 19	13.6
Local 21	12.7
Local 22	12.7
Local 23	12.7
Local 24	12.7
Local 27	10.9
Local 29	9.5
Local 30	7.3
Local 31	6.8
Local 33	6.8
Local 35	6.3
Local 37	6.3
Local 41	5.4
Local 43	5.4
Local 44	4.5
Local 46	4.1
Local 50	3.6
Local 52	3.4
Local 54	3.2
Local 58	2.7
Local 59	2.7
Local 60	2.3
Local 62	1.8
Local 67	1.4
Local 69	1.4
Local 73	0.9
Local 74	0.9
Local 75	0.9
Local 78	0.2
Local 79	0.2

Figura 77: Diseño de separador en inventor para clasificación en restaurantes

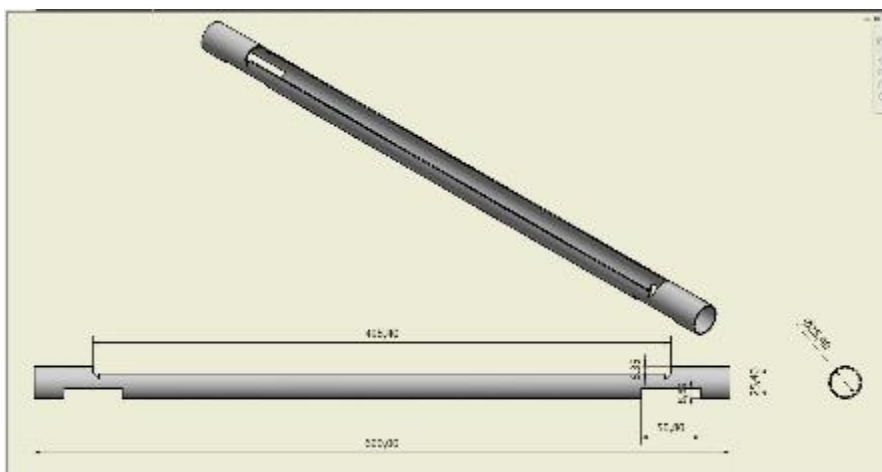


Figura 78: Prototipo 1 de separador de basurero



Cuadro 130: Observaciones de implementación de herramienta

No.	Fecha	Observación
1	14/09/17	Empleado mencionó: "Vamos a hacer el intento, pero muchas veces uno anda en carreras". Esto denota resistencia al cambio desde el día 1. "Aquí se vería bien un sticker". Se percibió ánimo para colaborar.
2	15/09/17	<ol style="list-style-type: none"> 1. La herramienta se encontró en todos los puntos. Complicaciones en uno de los restaurantes por agujero en el área de lavado. Empleado dijo: "Se complica mucho tirar los desechos con dos divisiones en el pequeño agujero" 2. Se percibió una buena clasificación. 3. Solicitud de uno de los supervisores por material de apoyo.
3	16/09/17	<ol style="list-style-type: none"> 1. Material de apoyo ayudó para recordar al empleado la clasificación que se debía realizar. 2. Se tomó iniciativa de poner otro basurero que en un inicio no se permitió colocar por "falta de espacio". Buena actitud de los colaboradores para dar seguimiento.
4	17/09/17	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un empleado dijo: "Se lo enviaré a los dueños, les va a gustar el proyecto" A pesar de que se contó con una autorización previa, no todos en la empresa sabían al respecto de la implementación.
5	18/09/17	<ol style="list-style-type: none"> 1. No se encontraron las bolsas en uno de los restaurantes. Un empleado dijo: "Se acabaron las bolsas de ese color". En la capacitación se le había brindado bolsas suficientes para una semana al supervisor. Esto denotó falta de compromiso. 2. No se encontró la bolsa en uno de los basureros. "Estaba muy difícil, mejor lo quitamos". Se colocó herramienta en otro de los basureros de la cocina.
6	19/09/17	<ol style="list-style-type: none"> 1. En uno de los restaurantes no se encontró el tubo separador. "Lo habíamos quitado para sacar la bolsa, pero mi compañero ya no encontró los ganchos". Se habían brindado ganchos adicionales en el inicio de la implementación. Nuevamente falta de compromiso. 2. Se encontraron las divisiones pero muy mal clasificado a simple vista.

Figura 79: Antes y después de basureros tras implementación de separador

ANTES



DESPUÉS



Figura 80: Bolsas verdes y negras empleadas en prueba piloto para distinguir separación en orgánico e inorgánico¹¹



¹¹ En la Figura 80 se pueden observar las bolsas verdes y negras empleadas para residuos orgánicos y residuos inorgánicos, respectivamente.

Cuadro 131: Tiempos de separación de la prueba piloto

Ubicación:	PMDS												
Actividad:	Clasificación bolsa												
Operador:	Tercera												
Analista:	Nery Llamas												
	Tiempo												
Descripción de evento	14/09/17	15/09/17			16/09/17			17/09/17			18/09/17		
	Tiempo [min]	Tiempo [min]	Masa [kg]	Tiempo/Masa [min/kg]	Tiempo [min]	Masa [kg]	Tiempo/Masa [min/kg]	Tiempo [min]	Masa [kg]	Tiempo/Masa [min/kg]	Tiempo [min]	Masa [kg]	Tiempo/Masa [min/kg]
Bolsa 1	0:00:47	0:02:30	1.59	0:01:34	0:03:32	4.76	0:00:45	0:01:35	2.81	0:00:34	0:01:40	1.00	0:01:40
Bolsa 2	0:00:35	0:02:31	1.00	0:02:31	0:01:41	1.59	0:01:04	0:01:55	3.58	0:00:32	0:01:57	3.22	0:00:36
Bolsa 3	0:02:10	0:01:44	2.04	0:00:51	0:00:49	0.59	0:01:23	0:01:46	2.63	0:00:40	0:01:36	1.13	0:01:25
Bolsa 4	0:06:19	0:02:30	1.00	0:02:30	0:02:06	1.41	0:01:30	0:01:53	5.99	0:00:19	0:01:37	0.95	0:01:42
Bolsa 5	0:01:46	0:01:19	1.22	0:01:05	0:03:47	2.00	0:01:54	0:02:06	2.99	0:00:42	0:00:59	1.68	0:00:35
Bolsa 6	0:01:40	0:02:05	1.63	0:01:17	0:04:23	2.99	0:01:28	0:02:33	5.17	0:00:30	0:01:21	0.86	0:01:34
Bolsa 7	0:01:14	0:03:59	6.94	0:00:34	0:01:24	2.04	0:00:41	0:02:00	11.97	0:00:10	0:02:54	6.62	0:00:26
Bolsa 8	0:02:55	0:03:38	3.40	0:01:04	0:08:24	2.99	0:02:48	0:04:18	4.04	0:01:04	0:01:27	3.40	0:00:26
Bolsa 9	0:03:05	0:02:11	5.99	0:00:22	0:00:58	1.60	0:00:36	0:01:23	3.58	0:00:23	0:02:29	2.00	0:01:15
Bolsa 10	0:02:20	0:01:32	2.00	0:00:46	0:05:23	12.52	0:00:26	0:02:43	4.22	0:00:39	0:01:12	4.17	0:00:17
Bolsa 11	0:00:55	0:02:24	2.00	0:01:12	0:01:54	4.17	0:00:27	0:01:42	1.63	0:01:02	0:02:41	1.41	0:01:54
Bolsa 12	0:01:49	0:00:31	1.36	0:00:23	0:03:26	7.44	0:00:28	0:03:11	7.03	0:00:27	0:05:27	0.59	0:09:15
Bolsa 13	0:02:05	0:03:03	2.00	0:01:32	0:01:42	7.57	0:00:13	0:03:29	6.58	0:00:32			
Bolsa 14		0:00:50	1.41	0:00:36				0:01:36	5.53	0:00:17			
Bolsa 15		0:02:32	4.17	0:00:36				0:01:06	2.77	0:00:24			
Bolsa 16		0:04:19	9.21	0:00:28				0:02:38	6.58	0:00:24			
Bolsa 17		0:07:37	16.42	0:00:28									
Prom Tiempo/masa [min/kg]				0:01:03			0:01:03			0:00:32			0:01:45
DesvSt tiempo/masa [min/kg]				0.00047			0.00051			0.00017			0.00169
Tiempo TOTAL [min]	0:27:40	0:45:15			0:39:29			0:35:54			0:25:20		
Cantidad de bolsas	13	17			13			16			12		
Tiempo promedio/bolsa [min]	0:02:08	0:02:40			0:03:02			0:02:15			0:02:07		
DesvSt tiempo/bolsa [min]	0:01:28	0:00:56			0:02:08			0:00:51			0:01:13		
Masa Total [kg]	49.99	37.51			49.36			44.32			16.60		

Cuadro 132: Resultados de locales/restaurantes de donde se obtuvo la muestra de la prueba piloto¹²

% Recuperado	15/09/17	16/09/17	17/09/17	18/09/17
Cafetería	42%	20%	43%	25%
Restaurante 3	47%	57%	75%	33%
Restaurante 1	41%	60%	59%	37%
Restaurante 2	NA	42%	50%	NA

¹² En el Cuadro 132 se pueden observar los % recuperados en los días que se obtuvo la muestra para la prueba piloto. Cabe mencionar que el % recuperado representa de una bolsa lo que se logra clasificar como orgánico o inorgánico. En otras palabras el % en peso de lo que se queda en la planta y no se desecha al camión municipal.

Cuadro 133: Pruebas de hipótesis de tiempo/masa de material orgánico

Prueba de hipótesis	1	2	3	4
		$H_0: \mu \geq 0:05:27$ $H_a: \mu < 0:05:27$	$H_0: \mu \geq 0:03:08$ $H_a: \mu < 0:03:08$	$H_0: \mu \geq 0:04:47$ $H_a: \mu < 0:04:47$
μ_0 [min/kg]	0:05:27	0:03:08	0:04:47	0:03:37
X_s [min/kg]	0:01:03	0:01:03	0:00:32	0:01:45
s [min/kg]	0.00047	0.00051	0.00017	0.00169
n	17	13	16	12
gl	16	12	15	11
Valor t	-27.00377	-10.23815	-69.03652	-2.65379
Nivel de significancia	$\alpha = 0.025$			
Valor t ($\alpha = 0.025$)	2.12	2.179	2.131	2.201
Criterio de rechazo	Rechaza H_0 si $t \leq t$ ($\alpha = 0.025$)			
Conclusión	<i>Se rechaza H_0</i>	<i>Se rechaza H_0</i>	<i>Se rechaza H_0</i>	<i>Se rechaza H_0</i>

Cuadro 134: Prueba de hipótesis tiempo/bolsa

Prueba de hipótesis	$H_0: \mu \geq 0:02:47$ $H_a: \mu < 0:02:47$
μ_0	0:02:47
X_s	0:02:26
s	0.00028
n	5
gl	4
Valor t	-1.90445
Nivel de significancia	$\alpha = 0.10$
Valor t ($\alpha = 0.10$)	1.53
Criterio de rechazo	Rechaza H_0 si $t \leq t$ ($\alpha = 0.10$)
Conclusión	<i>Se rechaza H_0</i>

Figura 81: Botes separados en orgánico e inorgánico para prueba de cultura



Figura 82: Bote con división en orgánico e inorgánico para prueba de cultura¹³



¹³ Se colocaron únicamente dos basureros y van dirigidos al visitante del complejo comercial. Se colocaron dos tipos para evaluar si existe alguna variación por tipo de basurero.

Cuadro 135: Resultados de prueba de cultura

Prueba de Cultura				
Basurero	Promedio de % Acierto	Desvest de % Acierto	Suma de Peso [lb]	
▼ B1	58%	26%	27.47	
I1	76%	10%	14.79	
O1	36%	22%	12.68	
▼ B2	52%	23%	28.19	
I2	70%	9%	16.79	
O2	34%	19%	11.4	
Total general	55%	24%	55.66	

Cuadro 136: Observaciones en punto de colocación de basureros de prueba de cultura

No.	Observación
1.	Pregunta directa al evaluador. "¿Lo van a poner en todos los basureros? Se ve genial."
2.	Visitante 1 arroja Piña en la bolsas de inorgánico. Visitante 2 observa e indaga a voz alta entre sus compañeros quién había sido el que había arrojado la piña en la bolsa incorrecta.
3.	Visitante a voz alta: "¡Me encanta!"
4.	Visitante infantil a evaluador: " ¿Esto es papel sucio entonces es orgánico, no?"

Cuadro 137: Observaciones de bolsas de prueba de cultura en PMDS

No.	Observación
1.	Bolsas de basura dentro de bolsas
2.	Muchas hojas en bolsa de material inorgánico
3.	Escasez de residuos en la bolsa
4.	Envases con tipos de residuos compuesto; por ejemplo, una manzana dentro de una bolsa plástica.

Cuadro 138: Ruta de recolección mejorada contra actual

Horario	Distancia tomada	Distancia con análisis	% de mejora	Ruta sugerida															
				1	14	6	7	8	9	10	11	12	4	5	3	2	13	1	
Matutino_1	6055	5888	2.76%	1	14	6	7	8	9	10	11	12	4	5	3	2	13	1	
Matutino_2	5196	3346	35.60%	1	3	4	5	6	7	2	8	9	10	11	12	1			
Vespertino_1	6771	6367	5.97%	1	14	3	4	5	6	7	2	11	12	10	9	8	13	1	
Vespertino_2	4468	3639	18.55%	1	12	6	7	8	9	5	3	4	2	10	11	13	14	1	
Nocturno	1976	1943	1.67%	1	13	12	9	8	2	3	5	4	6	7	10	11	1		

Cuadro 139: ABC de pesos en ruta de recolección¹⁴

Lugar/Punto	kg	porcentaje	porcentaje acum	Clasificación
Restaurante 1	252	14%	14%	A
Entretenimiento 1	150	8%	22%	A
Restaurante 2	129	7%	29%	A
Restaurante 3	109	6%	35%	A
Punto de construcción 1	105	6%	41%	A
Punto de recolección 1	101	6%	47%	A
Restaurante 4	97	5%	52%	A
Punto de recolección 2	81	4%	57%	A
Restaurante 5	72	4%	61%	A
Restaurante 6	69	4%	65%	A
Restaurante 7	66	4%	68%	A
Apartamentos 1	65	4%	72%	A
Condominio 1	56	3%	75%	A
Punto de recolección 3	56	3%	78%	A
Entretenimiento 2	54	3%	81%	A
Punto de recolección 4	44	2%	83%	A
Punto de construcción 2	32	2%	85%	A
Restaurante 8	29	2%	87%	B
Local 1	28	2%	88%	B
Punto de recolección 5	27	1%	90%	B
Punto de recolección 6	20	1%	91%	B
Punto de recolección 9	18	1%	92%	B
Punto de construcción 3	17	1%	93%	B
Apartamentos 2	17	1%	94%	B
Cafetería 1	14	1%	95%	B
Restaurante 10	12	1%	95%	B
Restaurante 11	11	1%	96%	C
Restaurante 12	10	1%	96%	C
Punto de recolección 7	9	0%	97%	C
Condominio 2	7	0%	97%	C
Edificio 1	7	0%	98%	C
Punto de recolección 8	7	0%	98%	C
Cafetería 2	7	0%	99%	C
Kiosko 1	6	0%	99%	C
Punto x	4	0%	99%	C
Condominio 3	4	0%	99%	C
Cafetería 3	4	0%	100%	C
Restaurante 13	3	0%	100%	C
Punto de recolección 9	3	0%	100%	C
Edificio 2	2	0%	100%	C
Restaurante 14	0	0%	100%	C
Punto de recolección 10	0	0%	100%	C
Cafetería 4	0	0%	100%	C
	1805			

¹⁴ En el Cuadro 139 se puede observar desde *Restaurante 1* hasta *Punto de construcción 2* el 85% de los residuos que se obtienen en los puntos de recolección. Adicionalmente se pueden observar algunos puntos resaltados en negrita, estos hacen referencia a aquellos lugares donde hay restricción de inocuidad por ser lugares donde se sirven alimentos. Estos lugares fueron empleados para realizar nuevamente el análisis de redes solamente con los lugares donde se genera el mayor volumen de residuos incluyendo aquellos que tienen restricción.

Cuadro 140: Rutas de recolección mejoradas con clasificación ABC

Rutas sugeridas con mejora ABC										
Matutino_1	1	9	4	5	6	7	2	3	8	1
Vespertino_1	1	2	3	4	5	7	6	8	1	

Cuadro 141: Mejora de distancia con ABC

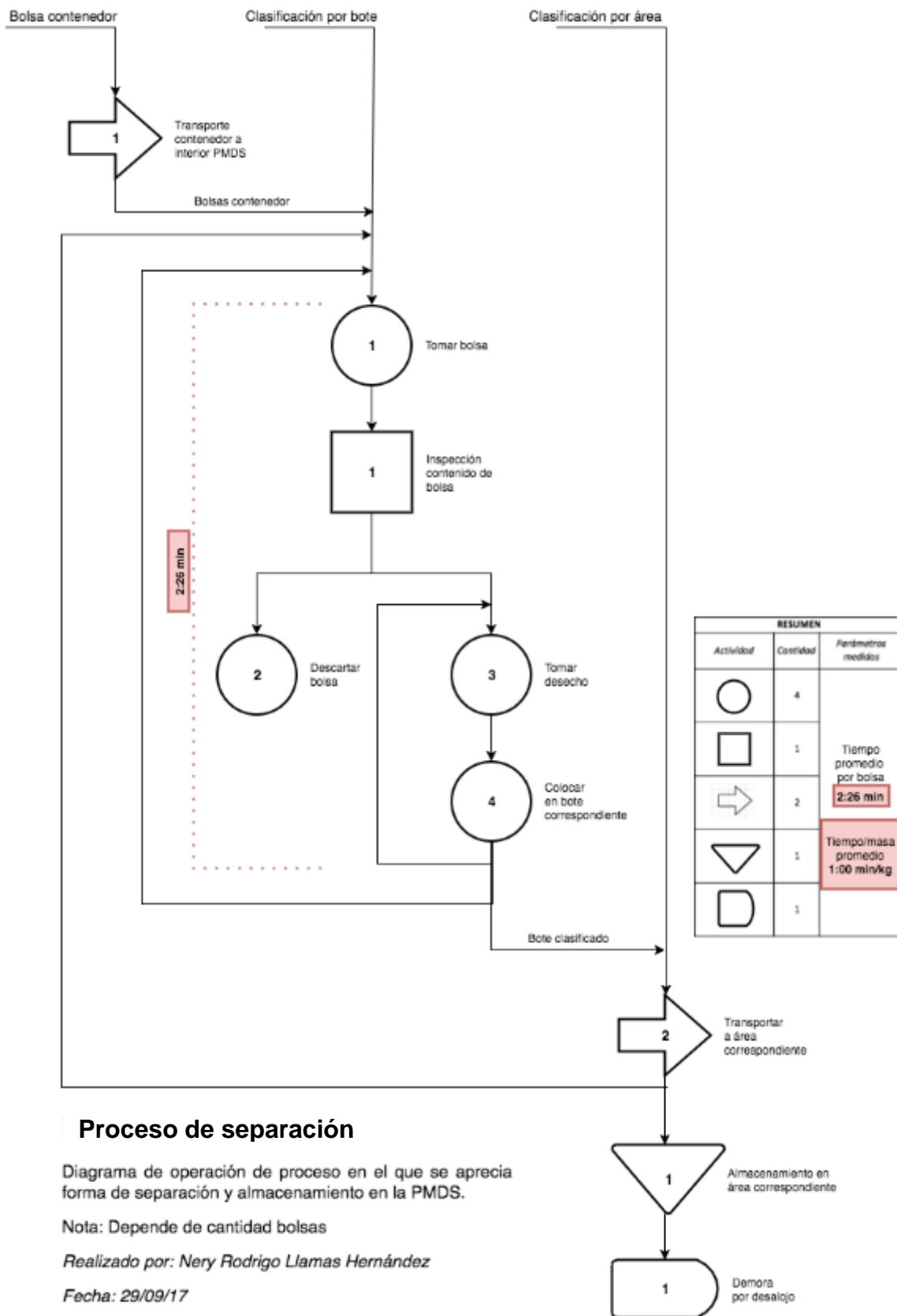
Jornada	Actual [m]	Mejora MAV [m]	Mejora ABC [m]	Mejora ABC vs Actual [m]	Mejora ABC vs MAV [m]
Matutino_1	6055	5888	5147	908	741
Matutino_2	5196	3346	3346	1850	0
Vespertino_1	6771	6367	5265	1506	1102
Vespertino_2	4468	3639	3639	829	0
Nocturno	1976	1943	1943	33	0
Total	24466	21183	19340	5126	1843

Cuadro 142: Resultados de mejora de proceso de recolección¹⁵

Mejora	Distancia			
	Diaria	Semanal	Mensual	Anual
Mejora MAV vs Actual [m]	3,250	22,750	91,000	1,092,000
ABC vs Mejora MAV [m]	1,843	3,686	14,744	176,928
Total [m]	5,093	26,436	105,744	1,268,928
Chevrolet N300 rinde 9.19 km/L de gasolina				
Cantidad de litros [L]	0.55	2.88	11.50	138.03
Precio por galon estimado = Q5.89				
Depreciación estimada de Q1.18/km				
Ahorro en Q	Q9	Q48	Q192	Q2,305

¹⁵ MAV hace referencia a *Modelo del Agente Viajero*, que fue el análisis de redes empleado para determinar mejoras en la ruta.

Figura 83: DOP mejorado de proceso de separación

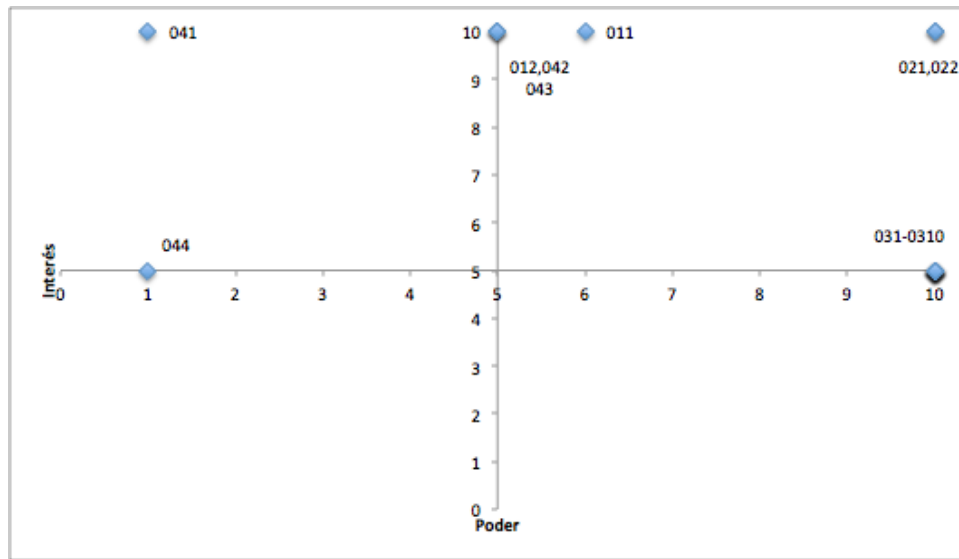


Cuadro 143: Resultados de mejora en proceso de separación

	tiempo prom/bolsa [min]	tiempo/kg de orgánico [min/kg]	kg de orgánico en 8 horas [kg]	Cantidad de bolsas en 8 horas [bolsas]
Actual	0:02:47	0:03:48	126	173
Optimizado	0:02:26	0:01:00	480	197
Mejora	0:00:21	0:02:48	354	24

2. Gestión de Proyectos

Figura 84: Cuadrante de interesados del proyecto

Cuadro 144: Estrategias a implementar con interesados del proyecto¹⁶

Cuadrante	Interesados	Estrategias a implementar
Gestionar atentamente	011, 012, 021, 022, 042, 043	<ul style="list-style-type: none"> Se deben tomar acciones para mantener o incrementar el interés
Mantener satisfecho	041	<ul style="list-style-type: none"> Capacitaciones sobre el manejo integral de residuos donde se recalque la importancia de su labor en el complejo comercial
Mantener informado	031-0310	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar técnicas para aumentar el poder en la realización del proyecto.
Monitorear	044	<ul style="list-style-type: none"> Invitar a charlas relacionadas con la realización de proyecto.

¹⁶ En el Cuadro se puede observar la codificación de los interesados.

Figura 85. Estructura de desglose de trabajo inicial

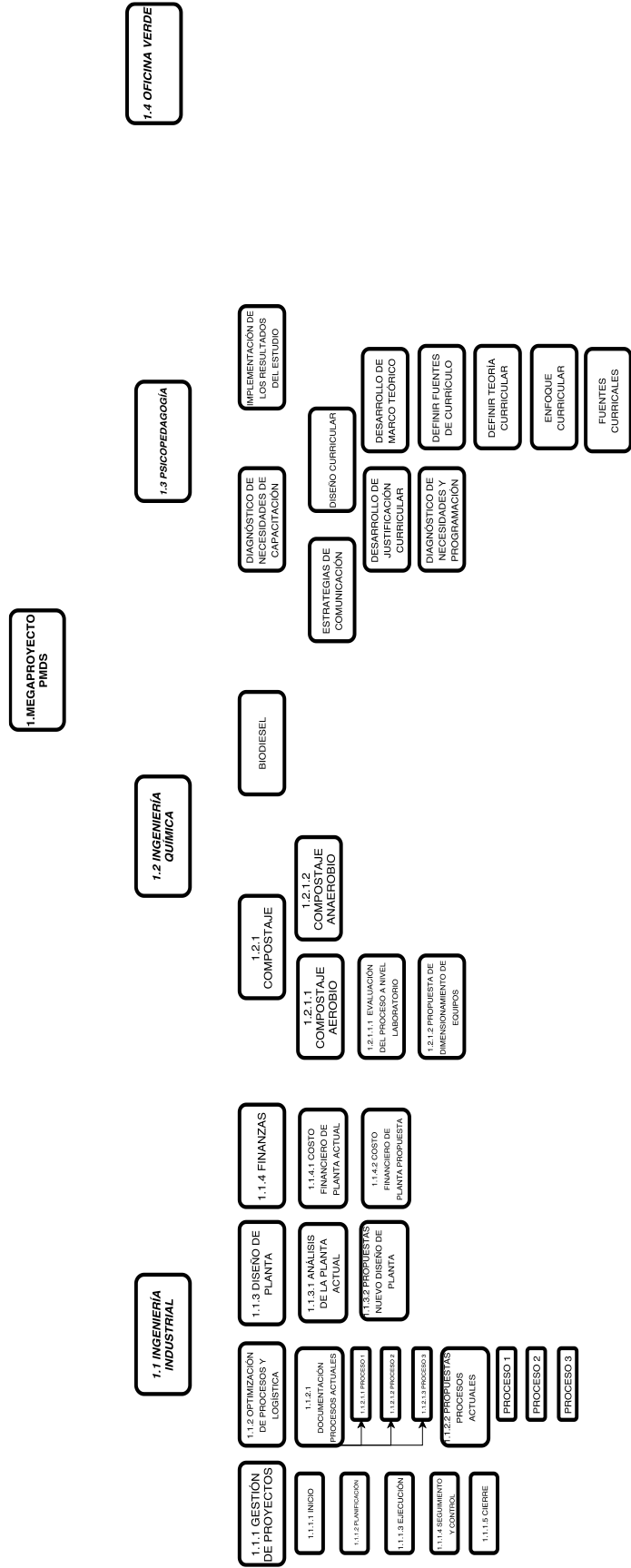


Figura 86. Estructura de desglose final

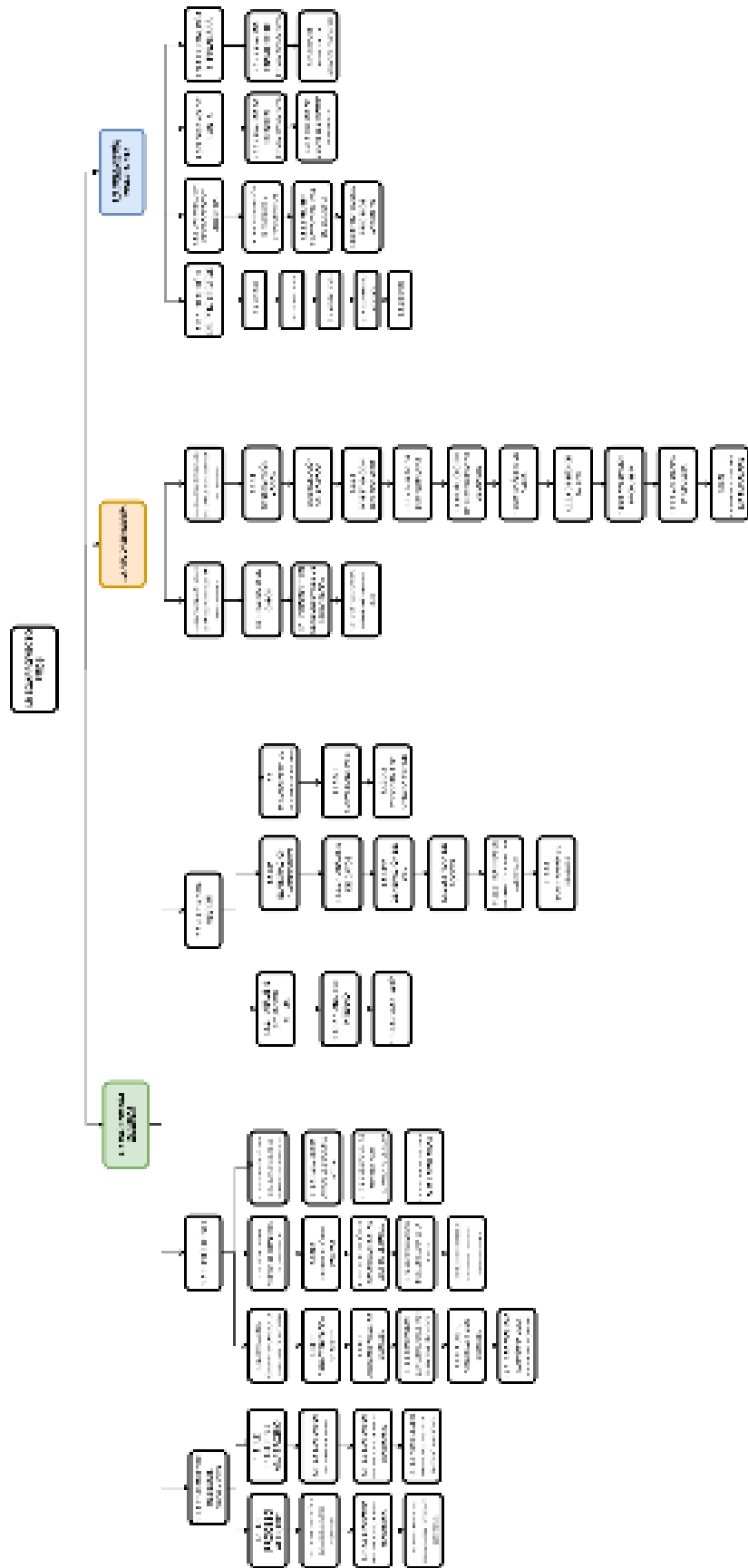


Figura 85: Matriz de gestión de riesgos para categorizarlos por impacto y probabilidad



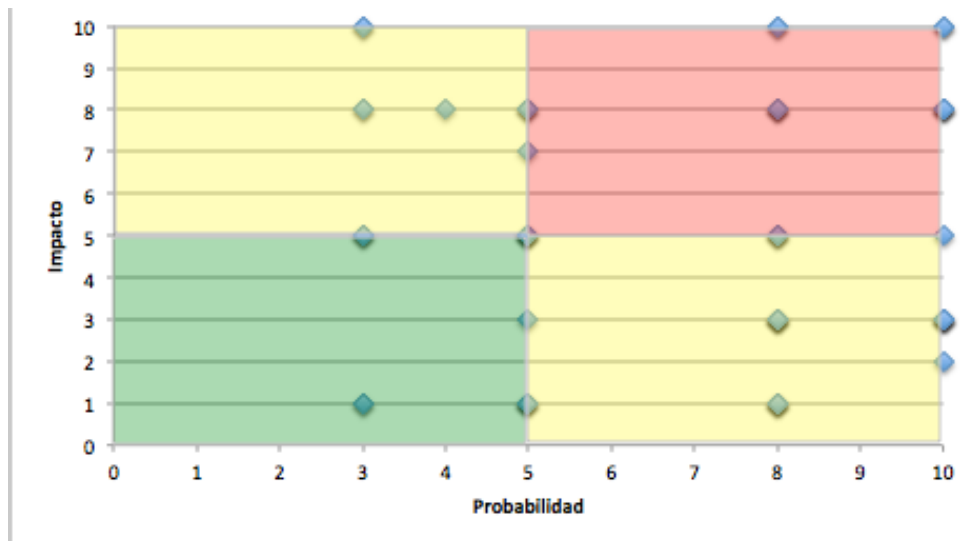
Impacto 	Alto	Considerar	PLANIFICAR RESPUESTA	PLANIFICAR RESPUESTA
	Medio	Desatender pero monitorear	Considerar	PLANIFICAR RESPUESTA
	Bajo	Desatender pero monitorear	Desatender pero Monitorear	Considerar
Clasificación de riesgos Probabilidad 	Bajo			

Figura 86: Cuadrante de riesgos categorizados en el proyecto



Cuadro 145: Clasificación de riesgos del proyecto según matriz de la Figura 86

Clasificación	IDs
Desatender pero monitorear	1.1.2.1a, 1.1.2.1.1b, 1.1.2.1.2a, 1.1.2.1.2b 1.1.2.1.3a, 1.1.2.1.4a, 1.1.2.1.4b, 1.1.2.1.4c, 1.1.2.1.4d, 1.1.2.1.5a, 1.1.2.1.5b, 1.1.2.1.5c, 1.1.2.1.5d, 1.1.2.2a, 1.1.2.3a, 1.1.3a, 1.1.3c, 1.1.3d, 1.1.3.1b, 1.1.3.1c, 1.1.3.1.2a, 1.1.3.1.2b, 1.1.3.1.2c, 1.1.3.1.2d, 1.1.3.3b, 1.2.1.2a, 1.3.1.2a, 1.3.2.2c, 1.3.3.1a
Considerar	1.1.1.1b, 1.1.2.1.1a, 1.1.3.1.1a, 1.1.3.1.1b, 1.1.3.1.1c, 1.1.3.1a, 1.1.3.2a, 1.1.3.2c, 1.1.3.3a, 1.1.3.3c, 1.1.3b, 1.2.1.1a, 1.2.1.1b, 1.2.2.2a, 1.3.2.1b, 1.3.3.1b
Planificar respuesta	1.1.1.1a, 1.1.2.1b, 1.1.2.1c, 1.1.2.1.3b, 1.1.2.1.3c, 1.1.3.2b, 1.2.1.3a, 1.3.1.1a, 1.3.1.2b, 1.3.2.1a, 1.3.2.2a, 1.3.2.2b, 1.3.4a

Cuadro 146: Plan de respuesta a riesgos con alta probabilidad e impacto del cuadro anterior

ID	Nombre	Riesgo	Plan de respuesta	Gestión
1.1.1.1a	PROCESO AEROBIO	La materia prima de cada lote tiene distintas proporciones de materiales lo que ocasiona una varianza en las características del compost	Tomar una muestra lo suficientemente amplia para que sea representativa de la planta y se disminuya la varianza por materiales ajenos a orgánicos.	Efectiva en lo posible. Por falta de valores comparables, se utilizaron los disponibles.
1.1.2.1b	Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel.	Resistencia de los restaurantes/cafeeterías a recolectar y donar el aceite usado.	Solicitar apoyo al complejo comercial para convencer a los restaurantes y cafeterías.	Se aconsejó y dejó claro al complejo comercial bajo que condiciones se hizo el análisis.
1.1.2.1c	Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel.	Resistencia del personal dentro del complejo comercial, para brindar información.	Solicitar a Cristián Rossi para que se facilite la información. En caso negativo, realizar supuestos válidos.	Afectó metodología y se tuvieron que realizar cambios.
1.1.2.1.3b	Selección planta Biodiésel por aspectos técnicos	Resistencia de los restaurantes/cafeeterías a recolectar y donar el aceite usado.	Solicitar apoyo al complejo comercial para convencer a los restaurantes y cafeterías	Se aconsejó y dejó claro al complejo comercial bajo que condiciones se hizo el análisis.

ID	Nombre	Riesgo	Plan de respuesta	Gestión
1.1.2.1.3c	Selección Planta Biodiésel por aspectos técnicos	Resistencia del personal dentro del complejo comercial, para brindar información.	Solicitar a Cristián Rossi para que se facilite la información. En caso negativo, realizar supuestos válidos.	Afectó metodología y se tuvieron que realizar cambios.
1.1.3.2b	Elaboración diagnóstico	Cambio del área de trabajo durante la elaboración del diagnóstico	Realizar plan de acción para adecuarlo al programa de oficina verde	Efectivo, se asignó como primera tarea del comité de oficina verde que se incluyera a las nuevas oficinas planeadas en el complejo comercial.
1.2.1.3a	Sistematización de los pasos en una guía	Accesibilidad y autorización para realizar las capacitaciones	Solicitar al complejo comercial para solicitar la autorización para realizar las capacitaciones en el restaurante.	Efectivo ya que con el apoyo del complejo comercial se realizaron las capacitaciones.
1.3.1.1a	INICIO	Variación en lo definido en el acta de constitución	Definir la triple restricción del proyecto a la brevedad posible.	Se estableció el acta con lo último que se acordó entregar, propuestas.
1.3.1.2b	PLANEACIÓN	Cambios en metodología por motivos externos ajenos a los miembros del equipo del proyecto.	Documentar cambios en alcance por factores externos.	Inefectivo, la metodología varió más de lo esperado.
1.3.2.1a	DOCUMENTACIÓN DE PROCESOS Y SITUACIÓN ACTUAL	Variación en el proceso realizado por las empresas tercerizadas.	Tener buena relación con los encargados tanto del proceso de recolección, como el de separación.	Efectiva, se tuvo relación directa con los encargados tanto de la empresa de recolección, como la de separación.
1.3.2.2a	PRUEBA PILOTO Y PRUEBA DE CULTURA	Resistencia de parte de inquilinos para adoptar una metodología de clasificación de desechos	Solicitar jerárquicamente a sus superiores que se dé el apoyo para implementar la metodología.	Efectiva, se percibió apoyo de parte de los inquilinos en algunos casos para la

ID	Nombre	Riesgo	Plan de respuesta	Gestión
				implementación de la herramienta
1.3.2.2b	PRUEBA PILOTO Y PRUEBA DE CULTURA	Que la prueba no sea lo suficientemente representativa	Tomar una muestra lo suficientemente grande para que sea significativa.	Es discutible un factor de error por falta de apoyo para conseguir interesados en la prueba.
1.3.4a	ECONOMÍA Y FINANZAS	Poca apertura a información financiera del complejo comercial	Solicitar a Cristián Rossi para que se facilite la información. En caso negativo, realizar supuestos válidos.	Se realizaron supuestos

Cuadro 147: Documento de cierre del proyecto

Documento de cierre - “Estudio técnico y propuesta para el manejo integral de residuos en un complejo comercial”
Lugar: Ciudad de Guatemala
Fecha: 16/10/17
<u>I. Descripción del proyecto</u>
El proyecto consiste en brindar propuestas sobre el manejo integral de residuos en un complejo comercial a través de un grupo multidisciplinario en diversas áreas.
<u>II. Detalle de entregables</u>
Se listan los entregables estipulados en la planeación del proyecto por área: <ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería Química <ul style="list-style-type: none"> ○ Tratamiento de residuos orgánicos <ul style="list-style-type: none"> ▪ Proceso aerobio <ul style="list-style-type: none"> ▪ [1] Propuesta de tratamiento de residuos a través de un proceso aerobio ▪ Proceso anaerobio <ul style="list-style-type: none"> ▪ [2] Propuesta de tratamiento de residuos a través de un proceso anaerobio ○ Biodiésel <ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluación técnica y económica de una planta de biodiésel <ul style="list-style-type: none"> ▪ [3] Propuesta de instalación de planta de biodiésel en el complejo comercial ▪

Documento de cierre - “Estudio técnico y propuesta para el manejo integral de residuos en un complejo comercial”


- Evaluación técnica de instalador de generador
 - **[4]** Propuesta de instalación de generador eléctrico que funcione con biodiésel
 - Evaluación técnica y económica del tratamiento de agua residual de biodiésel
 - **[5]** Propuesta de tratamiento de aguas residuales de biodiésel
 - **Oficina Verde**
 - **[6]** Programa de oficina verde
 - **[7]** Comité de oficina verde del complejo comercial
- **Psicopedagogía**
 - **[8]** Sistematización a través de una guía del manejo integral de residuos en un restaurante del complejo comercial
 - **[9]** Taller de capacitación sobre el manejo integral de residuos en una cafetería del complejo comercial
- **Ingeniería Industrial**
 - Optimización de procesos y logística
 - **[10]** Documentación de proceso de recolección
 - **[11]** Documentación de proceso de separación por bolsa
 - **[12]** Propuesta de mejora en proceso de recolección actual
 - **[13]** Propuesta de mejora de proceso de recolección a través de una nueva ruta
 - **[14]** Propuesta de mejora de proceso de separación
 - **[15]** Propuesta de implementación de basureros divididos en el complejo comercial en base a resultados
 - **[16]** Plan de necesidades del complejo comercial
 - Diseño de planta
 - **[17]** Propuesta de rediseño de planta
 - Economía y finanzas
 - **[18]** Propuesta de mejor situación del proyecto

III. Criterio de aceptación

Según lo establecido en el “Acta de Constitución” se cierra el proyecto “**Estudio técnico y propuesta para el manejo integral de residuos en un complejo comercial**” y considerando en la presente que el criterio de aceptación fue establecido como “**Brindar propuestas con el fin de mejorar el manejo integral de residuos aprobadas por asesores de cada una de las áreas**” se cierra el proyecto.

IV. Conformidad

Según lo establecido en los criterios de aceptación, *¿se presenta conformidad y aceptación con respecto a lo realizado para el cierre del proyecto?* [Marque con una X su elección]

Documento de cierre - "Estudio técnico y propuesta para el manejo integral de residuos en un complejo comercial"	
<input type="checkbox"/> Se presenta conformidad y aceptación	<input type="checkbox"/> No se presenta conformidad y aceptación
<u>V. Observaciones</u>	
<ul style="list-style-type: none"> - Según lo establecido en el objetivo del megaproyecto y el compromiso con el complejo comercial de brindar propuestas, se considera como conforme y cerrado el proyecto. - El proyecto aún cuenta con áreas de oportunidad por lo que se podría realizar una segunda fase del proyecto en la que se tomara el estudio como principal antecedente. 	
	
Firma Gerente del Proyecto Nery Rodrigo Llamas	

Cuadro 148: Lecciones aprendidas en el proyecto

ID	Actividad	Problema	Lección aprendida
1.1.1.1.1	Caracterización y evaluación de lotes producidos	Se tomaron muestras del reactor y esto afectó el balance de masa final del análisis.	No se deben tomar muestras del reactor que se está analizando. Se debe montar un reactor control de forma que se puedan obtener muestras del mismo y comparar las diferencias por esta mala práctica para tomarlas en cuenta en las conclusiones.
1.1.2.1.1 1.1.2.1.2	Caracterización aceite Caracterización biodiésel	No se cuenta con el equipo adecuado en la universidad para realizar un estudio adecuado de las variables necesarias. Algunos de los ejemplos mencionados fueron: determinación de capacidad calorífica del biodiésel, índice de cetano y cromatografía de gases.	Se debe visualizar desde el inicio del proyecto el análisis que será necesario realizar y con base en esto evaluar la viabilidad de realizarlo en una entidad externa o dirigir el estudio a un análisis realizable con los recursos disponibles.
1.1.2.2.3	Evaluación de posibles generadores	No se cuenta con suficientes proveedores de generadores que	Se debe prever y profundizar en el alcance real del proyecto a través de la gestión de riesgos,

ID	Actividad	Problema	Lección aprendida
	eléctricos y cálculo de la potencia del generador	funcionen con biodiésel en Guatemala	así como consultar con más de un experto acerca del tema.
1.1.2.2.3	Evaluación de posibles generadores eléctricos y cálculo de la potencia del generador	El complejo comercial indicó que únicamente necesitaría de una propuesta sobre el generador que funcionaría con biodiésel y no contempló la necesidad de un motor que todo generador conlleva.	Determinar las necesidades de cada uno de los requerimientos y comprobar los supuestos de cualquier fuente de información.
1.1.1.2.2	Evaluación de procesos a nivel laboratorio	No se contempló la cantidad de reactores que se tendrían que montar para contar con una base estadística.	Reforzar con teoría estadística cualquier estudio que se realice.
1.2.1.1.3	Encuestas a colaboradores	Se tuvo que cambiar modelo estadístico de la prueba por disposición accidental del restaurante.	Realizar encuestas de forma personal para asegurar que se ejecute lo planeado.

I. Módulo 9: Taller de capacitación para la enseñanza a colaboradores de una cafetería en un complejo comercial acerca del manejo de los residuos

1. Entrevista a colaboradores

Cuadro 149: Porcentaje de colaboradores que conocen conceptos básicos de educación ambiental y diferencias entre ellos.

Criterio	Total	
	Sí conoce	No conoce
Conocimiento de lo que es clasificación de residuos	87%	13%
	Sí diferencia	No diferencia
Diferencia entre residuo orgánico e inorgánico	47%	53%

Nota: Se observa que el 87% de los entrevistados conoce lo que es clasificación de residuos y un 13% no conoce. El 47% de los entrevistados conoce la diferencia de residuo orgánico e inorgánico, el 53% no.

Cuadro 150: Cultura de manejo de residuos en espacio de trabajo, conocido y propio

Criterio	Total	
	Si	No
Clasificación personal de residuos	-	100%
	Si	No
Experiencia previa de clasificación de residuos en espacios de trabajo	47%	53%
	Si	No
Convivencia con alguna persona que clasifican residuos	27%	73%

Nota: Se observa que el 100% de los entrevistados no clasifica residuos. El 47% ha laborado en empresas que clasifican, el 53% no. El 27% de los entrevistados conoce a alguien que clasifique, el 73% no.

Cuadro 151: Disposición para considerar sistema de manejo de residuos

Criterio	Sí		No
¿Se podría clasificar en esta cafetería?	87%		13%
¿Cuál podría ser una limitante de clasificar en esta cafetería?	Tiempo	Espacio	Educación
	37%	26%	21%
	falta de compromiso	cultura	Seguimiento
	5%	5%	5%
	Total de limitantes mencionadas		19

Nota: Se observa que el 87% de los entrevistados considera si se podría clasificar en la cafetería que labora, el 13% considera que no. El 37% considera que una limitante para elaborar el proyecto es tiempo, 26% espacio, 21% educación, 5% falta de compromiso, 5 % seguimiento.

Cuadro 152: Concepto de residuo y desecho.

Definición	Desecho	Residuo
Se tira	13%	7%
Basura	47%	27%
Sobras	7%	33%
No sirve	33%	13%
Material que se reutiliza		13%
Extra		7%

Nota: Se observa que el 13% considera que el desecho es lo que se tira, 47% basura, 7% sobras y 33% no sirve. En cuanto a residuo el 7% considera que es lo que se tira, 27% basura, 33% las sobras, 13% lo que no sirve otro 13% material que se reutiliza y 7% extra.

2. Observación








Cuadro 153-Tabulación de observaciones sobre el manejo de residuos sólido actual de cafetería.

Área	Separación	Orgánico	Papel/cartón	Plástico	Metal	Vidrio	# depósitos
Bar	NO	NO	SI (cartón, tetrapack)	SÍ	NO	SÍ	8
Limpieza de platos	NO	SÍ	SI (papel, servilletas)	SÍ	NO	SÍ	4
Crepas	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	10
Horno	NO	SÍ	NO	NO	NO	NO	1
Cocina	NO	SÍ	SÍ (limpiadores)	SÍ	NO	NO	9
Lavaplatos	NO	SÍ	NO	NO	NO	NO	3

Nota: Se observa que no existe ningún tipo de separación de residuos en la cafetería, se observa el depósito de material orgánico, papel, cartón, plástico y vidrio. No se observó depósito de metal. Los botes que tienen depósito frecuente es del área de preparación de crepas, área de bar y área de cocina.

3. Validación de taller a continuación se presentan los comentarios y sugerencias de los expertos, resultados de la rúbrica para evaluar el diseño de la planificación, resultados de la verificación de actividades para que respondan al propósito del taller y resultados de la validación de tiempo de implementación.

Cuadro 154: Sugerencias y comentarios de expertos

<p style="text-align: center;">Propuesta de planificación taller de capacitación Importancia del manejo de residuos sólidos en cafetería</p> <p>Tema: Importancia del manejo de residuos sólidos Tiempo disponible: 1 hora</p> <p>Objetivo de taller:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propiciar espacios de reflexión sobre el problema de manejo de residuos a nivel nacional. • Promover la conciencia ecológica acerca de la importancia del manejo de residuos sólidos desde la raíz en espacios de trabajo. <p>Características de la población foco:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todos los colaboradores deben tener habilidades de lectura y escritura. <p>Condiciones necesarias para desarrollar el taller:</p> <p>Preparar un salón libre de ruido y distracción. A continuación los recursos sugeridos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilidad para conectar computadora y proyector • 1 mesa amplia para acomodar material • Sillas (Dependerá de la cantidad de participantes) <p>Acomodación de espacio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sillas en una media luna frente a la pantalla o espacio de proyección • Mesas contra la pared, en estas colocar marcadores, lápices, hojas de papel y post its en la mesa. <p>Metodología de la enseñanza Para planificar este taller, se utilizó metodología andragógica. Se enfoca considerando el siguiente interés de la andragogía: "centrar intereses en el participante adulto, como ente responsable, autogestor de su proceso de aprendizaje, comprometido consigo mismo. El facilitador, por su parte, se encarga de perfeccionar las estrategias de enseñanza y aprendizaje" (Caraballo, 2004).</p> <p>Se realizarán actividades de enseñanza aprendizaje con enfoque andragógico:</p> <p>Razonamiento deductivo: Se desarrollarán métodos de razonamiento deductivo en donde se va de lo general a lo específico. Este comienza dando paso a los datos en cierta forma válidos, para llegar a una deducción a partir de un razonamiento de forma lógica o suposiciones</p> <p>Discusión no estructurada: Consiste en presentar un problema simple, establecer diferentes opiniones. Es menos formal, la discusión es breve y sencilla.</p>	<p> Estuardo Guardia ¿Cuál es la diferencia entre objetivo de la capacitación y objetivos para los adultos que asisten al taller?</p> <p> Helga Ramírez de Lino a nivel nacional.</p> <p> Helga Ramírez de Lino ¿de la población objetivo?</p> <p>¿Y no tiene idea del nivel de escolaridad? Pues eso le puede ser de mucha utilidad para planificar el nivel que utilizará en su Taller.</p> <p> Helga Ramírez de Lino Como está explicando las condiciones, le sugiero ser más específica. Y redactarlas, separándolas e identificándolas con viñetas, por ejemplo.</p> <p>Luego, mencione los recursos que usará (de igual forma).</p> <p> Helga Ramírez de Lino ¿Esto también es parte de las condiciones?</p> <p>Por cuestión de forma, le sugiero que utilice un formato en donde pueda identificar títulos y subtítulos claramente. Inclusive, le recomiendo que use nomenclatura (I. A. 1. a.)</p> <p> Estuardo Guardia Ahí te acuerdas de colocar algo de esto en el marco conceptual.</p> <p> Helga Ramírez de Lino Como es una cita textual, agregue el número de la página, así: Caraballo (2004:58)</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Técnica de estudio de casos: Consiste en presentar de manera precisa, breve y resumida la descripción de una determinada situación real o ficticia, para su discusión en grupos, con la finalidad de proponer soluciones.

Técnica de pizarra silenciosa: Esta se trata de proveer un tiempo silencioso de reflexionar, generar ideas, comprobar el aprendizaje, desarrollar proyectos o resolver problemas. Puede utilizarse productivamente con cualquier grupo, estudiantes, profesores, participantes del taller, comités. Se hace completamente en silencio, da a los grupos un cambio de ritmo y contemplación reflexiva.

Técnica de árbol de problemas: Técnica participativa que permite identificar problema y organizar información recolectada, generando relaciones como causas y efectos.

Técnica de análisis de texto:

Contenido declarativo	Contenido procedimental	Contenido actitudinal
Definición de residuo y desecho	Identifica fenómenos provocados por la contaminación ambiental.	Reflexiona acerca de las consecuencias negativas que ha provocado el ser humano a través de sus acciones.
Características de residuo orgánico e inorgánico	Identifica problemas de contaminación ambiental en su contexto. Analiza causas y efectos de la acumulación de basura. Describe características de los elementos orgánicos e inorgánicos	Valora la importancia de actuar a favor de mejorar el sistema de manejo de la basura en su país. Relaciona las acciones diarias de consumo con el impacto al sistema de manejo de residuos nacional.
Diferencia entre un residuo sólido orgánico e inorgánico	Ejemplifica residuos sólidos orgánicos e inorgánicos con los que está relacionado.	Toma decisiones que propicien la implementación de un sistema de manejo de la basura que favorezcan a la comunidad.
	Clasifica residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.	



Estuardo Guardia
Aspectos de organización del área del trabajo.
¿Haz pensando cuál es el ideal? Habría que describirlo.




Helga Ramírez de Lino
Relaciona





Helga Ramírez de Lino
Diferencia


Desarrollo de actividades

Tiempo	Actividades	Recursos
Inicio	Mientras los colaboradores entran al salón en donde se desarrollará el taller, proporcione gafetes o stickers para que cada uno escriba su nombre o cómo desea ser llamado.	Stickers, gafetes y marcadores
2 min.	<ul style="list-style-type: none"> Presentación de facilitador. Presentación de objetivos de taller 	Computadora y cañonera
3 min.	<p>Actividad rompe hielo:</p> <p>Decir: "Les pediré por favor que fomen un post it de los meses y escriban 2 oraciones sobre su vida, una verdadera y una falsa. Por ejemplo: -Yo nunca he leído un libro completo -Una vez manejé un tráiler. No compartan sus oraciones con nadie aún."</p> <p>Proporcione 1 minuto para que escriban sus oraciones. Decir: "En parejas formando turnos, la pareja A compartirá sus oraciones y el compañero B adivinará cuál es verdadera y cuál es falsa. Después el compañero B seguirá el mismo procedimiento." Si cree que los participantes necesitan más o menos tiempo proporciónelo, mientras que la actividad no dure más de 3 minutos.</p>	Post its, lapiceros, lapiceros
5 min.	<p>Mostrar video sobre contaminación ambiental, simultáneo a vela deritiendo.</p> <p>Decir: "¿Cuál cree que fue el propósito de mostrar este video?, ¿Qué pensó o sintió al ver el video?, ¿Qué relación tiene el video con Guatemala?"</p> <p>Espere algunos minutos para escuchar comentarios.</p>	<p>Video</p> <p>Computadora</p> <p>Bocinas</p>
5 min. Lectura	<p>Lectura</p> <p>Decir: "A cada uno de ustedes les daré una copia de un artículo que fue publicado en un periódico local, tomarán un tiempo para leer el artículo, mientras lee resalte, ya sea subrayando o circulando alguna parte que le llame la atención. Puede ser más de una sección. Si no termina de leer el artículo, no se preocupe."</p> <p>Proporcionar 5 minutos para que los participantes lean el artículo.</p> <p>Decir: "Les pido que ahora hagamos grupos de 3-4 (depende de la cantidad de participantes), cada</p>	<p>Artículo de periódico</p> <p>Lapiceros, resaltadores, lápices</p>

 **Estuardo Guardia**
 Hay que revisar el uso de las palabras bilingüe y facilitador. ¿Cuál escoges? Asegúrate de mantener esa palabra a lo largo del taller?

 **Estuardo Guardia**
 Recuerda agregar el vínculo para la presentación. Y cuando se imprima todo, hay que agregar en anexo las diapositivas.

 **Helga Ramírez de Lino**
 ¡Qué bonita actividad!
 redacta todo en un mismo estilo. En algún momento, da la impresión que no trató la información textual, convirtiéndola en personalzada.

 **Helga Ramírez de Lino**
 Lo ideal sería que pudieran llevar gafetes para identificar a los participantes. Así puede usted tener más control de lo que trabajan. Ellos se sentirán reconocidos... ¡Y lo pondrán más atención, pues saben que usted los identifica!!

 **Estuardo Guardia**
 me tomó 8 minutos leerlo.


Glosario:

Desechos: son la parte de la basura que no será reciclada, debido a que carece de utilidad o valor o son productos contaminantes o tóxicos, como ejemplo la basura hospitalaria, la radiactiva y los vertidos y materiales sólidos de las diferentes industrias.

Inorgánico: Todo ese residuo que ha sido formado por procesos químicos y no se degrada naturalmente.

Orgánico: Todo lo que proviene de los restos de organismos vivos como plantas, animales y residuos del ambiente que se degrada fácilmente con el tiempo o la temperatura.

Residuos: son aquellos que si bien son basura, pueden tener una segunda vida, ya sea reutilizándolos o reciclandolos.

 **Estuardo Guardia**
 De dónde se obtuvo las definiciones del glosario. Considere valioso una sección de referencia, de donde se están tomando las definiciones.

Cuadro 155: Rúbrica para evaluar el plan de taller de capacitación

Criterios	Bien	Regular	Insuficiente	Punteo
Objetivos (7 pts)	Todos los objetivos son congruentes y se relacionan con los contenidos y actividades. 7pts	La mayoría de los objetivos son congruentes y se relacionan con los contenidos y actividades. 4pts	La relación entre los objetivos , los contenidos y actividades, es confusa e insuficiente.1pt	7
Contenido (7.5pts)	Todos los contenidos son congruentes para lograr los objetivos. 7.5pts	La mayoría de los contenidos son congruentes para lograr los objetivos.4.5pts	Los contenidos son insuficientes para el logro de los objetivos.1pt	
Actividades de desarrollo (7.5pts)	Las actividades de desarrollo permiten la ejercitación y fortalecimiento de habilidades para adquirir conocimientos en forma sistematizada y aplicarlos a diferentes contextos. 7.5 pts	Las mayoría de las actividades de desarrollo permiten la ejercitación y fortalecimiento de habilidades para adquirir conocimientos en forma sistematizada y aplicarlos a diferentes contextos 4.5 pts	Las actividades de desarrollo no permiten la ejercitación para adquirir conocimientos y aplicarlos en contextos determinados.1pt	7.5
Secuencia de actividades (7 pts)	Las actividades de apertura, desarrollo y cierre mantienen una secuencia lógica contribuyente al desarrollo de los objetivos.7 pts.	Sólo algunas actividades de apertura, desarrollo y cierre mantienen una secuencia lógica contribuyente al desarrollo de los objetivos. 4 pts	Las actividades de apertura, desarrollo y cierre no mantienen una secuencia lógica contribuyente al desarrollo de los objetivos.1pt	7
Recursos didácticos (7 pts)	Todos los recursos didácticos son suficientes y congruentes con las actividades. 7 pts	Algunos recursos didácticos son suficientes y congruentes con las actividades. 4 pts.	Los recursos didácticos no son suficientes y no son congruentes con las actividades. 1pt	7
Tiempos (7 pts)	Los tiempos planteados por actividad son suficientes permitiendo realizar las actividades de manera completa. 7pts.	Algunos tiempos planteados por actividad son suficientes permitiendo realizar las actividades de manera completa. 4 pts.	Los tiempos planteados por actividad son insuficientes para realizar las actividades.1 pt	1
Criterios e instrumentos de evaluación (7 pts)	Los criterios e instrumentos de evaluación son congruentes con las actividades y objetivos a desarrollar. 7 pts.	Algunos criterios e instrumentos de evaluación son congruentes con las actividades y objetivos a desarrollar. 4 pts.	Los criterios e instrumentos de evaluación son incongruentes con las actividades y objetivos a desarrollar. 1pt	7

Cuadro 156: Verificación de tiempos de desarrollo de actividades

Actividad desarrollada	Minutos para su desarrollo	Minutos sugeridos
Bienvenida, introducción y presentación de objetivos	45 Segundos	2 minutos
Actividad Rompe hielo	5 minutos	3 minutos
Instrucción para ver video y reflexión sobre este.	4:41 minutos	5 minutos
Lectura individual e instrucciones para realizarla.	6:27 minutos	5 minutos
Instrucciones para actividad lectura de tres textos, organización de grupo y desarrollo de la misma.	6:35 minutos	5 minutos
Comentario grupal sobre el texto.	5:50 minutos	No se sugirió
Explicación de lo que es árbol de problemas y desarrollo de este basado en tema del artículo.	9:50 minutos	5 minutos
Presentación de conceptos y verificación de aprendizajes	17 minutos	10 minutos
Instrucciones de plática de pizarra, desarrollo de esta y comentarios finales.	10 minutos	5-7 minutos
Explicación de encuestas de satisfacción y su desarrollo	3:07minutos	2 minutos

Cuadro 157: Lista de cotejo para verificar actividades de planificación respondan a los objetivos del taller según perspectiva de participante

Encuesta		
Criterios	Si	No
Los participantes conocen los objetivos del taller.	100%	
La actividad rompe hielo permite que se cree una atmósfera cálida y amigable.	95%	5%
El video que se observó es apropiado para iniciar tema de contaminación ambiental.	100%	
La reflexión del video permitió que los participantes identificaran fenómenos provocados por la contaminación ambiental.	100%	
El texto de artículo, orienta al participante a centrarse en la realidad local.	100%	
Los participantes tienen conversaciones activas entre sí sobre el artículo.	100%	
La técnica de árbol de problemas permite que los participantes listen causas y efectos de la falta de manejo de residuos sólidos en el país.	100%	
La exposición de conceptos permite enriquecer características de los residuos orgánicos e inorgánicos de la lluvia de ideas previa que hicieron los participantes.	95%	5%
La técnica de plática de pizarra permitió que los participantes expresaran de manera escrita, ideas para iniciar un sistema de manejo de residuos en su espacio de trabajo.	100%	
El tiempo propuesto para cada actividad fue el necesario para el desarrollo de las mismas.	95%	5%
El material utilizado es apropiado para el desarrollo de las actividades.	100%	

J. Módulo 10: Sistematización en una guía, de los pasos establecidos para la enseñanza-aprendizaje del manejo integral de los residuos dentro de un restaurante de comida rápida ubicado en un complejo comercial

A continuación, se presentan los resultados obtenidos luego de la tabulación de los cuestionarios, diarios de campo y encuestas aplicadas a colaboradores y gerente del restaurante de comida rápida.

1. Instrumento 1- Observación al observar los seis basureros que se encuentran ubicados alrededor de la cocina del restaurante se identificó que en pocas ocasiones los residuos fueron colocados en recipientes incorrectos. La información obtenida en el diario se presenta de forma resumida en el Cuadro 158. Para visualizar la información completa, (ver anexo J. inciso F y J. inciso G)

Cuadro 158: vaciado de diario de campo

	Observación #1
Basurero 1 – Plástico y cartón	<ul style="list-style-type: none"> • 1 caja de cartón grande • Bolsas de plástico
Basurero 2- Residuos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Tortas de huevo • Panqueques • Tortas de salchicha
Basurero 3 – papel y plástico	<ul style="list-style-type: none"> • Papel parafinado • Plásticos protectores • Vasos de papel
	Observación #2
Basurero 1- Poso de café	<ul style="list-style-type: none"> • Poso de café • Vaso de duroport. • Filtro de café
Basurero 5 – papel y plástico	<ul style="list-style-type: none"> • 2 cajas de leche • Servilletas • Individuales para azafates
Basurero 6 – Residuos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Papel parafinado • Queso amarillo en rodaja • 2 pedazos de pan de hamburguesa

2. **Instrumento 2- Encuesta a colaboradores** el objetivo de este instrumento fue el recolectar información de los procesos de capacitación, relacionados al manejo integral de los residuos (ver anexo J.B). Al consultar a los colaboradores acerca del concepto de manejo integral de los residuos, ellos consideran que consiste en separar, clasificar, reciclar la basura y no contaminar. Se evidencia un concepto diferente entre los colaboradores, ver Cuadro 159.

Cuadro 159 respuesta de colaboradores de su interpretación del tema manejo integral de residuos

	Separar	Clasificar	Reciclar	No contaminar	No contestó
No. de personas	2	3	2	2	1

En la pregunta número dos, se pregunta la maneja en la que clasifican los residuos dentro de la cocina del restaurante. Los colaboradores respondieron que algunas de las categorías son, orgánico e inorgánico, cartón, plástico y papel y por último residuos orgánicos. Según las observaciones y entrevista con gerente, dentro de la cocina del restaurante se separan los residuos en cuatro categorías, waste crudo, plástico y papel, plástico y cartón, poso de café (ver Cuadro 160). Resultados pregunta 2 (ver anexo J. inciso H)

Cuadro 160 Mencione las categorías en las que se clasifican los residuos dentro de la cocina de este restaurante:

	Residuos orgánicos	Orgánico e inorgánico	Papel y plástico	Café	Plástico
No. de personas	2	5	2	1	3

3. **Instrumento 3- Encuesta a gerente** los resultados obtenidos de esta encuesta (ver anexo J.C) permiten identificar coincidencia con los resultados del instrumento dos. En donde se describe el proceso de inducción el cual dura dos meses, éste es evaluado de forma periódica por el gerente y se refuerza una vez al mes por medio de una capacitación.

4. **Instrumento 4- entrevista a gerente** el objetivo de este instrumento es conocer de manera detallada los pasos implementados para la enseñanza del manejo integral de residuos, las prácticas desarrolladas en la empresa y los perfiles de los colaboradores (ver anexo J.E). Al consultarle al gerente acerca de los pasos detallados de la inducción al personal de nuevo ingreso, respecto al tema de manejo integral de residuos, describió que este se realizaba de manera general, en donde se le presenta a los colaboradores las cuatro áreas en donde se estarán desempeñando, estas son: fritos, despacho, autoservicio y cafetería. En estas cuatro

áreas se manejan residuos, por esta razón se les muestra a los colaboradores los recipientes según cada categoría y durante la práctica ellos van clasificándolos, según su desempeño, los colaboradores reciben realimentación por parte del gerente.

El gerente comentó que sus colaboradores trabajan de manera responsable, son comprometidos y les gusta trabajar en equipo. Refiere que ellos le comentan que cuando se hagan capacitaciones de preferencia que estas sean lúdicas y con recursos visuales, ya que, si les piden realizar lecturas, ellos no cuentan con el tiempo suficiente para realizarlas.

Luego el gerente finalizó indicando que es importante el contar con una guía por escrito en donde se establezcan los estándares de enseñanza aprendizaje para el proceso de inducción, ya que esto unificaría los temas y estrategias implementados en beneficio del restaurante.

5. Proceso de validación el taller de refuerzo y la sistematización fueron validados por juicios de expertos, los cuales utilizaron una rúbrica que mide exactamente los criterios. A continuación se presentan las rúbricas de los talleres propuestos:

Cuadro 161: Rúbrica de validación de experto para taller de refuerzo
Para validar el taller de capacitación propuesto reforzar el tema de manejo integral de los residuos, se solicitó la colaboración de una experta en el tema, quien llenó esta rúbrica y agregó sus comentarios para sugerir algunos cambios, con el fin de aportar mejoras a las de las prácticas.

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
Estructura del taller	La estructura del taller contempla la presentación lógica y secuencial de procedimientos y actividades didácticas.	La estructura del taller contempla medianamente la presentación lógica y secuencial de procedimientos y actividades didácticas.	La estructura del taller Contempla la presentación poco clara de procedimientos y actividades didácticas.
	La estructura del taller contempla la participación de todos los colaboradores.	La estructura del taller contempla la participación de la mayoría de colaboradores.	La estructura del taller no contempla participación de los colaboradores.
	La planificación del taller es coherente con los objetivos de aprendizaje.	La planificación del taller es medianamente coherente con los objetivos de aprendizaje.	La planificación del taller no es coherente con los objetivos de aprendizaje.

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
	La estructura del taller contempla el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.	La estructura del taller contempla medianamente el tiempo Pertinentes para el desarrollo de la misma.	La estructura del taller no contempla el tiempo Pertinentes para el desarrollo de la misma.
Objetivos	Todos los objetivos son coherentes con las actividades descritas en la planificación.	Algunos objetivos establecidos con las actividades descritas en la planificación.	Los objetivos establecidos no son coherentes con las actividades descritas en la planificación.
Desarrollo de contenido	Todos los contenidos son congruentes para lograr los objetivos planteados.	La mayoría de contenidos permiten el logro de los objetivos planteados.	Los contenidos son insuficientes para el logro de los objetivos planteados.
Distribución de tiempo	Los tiempos planteados por actividad son suficientes, para realizar las actividades de manera completa.	Algunos tiempos establecidos por actividad son suficientes para la realización de la mayoría de actividades	Los tiempos establecidos por actividad son insuficientes para la realización de las actividades
Recursos utilizados	Todos los recursos materiales y didácticos son congruentes con las actividades.	Algunos recursos didácticos y materiales son congruentes con las actividades.	Los recursos didácticos y materiales no son congruentes con las actividades.
Instrumento de evaluación	Todas las preguntas del instrumento de evaluación son congruentes con las actividades realizadas y brindan la información necesaria para el análisis de resultados.	Algunas preguntas del instrumento de evaluación son congruentes con las actividades realizadas y brindan la información necesaria para el análisis de resultados.	No todas las preguntas del instrumento de evaluación son incongruentes con las actividades realizadas y no brindan la información necesaria para el análisis de resultados.
<p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Me parece excelente tu planteamiento. Te felicito por ser consistente en incluir la palabra "colaboradores" MUY BIEN!! • Ojo con el planteamiento en la propuesta con los verbos, todos deben estar en futuro, y tildar los verbos, ejemplo: realizarán, elaborarán, reflexionarán, etc. • Los términos que una vez uses con la primera letra en mayúscula, debes colocarlo así consistentemente en todo el texto. • Utilizas varias fuentes de consulta (referencias bibliográficas), las citas dentro del texto, pero al final de tu propuesta, debes presentar una lista completa de las referencias (eso falta). • Como verás en la rúbrica, en todo el desarrollo del taller lo evalué como SUFICIENTE. Me parece que tu trabajo está muy bien mediado para la audiencia, es muy creativo. Mi única observación es en relación a la EVALUACIÓN. Puedes combinar evaluación numérica, en escala de 0 a 5 o de 0 a 10, y además pedir evaluación cualitativa. Si pides evaluación en escala numérica, en tus resultados, podrás presentar gráficas, lo cual es muy bueno para tus reportes, es muy visual y adecuado para tu audiencia (megaproyecto / ingenieros). 			

Rúbrica elaborada por: Jaime Méndez Barrientos (2015)

Adaptada por: Jessica Morales (2017)

Cuadro 162: Rúbrica de validación de experto para evaluación de taller de inducción
 Para validar el taller de capacitación propuesto para el proceso de inducción, se solicitó la colaboración de una experta en el tema, quien llenó esta rúbrica y agregó sus comentarios para sugerir algunos cambios, con el fin de aportar mejoras a las de las prácticas.

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
Estructura del taller	La estructura del taller contempla la presentación lógica y secuencial de procedimientos y actividades didácticas.	La estructura del taller contempla medianamente la presentación lógica y secuencial de procedimientos y actividades didácticas.	La estructura del taller contempla la presentación poco clara de procedimientos y actividades didácticas.
	La estructura del taller contempla la participación de todos los colaboradores.	La estructura del taller contempla la participación de la mayoría de colaboradores.	La estructura del taller no contempla participación de los colaboradores.
	La planificación del taller es coherente con los objetivos de aprendizaje.	La planificación del taller es medianamente coherente con los objetivos de aprendizaje.	La planificación del taller no es coherente con los objetivos de aprendizaje.
	La estructura del taller contempla el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.	La estructura del taller contempla medianamente el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.	La estructura del taller no contempla el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.
Objetivos	Todos los objetivos son coherentes con las actividades descritas en la planificación.	Algunos objetivos establecidos con las actividades descritas en la planificación.	Los objetivos establecidos no son coherentes con las actividades descritas en la planificación.
Desarrollo de contenido	Todos los contenidos son congruentes para lograr los objetivos planteados.	La mayoría de contenido permite el logro de los objetivos planteados.	Los contenidos son insuficientes para el logro de los objetivos planteados.
Distribución de tiempo	Los tiempos planteados por actividad son suficientes, para realizar las actividades de manera completa.	Algunos tiempos establecidos por actividad son suficientes para la realización de la mayoría de actividades	Los tiempos establecidos por actividad son insuficientes para la realización de las actividades

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
Recursos utilizados	Todos los recursos materiales y didácticos son congruentes con las actividades.	Algunos recursos didácticos y materiales son congruentes con las actividades.	Los recursos didácticos y materiales no son congruentes con las actividades.
Instrumento de evaluación	Todas las preguntas del instrumento de evaluación son congruentes con las actividades realizadas y brindan la información necesaria para el análisis de resultados.	Algunas preguntas del instrumento de evaluación son congruentes con las actividades realizadas y brindan la información necesaria para el análisis de resultados.	No todas las preguntas del instrumento de evaluación son incongruentes con las actividades realizadas y no brindan la información necesaria para el análisis de resultados.
Comentarios: Excelente!! Buena mediación de la información. Presentada de forma pertinente y relevante. Tannia de Castañeda, M.A.			

Rúbrica elaborada por: Jaime Méndez Barrientos (2015)

Adaptada por: Jessica Morales (2017)

Cuadro 163: Rúbrica de validación de experto respecto a la sistematización de los pasos Para validar la sistematización propuesta respecto al manejo integral de los residuos dentro de la cocina de un restaurante de comida rápida, se solicitó la colaboración de una experto en el tema de procesos de inducción y manejo de residuos, quien llenó esta rúbrica y agregó sus comentarios para sugerir algunos cambios, con el fin de aportar mejoras a las de las prácticas.

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
Sistematización	La estructura de la sistematización contempla la presentación lógica y secuencial de procedimientos realizados en el restaurante.	La estructura de la sistematización contempla medianamente la presentación lógica y secuencial de procedimientos realizados en el restaurante.	La estructura de la sistematización contempla la presentación poco clara de procedimientos realizados en el restaurante.
	La estructura de la sistematización	La estructura de la sistematización contempla la	La estructura de la sistematización no

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
	contempla la participación de todos los colaboradores.	participación de la mayoría de colaboradores.	contempla participación de los colaboradores.
	La planificación del taller es coherente con los objetivos de aprendizaje.	La planificación del taller es medianamente coherente con los objetivos de aprendizaje.	La planificación del taller no es coherente con los objetivos de aprendizaje.
Objetivos	Todos los objetivos son coherentes con las actividades descritas a lo largo de la sistematización.	Algunos objetivos establecidos con las actividades descritas a lo largo de la sistematización.	Los objetivos establecidos no son coherentes con las actividades descritas a lo largo de la sistematización.
Taller	La estructura del taller contempla el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.	La estructura del taller contempla medianamente el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.	La estructura del taller no contempla el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.
	La estructura del taller contempla los conocimientos pertinentes a desarrollar en los colaboradores, acorde a las necesidades del restaurante.	La estructura del taller contempla los conocimientos medianamente pertinentes a desarrollar en los colaboradores, acorde a las necesidades del restaurante.	La estructura del taller no contempla los conocimientos pertinentes a desarrollar en los colaboradores, acorde a las necesidades del restaurante.
Desarrollo de contenido	Todos los contenidos son congruentes para lograr los objetivos planteados.	La mayoría de contenidos permiten el logro de los objetivos planteados.	Los contenidos son insuficientes para el logro de los objetivos planteados.
Marco teórico	Toda la teoría es congruente para la fundamentación de la sistematización.	La mayoría de la teoría es congruente para la fundamentación de la sistematización.	La teoría es insuficiente para la fundamentación de la sistematización.
Distribución de tiempo	Los tiempos planteados por actividad son suficientes, para realizar las actividades de manera completa.	Algunos tiempos establecidos por actividad son suficientes para la realización de la mayoría de actividades	Los tiempos establecidos por actividad son insuficientes para la realización de las actividades

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
Recursos utilizados	Todos los recursos materiales y didácticos son congruentes con la sistematización propuesta.	Algunos recursos didácticos y materiales son congruentes con la sistematización propuesta.	Los recursos didácticos y materiales no son congruentes con la sistematización propuesta.
Instrumento de evaluación (lista de cotejo)	Todas las preguntas del instrumento de evaluación son congruentes con la sistematización propuesta y brindan la información necesaria para el análisis de resultados.	Algunas preguntas del instrumento de evaluación son congruentes la sistematización propuesta y brindan la información necesaria para el análisis de resultados.	No todas las preguntas del instrumento de evaluación son incongruentes con la sistematización propuesta y no brindan la información necesaria para el análisis de resultados.
<p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere el realizar planes piloto antes de proponer el uso de un recurso. • Respecto al tiempo establecido para cada actividad en la planificación del taller, se sugiere expandirlos, ya que las actividades son más largas de lo que se piensa. • El darle seguimiento a una propuesta también permite el ver mejores resultados. • En la evaluación de conocimientos se sugiere el utilizar una métrica a KPI para evidenciar aprendizajes y que estos sea comparable. 			

Rúbrica elaborada por: Jaime Méndez Barrientos (2015)

Adaptada por: Jessica Morales (2017)

VIII. DISCUSIÓN RESULTADOS

A. Módulo 1: Evaluación y propuesta para el diseño preliminar de compostera con sistema aeróbico en un complejo comercial”

El objetivo general de este proyecto era realizar un diseño preliminar, de acuerdo a proyecciones de recolección de materia orgánica, para el uso de una compostera considerando las características evaluadas a escala laboratorio, para proponer un sistema apropiado. Se evaluó el resultado de producción actual y un proceso a escala laboratorio para determinar las propiedades del sistema a lo largo del proceso.

Se evaluó el resultado de producción actual en el complejo comercial considerando los criterios básicos de propiedades químicas que posee el compost para establecer las condiciones en las que trabaja actualmente. A las muestras obtenidas del complejo comercial se les realizaron diversas pruebas entre las que se tienen la humedad, pH, relación C:N, entre otros (Ver Cuadro 44). Las muestras que se analizaron fueron de 2 lotes distintos. El Lote No. 1 consistía de un conjunto de desechos que aún se encontraba en el proceso de descomposición dentro de la compostera. El Lote No. 2 se encontraba en proceso de secado luego de que se considera que el material había terminado su proceso de descomposición.

Los resultados obtenidos (Cuadro 44) se compararon con los datos teóricos obtenidos en base a los requerimientos generales de las plantas según Román y Martínez, PROMIX y Anacafé. Los valores teóricos corresponden a parámetros establecidos para un proceso de compostaje según la fase de descomposición en la que se encuentra, las cantidades promedio de N, P_2O_5 y K_2O , y los requerimientos generales de micronutrientes en un fertilizante para nutrir de manera adecuada a las plantas. El análisis de los parámetros se realizó considerando los límites establecidos y proporcionando etiquetas en base estos valores. En base a los datos obtenidos por los análisis realizados en un laboratorio externo, el pH de las muestras de ambos lotes producidos en el complejo comercial, son superiores al límite de 8.5 establecido con valores de 8.76 y 8.63 respectivamente. Los parámetros que luego de ser analizados presentan un valor aceptable son: la relación C:N, para ambos lotes, y %N y $\%P_2O_5$ para el lote No. 1. Los parámetros evaluados que presentaron valores del material inferiores a los esperados y por lo tanto con límites bajos, fueron: $\%K_2O$, $\%CaO$, $\%MgO$ y ppm S para ambos lotes, y %N y $\%P_2O_5$ para el lote No. 2. Los parámetros evaluados que presentaron valores del material superiores a los esperados y por lo tanto con límites altos, fueron: ppm B, ppm Cu, ppm Zn y % Materia Orgánica. En el caso de ppm

Fe y Mn, no se tienen valores establecidos de los requerimientos, pero según PROMIX, la absorción de estos nutrientes varía considerando las condiciones de pH de la tierra.

De acuerdo a los parámetros mencionados anteriormente y lo establecido por PROMIX, valores inferiores al rango aceptable, implica un uso de nutrientes extra obtenidos de fertilizantes químicos. Valores superiores a lo establecido podrían afectar a las plantas en un exceso de nutrientes, esto se puede regular tomando en cuenta las características del suelo y la capacidad de las plantas para aceptar y retener dichos nutrientes. La absorción del hierro y manganeso dependerán de las condiciones de pH finales que tenga el medio para garantizar la absorción por las plantas, considerándolo así, el parámetro de control más importante. Al comparar directamente ambos lotes, se observa como el tiempo de degradación que tienen las materias orgánicas afectan directamente a la cantidad de nutrientes que se presentan.

Como se observa en la Figura 48, se tiene el registro del control de temperatura realizado para un lote en proceso de descomposición del complejo comercial. Las temperaturas para este lote fueron tomadas tres veces al día por lo que se puede observar la variación de temperatura que existe en relación a las condiciones ambientales a distintas horas del día. Sin embargo, las temperaturas registradas se mantienen por debajo de los 25°C. Considerando que las temperaturas fueron registradas desde el día de inicio del proceso de descomposición, se puede observar en base a las fases del compostaje; que este compost no tuvo un aumento de temperatura significativo correspondiente a la fase mesófila que se esperaba según Román y Martínez. Por otro lado, debido al uso de Bactercompost como se indica en el Cuadro 22, este tipo de microorganismos debería afectar la temperatura de una manera más significativa. Evaluando la temperatura registrada, se determina que en realidad no existió identificación óptima de las fases de compostaje que propone Benedetti como las óptimas para un trabajo de compostaje utilizando. Una fuente de error en estas mediciones, consiste en una mala calibración del termómetro utilizado. Se observó que el termómetro mostraba temperaturas muy bajas cuando se encontraba a temperatura ambiente.

Al observar la Figura 3, el comportamiento esperado de temperatura durante el proceso de degradación, muestra un aumento considerable en la fase termófila. Este comportamiento no se observa en las temperaturas registradas por el complejo comercial (Figura 48), lo que conlleva que el proceso de degradación no ocurrió por la actividad de degradación de los microorganismos. A pesar de las bajas temperaturas monitoreadas, y por las observaciones realizadas de los

parámetros anteriores, la calidad del compost procesado tiene valores coherentes de cantidad de nutrientes respecto a los propuestos teóricamente.

En el cuadro 45, se muestran las cantidades de material utilizado para las muestras de compost realizadas a escala laboratorio. Este se clasifica en material orgánico, que consiste de aquellos restos de comida obtenidos como producto de las actividades del complejo comercial y material de poda obtenido a partir del mantenimiento y corte de áreas verdes del complejo comercial. En la tabla, se expresa la razón del material orgánico/poda para cada sistema realizado a escala laboratorio, este valor varía de 3.26 a 4.53.

En las Figuras 49 y 50 se observan las temperaturas monitoreadas para las muestras evaluadas a escala laboratorio. En el caso de la temperatura monitoreada de la muestra 0, ilustrada en la Figura 49, se observa como la temperatura del sistema depende en cierto grado de la temperatura ambiente. En este caso, la temperatura del sistema alcanzó los 40°C significando así, que se logró alcanzar la fase mesófila y termófila en el proceso. Como se puede observar a partir del día 15, la temperatura del sistema fue disminuyendo ocasionando así, el llegar a la parte mesófila 2, como lo indica Benedetti, hasta un descenso de la temperatura donde; la temperatura del sistema y del ambiente se mantienen similares llegando a la fase de maduración.

En la Figura 50, se muestran las temperaturas evaluadas para las muestras 1, 2 y 3 a escala laboratorio, y se tienen temperaturas de hasta 31°C. De igual manera, se observa un comportamiento en función de la temperatura ambiente, es por este motivo que los datos son muy variables debido a que la muestra se procesó en época de temperatura ambiente fluctuante, humedad variable y el control de la temperatura se realizó a distintas horas del día. En esta gráfica, se observa de igual manera una tendencia al comportamiento de las fases del proceso de descomposición como indica Benedetti.

Se debe tomar en cuenta como la medición de temperatura para los sistemas del laboratorio afectaron la toma de datos. En el caso de la muestra 0, se utilizó una termocupla con incertidumbre $\pm 0.01^\circ\text{C}$ lo que garantizaba datos de temperatura significativos. Además, este equipo se mantenía siempre en equilibrio dentro del sistema haciendo así, más precisa la medición. En el caso de las siguientes muestras, se utilizó un termómetro sumergible que debía llegar al equilibrio con el material antes de realizar la lectura, y así lograr una medida estable y confiable. Esto conlleva un error que se mantiene durante todo el análisis, considerando un cambio de la temperatura del

material por efecto de ser manipulado y puesto en contacto con el aire, evitando una lectura de la temperatura real dentro del sistema.

Al analizar los valores del contenido de humedad, se observa en el cuadro 46, que los valores correspondientes para el contenido de agua y sólidos totales mínimos y máximos para las muestras evaluadas a escala laboratorio. Al evaluar este criterio con los datos teóricos esperados de humedad para este proceso, se llega a la conclusión que tanto la muestra 0 y 2 presentaron un máximo de humedad por encima del límite recomendado de humedad en el sistema según los datos teóricos (Cuadro 1); mientras que las muestras 1 y 3 mantuvieron una tendencia de humedad apropiada. En el caso del contenido máximo de agua, se puede observar como este varía dependiendo del sistema, lo cual pudo ser influenciado por la humedad del ambiente; logrando así, un incremento en la humedad. A pesar de valores de humedad altos para las muestras 0 y 2, estos se monitorearon en los primeros días del proceso de descomposición, lo que indica una pérdida de agua por evaporación o por lixiviación provocando una disminución en la humedad del sistema.

La cantidad de sólidos totales obtenidos en los sistemas presentaron un máximo de 59.65%. Este valor se ve influenciado por el contenido de humedad mínimo, que corresponde a la cantidad de sólidos al inicio del sistema. Los valores mínimos de sólidos en el sistema se mantienen variables dependientes del contenido de humedad máximo. Como se observa en el Cálculo 1 y 2, los valores de contenido de agua y cantidad de sólidos totales dependen de las masas de material seco y húmedo.

Según Benedetti, el pH es uno de los parámetros más importantes de controlar durante el proceso de compostaje. El rango recomendado es de 4.5 a 8.5. Al analizar las muestras evaluadas a escala laboratorio, se tienen valores de pH por encima del rango máximo permitido. El pH alcanzado llegó de ser mayor a 10 lo que indica una cantidad excesiva de nitrógeno en el medio y en consecuencia una relación deficiente C: N. Este problema se resolvió agregando cantidad de material seco con alto contenido de carbono.

En el Cuadro 48, se presentan los datos de la densidad promedio para las muestras analizadas a escala laboratorio. La densidad presentada en este cuadro corresponde a densidad compactada. Es por esta razón que los valores de densidad obtenidos no concuerdan los valores esperados

teóricos según el Cuadro 1. El promedio de densidad para los sistemas evaluados de 1,058.13 kg/m³.

Se evaluó el resultado de las características finales de producción a escala laboratorio para comparar con el sistema actual. A las muestras, se les realizaron las mismas pruebas que a lo producido en el complejo comercial (Ver Cuadro 49). Se analizaron las 4 muestras a escala laboratorio que fueron procesadas para la obtención de las condiciones de temperatura, humedad, pH y densidad identificados.

Los resultados obtenidos (Cuadro 49) se compararon con los datos teóricos obtenidos en base a los requerimientos generales de las plantas según Román y Martínez, PROMIX y Anacafé, de De acuerdo a los datos obtenidos por los análisis realizados en un laboratorio externo, los pH de las muestras de los lotes producidos poseen valores superiores del límite de 8.5 establecido como el adecuado.

Los parámetros que luego de ser analizados presentan un valor aceptable son: para la muestra 0, C:N, %P₂O₅; para la muestra 1, 2 y 3, %P₂O₅. Los parámetros que presentan un valor inferior a lo esperado son: %CaO, %MgO y ppm de S para todas las muestras; y para las muestras 1, 2 y 3, C:N. Los parámetros que presentan valores superiores a lo esperado para todas las muestras son: pH, %N, %K₂O, ppm B, ppm Zn y % Materia orgánica. En el caso de ppm Fe y Mn, no se tienen valores establecidos de los requerimientos, pero según PROMIX, la absorción de estos nutrientes varía considerando las condiciones de pH de la tierra.

De acuerdo a los parámetros analizados anteriormente, y considerando que la mayoría de parámetros se encuentran en niveles altos de nutrientes y micronutrientes que se degradan mientras se realiza el proceso de descomposición, se puede analizar que el proceso de descomposición en el momento de la evaluación de los parámetros no fue completo. Otra explicación a las cantidades altas de nutrientes radica en sí, en el proceso de aireación y trituración que se les dio como tratamiento a las materias orgánicas. Sin embargo, se debe tomar en cuenta las características del suelo y regular la cantidad de nutrientes que se le agrega a la tierra para lograr índices de nutrientes y micronutrientes adecuados en base a la capacidad de las plantas para aceptar y retener los nutrientes. Como se mencionó anteriormente, el pH es el parámetro más importante de control de degradación.

Es necesario mencionar que para realizar el proceso de compostaje a escala laboratorio, se realizó una reducción del tamaño de partícula utilizando un procesador de alimentos (Ver Cuadro 180 para especificaciones). Esto se realizó con el objetivo de acelerar el proceso de descomposición y aumentar la superficie de contacto de las partículas con el aire; como menciona Benedetti. De igual manera, se considera que no se utilizaron microorganismos especiales para el proceso de descomposición. En este caso no se cuantifican debido a que los microorganismos presentes en la materia orgánica eran los únicos que iban a interactuar, además de aquellos que el ambiente expusiera a cada uno de los sistemas. Durante el proceso de compostaje se encontraron distintos insectos que lograron interactuar con cada una de las muestras analizadas. Inicialmente, se encontraron pequeñas poblaciones de hormigas y por ser un proceso evaluado a la intemperie ellas tenían acceso al sistema. De igual manera al observar en días posteriores, una especie de gusanos se alimentaba del compost. Considerando que la presencia de invertebrados en el medio es de beneficio para el proceso se recomienda evitar en lo posible el uso de insecticidas y plaguicidas a menos que se considere necesario y exista una plaga que no puede ser controlada. Estos métodos de control de plagas deben aplicarse de acuerdo a las recomendadas que se especifiquen en las instrucciones del producto.

El proceso aeróbico de compostaje requiere de un constante contacto de las partículas de compost con el oxígeno del aire. Es por este motivo que en las muestras realizadas a escala laboratorio el material era aireado de manera manual realizando volteos. Al momento de realizar los volteos, se tomaba en cuenta realizar la separación del material para que los poros se mantuvieran en contacto con el aire.

En un Cuadro 50, se presentan los balances de masa correspondientes a las muestras analizadas a escala laboratorio. Estos datos se obtuvieron a partir de las masas inicial y final del sistema que se cuantificaron durante las pruebas realizadas. El balance de masa se realizó en base a las ecuaciones 6, 7, 8 y 9 en las que se analizó el balance general de materia, balance de sólidos y balance de agua; así como la cuantificación de las pérdidas en base a las condiciones en las que se operó el sistema durante el proceso.

Las pérdidas de sólidos en el sistema son principalmente causadas por el muestreo que se realizó para medir todas las características y propiedades de cada uno de los sistemas durante su proceso de degradación. Este tipo de pérdidas ocurrió debido a que las muestras que se analizaban para pH o humedad no se devolvieron al sistema para continuar su descomposición. Este tipo de pérdidas afectaría en baja medida a un proceso en una planta industrial, pero si conlleva pérdidas considerables a escala laboratorio. De igual manera, se obtuvieron pérdidas no

cuantificables de sólidos debido a los insectos que se encontraron en los sistemas se alimentaban del material. Por otro lado, al realizar los volteos manuales se utilizaban guantes, los cuales siempre retenían parte de la materia orgánica provocando así otra cantidad de pérdidas. Las pérdidas que fueron monitoreadas y contabilizadas fueron las debidas a los análisis realizados.

Las pérdidas de agua en el sistema son principalmente causadas por el proceso de evaporación del agua contenida como humedad y la generación de lixiviados por parte de los materiales. Este tipo de pérdidas no fueron cuantificadas debido a que no se conoce la cantidad de lixiviados producidos en cada uno de los muestreos. En el caso de los sistemas evaluados, se observó que la evaporación ocasionada por las altas temperaturas del ambiente genera pérdidas de humedad en el sistema. Las pérdidas del sistema consisten en la sumatoria de las pérdidas de sólidos y pérdidas de agua que se mantuvieron a lo largo de todo el proceso. Se muestra en el Cálculo 4 el balance de materia realizado para la muestra 0.

Para obtener un indicador de la conversión de la materia orgánica se contempló el balance de masa de sólidos, para lo cual se compara el valor inicial de sólidos, considerando la humedad, en el sistema con el producto final del compostaje obtenido y las pérdidas de sólidos mencionadas anteriormente. Se obtuvo una conversión del 82.20% del material orgánico como compost final. El rendimiento de producción de compost a partir de desechos orgánicos con un previo tratamiento de reducción de partícula se encuentra en un rango teórico de 20 a 24% según Huerta, Soliva, y Zaloña, y el valor experimental promedio obtenido de las muestras es de 17.80% ocasionando de esta manera un porcentaje de error de 19.09%.

De acuerdo a planos proporcionados por el complejo comercial, se calculó la capacidad del área designada para el compostaje tomando en cuenta dos posibles configuraciones geométricas de una pila de compost. Las dimensiones del área que se tiene designada fueron de 2.20 m por 4.50 m para cada cámara, en total se cuentan con dos cámaras. Considerando que no se conoce el ángulo de reposo para el compost en sí, éste se aproximó al ángulo de reposo de la turba, de 60° y al ángulo de reposo de tierra húmeda de 45°. Esta aproximación fue posible debido a que la turba al igual que el compost se obtiene a partir de un proceso de descomposición natural del material orgánico y el producto final tendrá características similares a la tierra negra. Con los parámetros anteriores, se tiene que para una pila triangular al comparar un ángulo de reposo de 45° y 60° esto proporciona una altura total de la pila de 1.10 y 1.90 m respectivamente. Lo que genera un volumen total de 2.662 m³ y 4.611 m³ una capacidad de masa de 2,816.66 kg y 4,878.60 kg respectivamente. De igual forma, se calculó una pila trapezoidal con un ángulo de reposo de

45° y 60°, sin embargo, debido a que estos ángulos generan alturas de pila bajas, el uso de una pila trapezoidal reduce el volumen de almacenamiento en la pila.

Al analizar los datos de recolección y separación de desechos con datos provenientes de la planta de manejo de desechos sólidos en el complejo comercial, y considerando todos los residuos separados, se realizó la proyección respecto de los meses de enero a diciembre para el año 2016 y 2017 presentados en el Cuadro 20. La cantidad de residuos analizados para septiembre a diciembre de 2017 está compuesta por la media de la distribución normal del total de residuos reportados de enero a agosto de 2017, con un factor de estacionalidad de acuerdo al comportamiento del total de residuos reportados de septiembre a diciembre de 2016. Se obtuvo un aumento en la variación de residuos totales separados de la planta lo que equivale a un aumento del 14.34%. De acuerdo a la capacidad del área designada para el compost, se estimó que es posible almacenar en una pila triangular la cantidad prevista que corresponde al año 2021 considerando un ángulo de reposo del material de 60°. Esto, funciona, si para cada cámara, se realizan dos pilas de compostaje utilizando en cada una, el equivalente a un mes de recolección de material orgánico.

El esquema preliminar de la Figura 51, representa las entradas y salidas propuestas para un proceso de compostaje a realizar en el complejo comercial. Para la realización de este se tomó como base de cálculo 100 kg de materia orgánica que entran a una trituradora con un contenido de humedad variable de entre 50 a 70%. El proceso que se propone requiere de un tamiz para asegurar que toda la materia que pasa por la trituradora tenga un tamaño de partícula homogéneo. El equipo que se propone para lograr estos dos procesos en simultáneo se encuentra en el Cuadro 182. El flujo de material que entra a la compostera tiene la característica de un tamaño de partícula de 14 mm de diámetro obtenido a partir del uso del tamiz propuesto, en el diagrama de flujo se observan todos aquellos flujos de materia que deben influir en el proceso de descomposición como lo son: microorganismos, aire y los subproductos que son: CO₂, metano, calor, agua evaporada y lixiviados.

En el diagrama de flujo no se especifica qué tipo de mecanismos se utilizaron para que el aire entra al sistema. Por lo que se debe tomar en cuenta para el futuro diseño de este sistema un posible proceso de agitación mecánica o bien un sistema de aireación forzada como lo propone Román y Martínez. El sistema de aireación forzado requeriría del suministro de oxígeno a partir de un esquema como el mostrado en la Figura 4. De igual manera, se les debe realizar un tratamiento adecuado a los lixiviados ya sea que estos se utilicen para humectar la materia

orgánica en caso que sea necesario por tener niveles muy bajos de humedad o de no ser utilizados realizar su tratamiento respectivo en una planta de tratamiento de agua. Como se observa en la Figura 41, se tiene el espacio determinado para la recolección de lixiviados, y se debe evaluar que exista una pendiente adecuada para que estos lleguen al tanque y no se acumulen en las cámaras de compostaje.

Las masas y condiciones de materiales que entran a cada uno de los sistemas propuestos en el diagrama de flujo se detallan en el Cuadro 54. Luego del proceso se obtiene una cantidad de compost correspondiente a un rendimiento del 20% teórico para un proceso de compostaje. Este material se hace pasar por una criba para garantizar el tamaño de partícula final. En este paso, se estiman residuos proporcionales al 1%.

En el diagrama de flujo no se detallan la cantidad de microorganismos, CO₂, calor, agua evaporada o lixiviados producidos; esto debido a que no se cuenta con los datos correspondientes en relación a la materia orgánica que entra al sistema. Durante la experimentación estos parámetros no fueron controlados por lo que no fue posible cuantificar cada uno de ellos.

B. Módulo 2: Evaluación de proceso anaeróbico para tratamiento de residuos sólidos orgánicos en un complejo comercial

El presente trabajo surge como una alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos sólidos del complejo comercial estudiado. Actualmente, los restos de alimentos y jardinería, son clasificados en el centro de acopio para ser separados de residuos inorgánicos; y se introducen en una compostera, donde a través de tratamiento aerobio se obtiene abono utilizado en los jardines. Para estudiar una opción diferente de tratar estos productos, este trabajo se enfocó en evaluar el proceso de generación de biogás, para considerar un tratamiento anaerobio en el manejo residuos sólidos orgánicos del complejo.

Para realizar una investigación sobre el mejor escenario de degradación, se montaron cuatro digestores por lotes a escala laboratorio trabajando a temperaturas termofílicas. Realizar el montaje con sistemas por lotes permitiría proporcionar a los microorganismos que actuaban en la digestión, un único sustrato y acelerar su paso a la fase exponencial, permitiendo obtener mejores desempeños (Rocha, 2015). Además, debido a la dependencia de temperatura de la velocidad de

crecimiento de las bacterias, se trabajó bajo condiciones termofílicas, para de igual manera permitir acelerar el proceso de digestión y obtener mayores producciones de biogás (Varnero, 2011).

Los cuatro biorreactores montados fueron cargados con aproximadamente 1.8 L de material orgánico proveniente del complejo, mezclado en relación 1:1 con agua. RA, RB y RC, tenían una salida para la toma de muestras, con el fin de monitorear primordialmente el pH, ya que es uno de los parámetros que más influye en la actividad microbiológica (Varnero, 2011), (Njoroge, 2015). El digestor RD fue tomado como referencia, éste no tenía salida para muestras. Es decir, se dejó la misma cantidad de material que ingresó, actuar sin extraer nada; ello para lograr determinar la cantidad máxima de biogás que se podía generar.

La mezcla ingresada a los reactores fue un lodo constituido básicamente de restos de verduras y frutas, y una porción igual de agua. Los residuos orgánicos provenientes del comercial estaban constituidos de: ejote, chile pimiento, elote, lechuga, güicoy, zanahoria, cebolla, zucchini, repollo, limón, tomate, papa, pepino, aguacate, uvas, manzana, piña, naranja y cáscara de huevo. A este material, se le redujo el tamaño de partícula con un triturador de alimentos, esto ya que una de las estrategias para aumentar la velocidad de degradación, es un pretratamiento de disminución de tamaño de partícula (IDEA, 2007).

Se determinó las características fisicoquímicas de este material, como se presenta en el Cuadro 56. Los parámetros de mayor interés para considerar ese residuo a ser sometido a una digestión anaerobia eran el pH, y su contenido de carga orgánica, expresado como DQO o SV. El pH de la materia prima tenía un valor adecuado para las primeras etapas de la digestión, ya que como se indica en marco teórico; el pH se encontraba en el rango en el cual las bacterias acidogénicas actúan de forma óptima.

Los valores de DQO y SV varían considerablemente dependiendo del sustrato, sin embargo, sus valores demuestran una alta carga orgánica. El valor de 96% SV indica que se contaba con suficiente carga orgánica para lograr generar biogás. El valor de DQO fue expresado como mayor a 1,650 mg/L; ya que las pruebas fueron realizadas con viables "High Range", del sistema Hach, debido que no se contaba con viables "High Range Plus" para detección de DQO mayores. Razón por la cual, al realizar la prueba se llegó al límite detectado para el vial empleado. Sin embargo, el valor obtenido proporciona información acerca del alto contenido de carga orgánica presente en el residuo.

El experimento fue desarrollado durante 15 días, ya que durante los últimos días ya no se presentó variación en el volumen de biogás generado. Esto coincide con la teoría, ya que para condiciones termofílicas el tiempo de retención es de 10 a 15 días. Durante este tiempo, se realizaron mediciones cada 12 horas, a las 9:30 am y 9:30 pm, de la temperatura del sistema de calentamiento y medición del nivel de agua en cada sistema de captura de biogás. Esto se debe a que uno de los controles más críticos en este tipo de digestión es la temperatura, más aún si se trabaja a condiciones termofílicas, ya que cualquier variación en la temperatura, afecta directamente la acción de los microorganismos.

La temperatura promedio de operación fue de 54.70 ± 0.91 °C con una desviación estándar de 2.82 °C (Cuadro 199). Esto indica que se operó en el rango óptimo de la condición termofílica¹⁷, sin embargo, una desviación arriba de 1 °C, es considerada una variación brusca para los microorganismos, la cual puede desestabilizar el proceso (Njoroge, 2015). Como sistema de calentamiento se tenía un calentador de inmersión, sumergido en un recipiente lleno de agua donde se encontraban los digestores. El principal inconveniente con este calentador, fue las altas temperaturas que alcanzaba, por lo que ocasionalmente debía desconectarse o añadir agua a temperatura ambiente al sistema para evitar que sobrepasara los 60 °C. El desconectar y añadir agua impedía que la temperatura subiera bruscamente, pero también hacía que bajara, no a rangos inferiores al deseado, pero sí que se obtuviera una desviación que pudo haber afectado la actividad microbiológica.

El monitoreo de nivel de agua, permitió conocer la tendencia de generación de biogás para RB, RC, y D. Para RA, no se logró capturar el gas generado. Debido que todos los digestores fueron trabajados con las mismas condiciones (sustrato, temperatura y nivel de pH), la posible causa pudo deberse a fallas en las uniones del sistema. El pegamento utilizado para pegar el tubo de PVC (utilizado para la toma de muestras) y manguera de plástico (utilizado para transportar el gas), debía asegurar un cierre hermético para evitar el escape del biogás. Para RA, se observó que estas uniones no se encontraban completamente selladas, por lo que se agregó más pegamento, pero no se consiguió capturar más de 25 mL. Por esta razón, los resultados fueron tomados únicamente de los valores obtenidos para RB, RC y RD.

¹⁷ El rango óptimo en condiciones termofílicas es de 50 - 60 °C. Fuente: (Varnero, 2011)

El Cuadro 212 muestra los valores de volumen de biogás obtenido para los tres digestores estudiados y en la Figura 92, puede observarse la tendencia de biogás acumulado diariamente. Se observa para RD mayor cantidad de biogás generado, comparado con los valores de RB y RC; llegando a obtener casi el doble de biogás en RD. Al finalizar los 15 días, se obtuvo aproximadamente 875 mL de biogás en RB, 980 mL en RC y 2,685 mL en RD. Esto se debe a que al final, la cantidad de materia en RB y RC, era alrededor de la mitad de la contenida en RD; debido a las muestras que diariamente se extraían de los primeros dos reactores. Se tomaban muestras de aproximadamente 100 mL todos los días; por lo que, tanto RB como RC tenían cerca de 1.5 L menos que RD, en el día 15. De igual forma, del gráfico logra observarse que a partir del día 13, la producción de biogás en RD no varió; y pasó lo mismo desde el día 14 para los otros dos reactores; esto indica que, para estos días, se había ya alcanzado la máxima producción y los microorganismos ya no seguían actuando para generar metano.

El pH fue monitoreado diariamente, obteniendo un valor promedio de 5.62. Debido que el valor de pH obtenido se encuentra por debajo del rango adecuado, como se observa en el Cuadro 57. Esto influyó en la acción de los microorganismos, disminuyendo su capacidad de degradación, y, por lo tanto, afectando la producción de biogás y su composición. El pH para la etapa metanogénica debe encontrarse en rango de 7.8 y 8.2; por lo que debía observarse un aumento en los niveles de pH, por la generación natural de amonio dentro del sistema anaeróbico. Al no subir, la etapa metanogénica no fue llevada a cabo satisfactoriamente, esto provoca que el biogás generado sea pobre en metano, por lo que sus características energéticas disminuyen.

La presencia de metano fue determinada a partir de un análisis de cromatografía de gases (ver Figura 87 a 91), para cada una de las muestras de biogás obtenido en RB, RC y RD. En los cromatogramas, se observa que efectivamente el biogás generado tiene metano presente. Sin embargo, éste se encuentra en una concentración menor que la del sulfuro de hidrógeno.

El pico pronunciado referente al H_2S , indica que este compuesto se encuentra en una mayor proporción de lo indicado en literatura (ver Cuadro 3). La concentración de este componente en el gas depende del sustrato utilizado y el contenido de azufre que este tenga. Generalmente, los niveles de H_2S están relacionados a residuos con alto contenido de proteínas con amoniácidos basados en azufre (metionina y cisteína). Sin embargo, debido que la materia utilizada en este caso fueron vegetales y frutas, las cuales tienen bajo contenido de proteínas, los niveles de azufre en ella, pueden asociarse a la presencia MSM (metilsulfonilmetano), componente a base de azufre presente en frutas y verduras (Curinga, 2017).

Estudios indican que vegetales que contienen MSM y fueron utilizados como materia prima en el experimento son: cebolla, repollo, aguacate, tomate, ejote, lechuga y chile pimiento. Por lo que, la presencia del H_2S puede deberse a las cantidades empleadas de estos residuos. Además, el MSM es altamente volátil, la mayoría de vegetales lo pierden al someterse a cocción; por lo que, las temperaturas a las que se trabajó pudieron volatilizar el componente, provocando que durante la digestión se formará en mayor cantidad.

Pese a los resultados obtenidos de la cromatografía, se estimó la producción de biogás a partir de la determinación del índice de producción de metano (IPM) considerando una composición teórica del biogás mostrado en el Cuadro 3; y tomando en cuenta el volumen de biogás generado para cada reactor, junto con los valores de DQO y SV al inicio y final de la digestión. El porcentaje de remoción obtenido indicaba un parámetro de la degradación provocada por los microorganismos. Según (Kanger, 2013), la eficiencia de reducción de carga orgánica de tratamientos anaeróbicos se encuentra cercana a los 70%. Los porcentajes de reducción mostrados en el cuadro 6; pese a encontrarse por debajo de lo indicado por la teoría, sus valores indican que efectivamente hubo actividad microbiológica que disminuyó la carga orgánica del material de entrada.

El porcentaje de remoción obtenido, pudo verse influido por la temperatura y los niveles de pH, discutidos anteriormente. Es por ello, que estos parámetros deben controlarse a manera de asegurar mantener los valores en los rangos adecuados. La temperatura, adicionando una menor cantidad de agua al sistema de calentamiento, a modo que los rangos no varíen en más de 1 °C. Además, asegurándose que el pH se encuentre en un valor cercano a la neutralidad, diluyendo con más agua o utilizando alguno de los productos indicados en la sección de marco teórico.

Se encontraron dos valores del índice de producción de metano, para comparar entre dos metodologías de remoción de carga orgánica y tener una mayor exactitud en la estimación de biogás. Debido que, para ambos parámetros, se encontró un porcentaje de remoción similar (54% DQO y 51% SV), se logró obtener una estimación igual de generación de metano. Como se observa en el Cuadro 58, se obtuvieron altas desviaciones para los valores promedio de IPM. Respecto al valor del digestor referencia (RD), se tuvo una variación de 44%.

Por esta razón, las estimaciones de generación de biogás fueron calculadas a partir del IPM de RD; ya que utilizando el valor promedio se obtendrían resultados a partir de datos con gran

desviación. Con ello, se consiguió obtener resultados tomando en cuenta las mejores condiciones de operación y desempeños, para plantear el mejor escenario de generación. De esta forma, la estimación de generación de biogás para un metro cúbico de materia, utilizando el valor de IPM de RD fue de: 1.54 m³ de biogás y 1.08 m³ de metano (Cuadro 58).

También se logró obtener una estimación de generación de biogás para las cantidades de material orgánico que manejan en el complejo actualmente, y, según el crecimiento de generación que se tuvo en el año 2016 – 2017. Esto se comparó con las generaciones de material optimizadas según el módulo 8: Estudio de procesos, logística, y gestión de proyecto sobre el manejo integral de residuos en un complejo comercial. Por lo que, se compararon los datos de generación según lo que la PMDS consigue clasificar de orgánico diariamente, respecto a la generación de residuos cuando se realiza una separación desde el origen. Los datos de generación difieren en un 81.55%, con lo cual se logra aumentar considerablemente la cantidad de residuos al utilizar este método de optimización.

En la Figura 53, se observa la comparación para ambos escenarios, tanto de energía térmica como energía eléctrica. Para ambos casos, se logró aumentar en un 73.82% la generación de energía, respecto a los datos actuales y proyectados en 10 años. Esto indica la importancia que radica en implementar metodologías que aseguren un mejor manejo de sus residuos, como es la separación desde el origen.

Por lo tanto, este proyecto es una estrategia para la evaluación de alternativas que permitan al complejo comercial, estudiar posibilidades para generar más productos de los que actualmente tienen. Emplear alternativas como una digestión anaerobia, proporciona un valor agregado a sus operaciones y representa un esfuerzo de empresas guatemaltecas, en contribuir en actividades de generación de energía renovable.

C. Módulo 3: Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel

El objetivo de este proyecto es evaluar la factibilidad técnica y económica de la instalación de una planta para la producción de biodiesel, utilizando aceites vegetales usados de cocina, a través de la transesterificación catalizada por una base, dentro de un complejo comercial.

Se determinaron las características principales del aceite usado de cocina; como se puede observar en el Cuadro 60 de la sección de resultados. Se realizó el análisis de seis variables para tres lotes diferentes, las cuales dictaminan que el aceite del complejo comercial, es apto para la producción de biodiésel. Esto se ve reflejado al tener un bajo porcentaje de humedad y materiales volátiles, los cuales llegarían a disminuir el rendimiento de la reacción de transesterificación y favorecer la formación de jabones. En el análisis de agua y sedimentación no se observó sólido alguno, lo que indica que se está trabajando con un residuo adecuado.

La realización de los análisis fisicoquímicos del aceite y del biodiésel, conllevan ciertos costos, entre estos se encuentran la materia prima, electricidad y agua utilizada; los mismos se detallan a continuación.

La caracterización del aceite usado de cocina es de suma importancia al momento de seleccionar un método de producción de biodiesel debido a sus características, principalmente el número ácido de 0.3964 ± 0.0001 mg KOH/g aceite, con el cual se determinó, que se puede llegar a operar mediante la reacción de transesterificación, con la ayuda de un catalizador básico fuerte, tal como Hidróxido de sodio o Hidróxido de potasio.

Se produjeron tres lotes de biodiésel, a partir del aceite previamente caracterizado. Esto se efectuó con la finalidad de analizar las características que se pueden obtener del producto terminado, al trabajar con las mismas condiciones de operación que la planta propuesta para la producción en el complejo comercial. Dichas características se observan en el Cuadro 61, las cuales dictaminan que, con esa materia prima si es posible llevar a cabo la reacción completa, según la prueba 3/27, sin la presencia de alguna impureza suspendida. Por otra parte, se puede asegurar que la reacción se llevó a cabo, debido a que la viscosidad cinemática disminuyó a 45.0685 ± 0.0029 cSt en el aceite, a 4.1798 ± 0.0029 cSt en el biodiésel purificado.

Determinar las características principales de la materia prima y del producto terminado conlleva ciertos gastos, principalmente de reactivos, energía eléctrica y agua destilada. Asimismo, llevar a cabo la caracterización de aceite dentro del proyecto, requirió de Q24.62, mientras que la caracterización de biodiesel, Q26.28, lo cual no incluye cristalería y equipo necesario.

Mensualmente, el complejo comercial utiliza 3.05 m³ de aceite de cocina para la elaboración de alimentos en sus restaurantes y comedores, de los cuales colecta aproximadamente 6.31% (0.189 m³) de aceite usado, como lo ilustra la Figura 54. El estudio demostró que esta cantidad podría incrementarse, hasta obtener 3.05 m³ de aceite usado de cocina al mes. La gráfica refleja que la cantidad de aceite que se podría recolectar en los próximos meses, fluctuaría en similares indicadores, salvo que el número de restaurantes y comedores en el complejo comercial, razón por la cual, se tomó en cuenta la capacidad de escalamiento de la planta, al momento de realizar la matriz de selección.

Para procesar las distintas cantidades de aceite, se debe de seleccionar y analizar una planta capaz; para ello se determinaron los requerimientos deseados para la producción de biodiésel, los cuales se ven reflejados en la Figura 55 de la sección de resultados. En dicha figura se pueden observar las cantidades de materia prima que se desean procesar por cada lote de producción, característica utilizada para dimensionar los reservorios de los mismos; por otra parte, se determinó la cantidad de agua utilizada en la purificación del producto terminado, para procurar que el equipo posee la capacidad de trabajar con ello.

Para el adecuado aprovechamiento de esa materia prima, se investigó acerca de los aspectos técnicos y económicos de diversas plantas de producción de biodiesel que operan en otros países, estableciéndose que éstas operan de forma efectiva con aceites usados de cocina.

El Cuadro 243 ilustra una planta de origen mexicano, la cual no requiere de una gran inversión para su instalación. Con relación a los aspectos técnicos, se puede observar que la planta no cumple con las expectativas del analista ni del complejo comercial. Pese a que esta planta cuenta con el equipo necesario para su funcionamiento, refleja un aspecto bastante sencillo y poco práctico para la elaboración del biocombustible.

El Cuadro 244 hace alusión a una planta proveniente de India, cuya capacidad es de 0.1 m³ de aceite por lote y opera con un aproximado de 50% más, de lo que recauda por mes, por lo que no puede tomarse en cuenta para este proyecto. Por otra parte, el costo EXW es muy elevado para las necesidades que registra el complejo comercial, es decir que el traslado de la planta de India hacia Guatemala, implica costos por impuestos de importación, lo cual no es rentable para el proyecto.

Esta modalidad de planta, observada en el Cuadro 245 es de origen brasileño, cuya capacidad es de 0.1 m³ de aceite por hora y opera de manera continua. Este factor no satisface la demanda que registra el complejo comercial, lo que la hace no viable, dado que no puede utilizarse a una baja escala. En la fase investigativa no se pudo determinar el costo de inversión de esta planta, por lo que no fue posible equipararla dentro de la matriz de selección.

La planta observada en el Cuadro 246 proviene de Ucrania, opera de manera continua, lo cual no es rentable para el proyecto, ya que no se cuenta con volúmenes grandes de aceite usado de cocina, para que ésta opere con esa modalidad. No obstante, para el complejo comercial, es más viable que la planta opere por lotes.

El costo de la planta EXW no tan elevado para las necesidades actuales, no obstante, el traslado de ésta hacia Guatemala, incrementa la inversión de su adquisición, lo cual no es rentable para el complejo comercial.

El equipo tecnológico observado en el Cuadro 247 procede de Estados Unidos de Norte América. Debido a la relativa cercanía con Guatemala, reduce significativamente los costos de envío. Se determinó en el estudio realizado que el costo CIF de esa planta es más rentable para el complejo comercial y su capacidad de operación es óptima para trabajar por lotes.

No obstante, no cuenta con el equipo de secado del biodiesel, ni la capacidad de recuperar el metanol en la glicerina, lo cual representa una desventaja con relación a otras plantas analizadas, sin embargo, pese a ello sigue siendo técnicamente favorable para los intereses del analista y del complejo comercial.

La maquinaria observada en el Cuadro 248 también es de origen estadounidense, con una capacidad de 0.189 m³ de aceite por lote, lo cual se ajusta a la cantidad de aceite usado de cocina que actualmente recupera el complejo comercial. Esta planta se presta para la adaptación de accesorios, con el fin de aumentar la producción. La adquisición de esta planta conlleva múltiples beneficios a nivel técnico, por lo que su compra es una posibilidad viable y atractiva para el complejo comercial.

Esta planta es completamente automática, por lo que requiere menos intervención del personal para su operación; Además viene completamente equipada para producir biodiésel y su respectiva purificación, por lo que su inversión inicial contempla el costo de la planta y su traslado a Guatemala.

El equipo de origen inglés (Reino Unido) observado en el Cuadro 249, con una capacidad de 0.1 m³ de aceite por día, lo cual es bastante elevado en comparación con la cantidad de aceite de cocina usado que se recupera en el complejo comercial. A nivel técnico no cumple con todas las especificaciones requeridas, por lo que no es una propuesta viable para la realización del proyecto.

Este equipo cuenta con la ventaja de tener un costo de planta relativamente bajo, pero deben de tomarse en cuenta los costos de envío desde Europa hacia Guatemala. Una de las principales desventajas de comprar la planta en otro continente es que, el servicio o la asistencia técnica es más compleja debido a que no se cuenta en el país, con personal técnico idóneo para su mantenimiento y/o reparación.

Finalmente, al detallar cada uno de los aspectos técnicos que poseen las diferentes plantas de producción, se analizó cuantitativamente cada aspecto dentro de una matriz de selección, evidenciándose que las plantas suministradas por Freedom BioFuelers LLC, se ajustan a las necesidades e intereses del complejo comercial, con un promedio ponderado de 2.24, y Springboard Biodiesel con un promedio de 2.4.

Dichas plantas se compararon a nivel técnico y económico, con el fin de seleccionar la más apropiada para operar dentro de las instalaciones del comercial. Se elaboró un cuadro comparativo, resaltando principalmente los aspectos técnicos de cada una. Evidenciando que la planta suministrada por Springboard Biodiesel posee mejores características, según los intereses del complejo, tales como capacidad de escalamiento, menor requerimiento de la intervención de un operario al ser completamente automatizada. Asimismo, no requiere de equipo auxiliar para la recuperación de metanol, ni para la purificación de biodiésel. Es de acero inoxidable y tiene motores a prueba de explosiones en las bombas, lo cual es importante para la seguridad del personal. Estos aspectos determinan la idoneidad de la planta para la producción de biodiésel a nivel técnico.

Cabe mencionar que dicha planta tiene la capacidad para procesar 0.189 m³ de aceite que actualmente recolecta el complejo comercial, lo que implica la realización de un lote mensual. En tanto que al recopilar todo el aceite usado del complejo comercial (3.05 m³), se estarían efectuando dieciséis lotes al mes; lo que indica que la planta propuesta satisface las necesidades demandadas por del complejo.

Desde el punto de vista económico, se analizaron ambas propuestas, se determinaron los costos de producción de estas, (incluyendo el costo de materia prima), consumo de energía eléctrica, consumo de agua, costo de mano de obra, mantenimiento y equipo de protección personal. Estableciéndose que el costo de producción del biodiésel al trabajar con la planta de Freedom BioFuelers LLC es de Q 991.58, en comparación con la planta de Springboard Biodiesel, que requiere Q 4.95 para producir un lote completo de biocombustible.

Por otra parte, se realizó un flujo de efectivo anual, con la finalidad de determinar la rentabilidad del proyecto al trabajar con cada una de las plantas propuestas. Al momento de analizar los ingresos para ambas plantas, se determinó que se estaría trabajando realmente con un ahorro anual de Q 56,907.00, ya que el biodiésel producido se utilizaría en un vehículo Pick-Up.

En el Cuadro No. 69 de la sección de resultados, se puede observar el flujo de efectivo para cinco años, al trabajar con la planta suministrada por Freedom BioFuelers, la cual tiene una utilidad neta anual de -Q 74,246.62, el cual, al ser negativo, indica la cantidad de dinero que se pierde con el proyecto anualmente.

Además, se evaluaron los indicadores de un proyecto, tasa interna de retorno -TIR- y valor neto actual -VAN-; debido a que los flujos de efectivo fueron negativos en todo el flujo de caja, no fue posible la determinación del valor de la tasa interna de retorno; y el valor neto actual es de -(Q344,579.47). Estos valores indican que dicho proyecto no es rentable al trabajar con pequeñas cantidades de aceite vegetal usado.

En el Cuadro No. 72 de la sección de resultados, se puede observar el análisis de flujo de efectivo para cinco años, al trabajar con la planta suministrada por Springboard Biodiesel, siendo

la utilidad neta anual de -Q 57,832.50, el cual, al ser negativo, indica la cantidad de dinero que se pierde con el proyecto anualmente.

Además, se evaluaron los indicadores de un proyecto, tasa interna de retorno -TIR- y valor neto actual -VAN-; debido a que los flujos de efectivo fueron negativos en todo el flujo de caja, no fue posible la determinación del valor de la tasa interna de retorno; y el valor neto actual es de -(Q300,624.26). Estos valores indican que dicho proyecto no es rentable al trabajar con pequeñas cantidades de aceite vegetal usado.

En suma, se determinó que la planta suministrada por SpringBoard Biodiesel, representa una óptima propuesta para la producción de biodiésel dentro del complejo comercial, debido a sus características a nivel técnico para su efectiva operatividad, la cual registra una menor pérdida de dinero dentro de su utilidad neta anual mayor y un costo de producción menor por lote. Estos factores indican que a pesar que el proyecto no es rentable económicamente, posee una gran repercusión positiva a nivel ambiental y social para el complejo comercial.

D. Módulo 4: Evaluación y propuesta de la instalación de un generador eléctrico operado con biodiésel para carga de vehículos eléctricos

El objetivo principal de este proyecto fue evaluar la instalación técnica para la instalación de un generador eléctrico utilizando biodiésel como combustible, para diversos usos energéticos en un complejo comercial, esto con el objetivo de reducir el consumo energético en las instalaciones, a largo plazo. Para esto se utilizó una matriz de selección con los principales aspectos técnicos para seleccionar el motor de combustión interna adecuado y un generador eléctrico que cumpliera con los principales requerimientos de la planta.

Se realizó un estudio de factibilidad técnica para determinar las posibilidades para que el proyecto solicitado por el complejo comercial pudiera llevarse a cabo. El complejo comercial planteó los requerimientos del proyecto y los aspectos técnicos que tenían mayor importancia. Para poder determinar si el proyecto era factible, éste se acompañó de un análisis económico tanto del motor de combustión interna, como del generador eléctrico.

La matriz de selección para tomar la decisión de la mejor planta se realizó por separado tanto para el generador eléctrico y para el motor de combustión interna. Esta se realizó por separado debido a que se vende el conjunto o Grupo Electrónico, sin embargo las especificaciones se dieron por separado para cada uno. Sumado a ello, este trabajo solamente pudo hacer una relación entre las especificaciones dadas por los proveedores y los requerimientos de la planta, con mayor enfoque al motor de combustión interna, esto debido a que la parte del generador eléctrico, es motivo de estudio para el área de Ingeniería Eléctrica.

En el Cuadro No. 75 se puede observar los aspectos técnicos evaluados en la matriz de selección para el motor de combustión interna, algunos de ellos y los más importantes incluyen la eficiencia de generación, el consumo de combustible y la marca del motor. Se tomó en cuenta que la marca del motor fuera una marca prestigiosa, esto debido a que es uno de los factores técnicos de gran importancia al momento de analizar un equipo y se corroboró que también existiera en el listado del Manual de biocombustibles (Ganduglia, 2009), esto fue para poder determinar el requerimiento de la norma ASTM (*American Society for Testing and Materials*) que debía cumplir para poder ser operado con biodiésel. La norma ASTM que el biodiésel que sea inyectado al motor debe cumplir según dicho manual, es la ASTM D 6751, la cual especifica que: *“Cubre las mezclas de combustibles biodiésel, B100, en los grados S15 (mezcla de biodiésel de uso general para uso en aplicaciones de combustible de destilado medio que requieren un componente de mezcla de combustible con 15 ppm de azufre como máximo) y S500 (500 ppm como máximo de azufre) para su uso como componente de mezcla con combustibles destilados medios. Esta especificación prescribe las propiedades requeridas de los combustibles diésel en el momento y lugar de entrega. El biodiésel especificado debe ser monoésteres de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites vegetales y grasas animales. El producto debe someterse a un análisis químico para el punto de inflamación, el metanol, el agua y los sedimentos, la viscosidad cinemática, la ceniza sulfatada, la estabilidad a la oxidación, el azufre, la corrosión de la tira de cobre, el número de cetano, reducir la temperatura de destilación de presión, la temperatura equivalente atmosférica, el calcio y el magnesio combinados, y el sodio y el magnesio combinados”*.

De lo anterior se puede decir que para que el motor de combustión interna que se cotizó y que es el que proporciona las características requeridas, pueda ser operado a totalidad con biodiésel, éste deberá cumplir con dicha norma. Por lo que al momento de operar con biodiésel fabricado en las instalaciones del complejo comercial, deberá contar con un laboratorio de control de calidad que permita verificar el cumplimiento de todos los parámetros especificados en dicha norma.

Con el modelo del motor se buscó las especificaciones principales tales como el consumo de lubricante, consumo de combustible, capacidad del refrigerante, velocidad nominal y la potencia nominal del motor. Tal como se observa en dicho cuadro, los motores de ambos proveedores, son los mismos y por ende todas las características también fueron las mismas. Es por ello que el único factor de variación entre un proveedor y otro, fue el precio de la planta o grupo electrógeno.

Como se mencionó anteriormente, el generador eléctrico se seleccionó de acuerdo a parámetros generales, especificados por una consulta realizada a un experto en Ingeniería Eléctrica. Según el experto, los principales parámetros para la selección de un generador eléctrico son: marca de prestigio, que cumpla con el voltaje requerido por el usuario, que cumpla con la frecuencia de 60 Hz que se usa en Guatemala, que cumpla con el número de fases requerido por el usuario y que brinde la potencia requerida para el tiempo de uso deseado. Tal como se puede observar en el Cuadro 5, los generadores eléctricos analizados cumplen con los requerimientos especificados. El voltaje requerido para los equipos que se desean conectar, es de 120/220 V en sistema monofásico y a 60 Hz, los generadores también entregan la potencia requerida de 72 kW, para conectar todos los equipos del complejo comercial e incluir el árbol navideño que se desea colocar en los meses de noviembre y diciembre.

La potencia de 72 kW que se eligió, toma en cuenta las pérdidas por eficiencia que sufren los motores de combustión interna, este dato se tomó según el estudio "*Emisión de gases en vehículo experimental diésel-biodiésel*". Este estudio se realizó por el Centro de Procesos Industriales e Instituto de Investigaciones, realizado en la Universidad del Valle de Guatemala, en el año 2014. Según el estudio realizado, el uso de biodiésel en un motor de combustión interna, de un vehículo pick-up *Nissan Frontier 2012*, disminuyó su eficiencia en un 11.82%, al utilizar biodiésel (B100) en lugar del diésel. En este estudio también se determinó que se reduce en un 71.58% las emisiones de monóxido de carbono (CO) del vehículo, el cual se relaciona de forma directa con el dióxido de carbono (CO₂), e indica que una disminución del mismo también disminuirá la cantidad de dióxido de carbono generado en la combustión, el cual en combinación con los óxidos de nitrógeno, generan diferentes problemas ambientales y a la salud.

En el Cuadro No. 74, se hizo una matriz de selección con los principales parámetros requeridos para el grupo electrógeno. Ambos cumplen con la frecuencia, el voltaje, la potencia demandada y el número de fases. En esta matriz también se analizó el consumo de combustible, el cual debía entrar en el rango de producción normal que se tiene en el complejo comercial para el biodiésel. El consumo de combustible para poder entregar las 7 horas de potencia demanda

(incluyendo el árbol navideño), sería de 49 litros, el cual entra en el rango de producción normal que tiene el complejo comercial. Esto asumiendo que el tanque del combustible estará a un 50% de carga, esto debido a que no se usan todos los equipos al mismo tiempo, ya que varios de ellos no funcionan por el momento. Sin embargo el cálculo de la potencia se hizo con el 100% de los equipos. Por lo que si el complejo comercial desea conectar el 100% de sus equipos, deberá aumentar la producción de biodiésel en sus instalaciones, ya que en promedio se generan 154 litros de biodiésel y el consumo de combustible a un 100% de carga del tanque por las 7 horas sería de 119 Litros. Esto asumiendo que todos los restaurantes de donde el complejo comercial recibe el aceite, aportarán la misma cantidad.

El complejo deberá contar con un buena provisión de biodiésel para abastecer el 100% de carga del tanque de combustible y aún quedarle un porcentaje de seguridad por cualquier anomalía. Para tomar en cuenta el crecimiento del complejo comercial desde los meses de enero de 2016 hasta diciembre de 2018, se realizó una proyección de aceite recibido actualmente (ANEXOS: módulo 4) con los datos antes mencionados y se determinó que si a los restaurantes que actualmente dan su aceite, se suma uno de los tres restaurantes generadores potenciales de aceite de cocina usado, la cantidad de aceite sería de 2,438 L/mes. Por lo que se puede decir que sería suficiente para suplir un 100% de carga de combustible del generador propuesto e incluso podría pensarse en uno de mayor potencia para añadir algunos otros equipos pertenecientes al complejo comercial y que cumplan con las especificaciones técnicas de conexión.

La elección los dos posibles proveedores del grupo electrógeno, se basó en el cálculo de la eficiencia de generación, la cual es una relación entre la potencia del generador eléctrico y la potencia del motor de combustión interna a 1800 RPM (Revoluciones por minuto), y tal como se observa en el Cuadro No. 74, la eficiencia de generación fue de 72%. La eficiencia de generación es un valor de relación que se usa en mecánica y eléctrica, para comparar los motores y los generadores eléctricos, ya que el motor más eficiente es el que logra entregar mayor eficiencia de generación, con un motor pequeño.

También se realizó un análisis económico de los dos proveedores elegidos, incluyendo los costos variables, los costos fijos, los costos de producción directa, el costo de producción anual, el costo de un solo lote de producción, su Tasa Interna de Retorno (TIR), su Valor Neto Actual y su Período de Retorno de Inversión (PRI). Esto también se realizó para cada proveedor y mediante la TIR y VAN más altos, se eligió al proveedor.

En el Cuadro No. 77, se observa el análisis económico para los grupos electrógenos de ambos proveedores (Tecni Group y PROEQUIPSA). El costo de la materia prima y la caracterización del biodiésel se determinó tomando en cuenta todo el material que se requiere para llevar a cabo la producción del biodiésel. En este valor, también se incluye un supuesto de mano de obra de Q150.00, los cuales podrían ser pagados a la Universidad del Valle de Guatemala por realizar la caracterización de 9 muestras del biodiésel producido. En este costo se tomó en cuenta el precio de la caracterización de las 9 muestras de biodiésel. Esto se propone debido a que por el momento el complejo comercial no contaría con un Laboratorio de Control de Calidad. En dicho cuadro se observa la comparación completa de todos los parámetros analizados para cada proveedor.

El costo de la instalación para Tecni Group es de Q7,368.00 mientras que el costo de la instalación para el grupo electrógeno del proveedor PROEQUIPSA, sería de Q6,962.27, siendo este menor. El costo de las utilidades para ambos análisis, engloba el uso de agua de las instalaciones del complejo comercial, la cual servirá para sistema de enfriamiento, aceite para lubricación del motor y el consumo de biodiésel, para la alimentación del generador. Para efectos de este cálculo, tuvo que realizarse con el precio de venta que tiene la Universidad del Valle de Guatemala, el cual es de Q 21.89/gal. En este caso el costo de las utilidades sería el mismo ya que el motor es el mismo y por ende consumirán las mismas cantidades de agua, aceite lubricante y combustible.

También se observa que el costo de envío y embalaje es mayor para el proveedor Tecni Group, siendo este de Q2,100.00, mientras que para el proveedor PROEQUIPSA, es de Q1,800.00. En el rubro de los costos fijos de ambos proveedores, se observa que estos varían en mantenimiento y supervisión técnica, recalcando que son mayores para Tecni Group. El único costo fijo que sería igual para ambas plantas, sería el de operación. Esto debido a que se asumió un pago mínimo semanal de Q886.90, haciendo esto el salario mínimo para la Ciudad de Guatemala. Los costos directos de producción es la suma de los costos fijos y los variables y se observa que nuevamente son mayores para Tecni Group, siendo de Q183,568.96. Los costos de producción anual, inversión en la planta y el costo de producir un lote, también son más altos tal como se observa en dicho cuadro.

Por lo anterior se procedió a realizar el análisis de la Tasa interna de retorno de inversión (TIR), la cual fue mayor para el proveedor PROEQUIPSA, siendo esta de un 57%, en comparación con la de Tecni Group que fue de 53%. Esta tasa fue de gran utilidad ya que es una medida relativa

de la rentabilidad de un proyecto o negocio y cuando ésta es mayor que la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR), se considera que el proyecto es rentable. La TMAR es la tasa de retorno que esperaría el complejo comercial, en relación a su inversión, la cual fue del 10%. Por lo que se corrobora que el proyecto es rentable. Para acompañar dicho resultado, se analizó el Valor Neto Actual (VAN), el cual fue de Q174,231.20 para PROEQUIPSA, y de Q166,874.58 para Tecni Group, por lo que nuevamente se corrobora que el proyecto de la instalación de la planta con el proveedor PROEQUIPSA, se hace rentable, ya que este mide el excedente resultante luego de obtener la rentabilidad deseada o exigida por el inversionista, para luego recuperar toda la inversión. Sin embargo, el proyecto contempló los costos energéticos actuales, los cuales son de Q2,241.25 por conectar los 23 equipos al generados y los comparó con el costo energético al usar el generador, el cual sería de Q21,057.63, datos anuales.

Al observar dicha comparación se puede notar que el costo energético actual es menor, comparado con la implementación del generador. Esto se debe a que el costo energético usando el generador, contempla todos los gastos de producción y caracterización del biodiésel. También en el Cuadro 12, se compara el costo energético de conectar el árbol de Navidad con el precio de la tarifa eléctrica actual, tomada de la Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A (EEGSA), la cual sería de Q1.89/kW y una tarifa fija de Q10.27 exclusivamente para la zona 16 de la Ciudad de Guatemala, que es donde se encuentra ubicado el complejo comercial. Al observar dicho cuadro, se puede notar que el costo energético actual sin el uso del generador para la conexión del árbol navideño es de Q66,699.72 por los dos meses que está conectado, mientras que el costo energético con la implementación del generador sería de Q21,057.63, notando una disminución de costo, la cual representa un 61% de ahorro para el complejo comercial. Sin embargo se proponen 4 modelos de vehículos eléctricos, de los cuales según la Asociación de carros eléctricos de Guatemala, ya circulan en el país. Los modelos propuestos se encuentran en la sección de Anexos de este trabajo y tienen horas de carga variables entre 3.5 y 8 horas, con una potencia desde 0.8 hasta 4 kW y un requerimiento energético desde 4.8 hasta 44 kWh. Según la Asociación mencionada, estos vehículos cuentan con una autonomía de 120 km/carga a un precio promedio de Q16.00 a Q20.00 por carga. Por lo que se sugiere que el complejo comercial tenga como un servicio extra para sus visitantes, la venta de carga para sus vehículos eléctricos a un precio sugerido por el elaborador del proyecto de Q25.00/carga. Con la implementación de este servicio, se podrían ir supliendo los costos del proceso de producción del biodiésel y sus caracterizaciones y sería un servicio añadido con mayor valor al complejo comercial, para prestar a los visitantes que tengan vehículos eléctricos.

También se determinó el requerimiento energético de todos los equipos eléctricos del complejo comercial (Cuadro No. 78), en base a sus horas de funcionamiento, número de vehículos y la potencia. Tal como se observa en dicho cuadro, las horas de funcionamiento de los equipos son variables y no todos están en uso actualmente. El requerimiento energético total fue de 93.4kW/h, el cual revela que se necesita dicha cantidad de energía por las horas de funcionamiento de todos los equipos eléctricos que se desean conectar. Cabe mencionar que se agregó un 11.82%, debido a las pérdidas por eficiencia que se sufren al utilizar biodiésel como combustible. A su vez, se determinó el requerimiento energético del árbol navideño del complejo comercial, el cual fue de 17,640kWh, esto asumiendo que el árbol estará conectado 7 horas al día por los meses de noviembre y diciembre. La potencia que requiere el árbol navideño es de 42 kW y a esta también se le colocó el 11.82% de seguridad, por lo que el grupo electrógeno elegido en total deberá suplir 72 kW de potencia, aún con un excedente de potencia de 3.99 kW.

Se realizaron las pruebas de caracterización básicas para un lote de biodiésel producido en las instalaciones de la UVG, pero del aceite proveniente del complejo comercial, las cuales se observan en el cuadros 80. Los parámetros principales analizados fueron: densidad a 15 °C, prueba 3/27, viscosidad cinemática a 40 °C, pH, índice de acidez y agua y sedimentación. Los parámetros permisibles que debe cumplir el biodiésel para uso específico en el motor cotizado, son los que requiere la norma ASTM D 6751, descrita con anterioridad.

E. Módulo 5: Evaluación técnica y propuesta para el tratamiento de agua residual de lavado de biodiésel en un complejo comercial

El objetivo principal de este proyecto era realizar una evaluación técnica y realizar una propuesta para el tratamiento de agua residual de lavado de biodiésel en un complejo comercial. La evaluación técnica consistió en determinar la cantidad de agua a tratar, esto se definió por medio de la documentación de recepción de biodiésel en la Universidad del Valle de Guatemala y entrevistas a los comercios.

Al evaluar la operación de la planta automática de producción de biodiésel Springboard Biodiésel BioPro PM190, con capacidad de 50 galones, la cual opera por lotes, cada uno requiere de 40 galones de agua. Entonces se estableció que el sistema de tratamiento de agua debería operar por lotes.

Para determinar el tipo de tratamiento que debía realizarse al agua residual proveniente de la producción de biodiésel, se utilizaron los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006 para descargas en cuerpos receptores como referencia. De los parámetros que se incluyen en dicho artículo, solo se tomaron en cuenta el pH, la turbidez, los sólidos suspendidos totales, DQO y DBO, ya que el agua residual de lavado obtenida del proceso de producción de biodiésel, no existen metales pesados, materia flotante, nitrógeno, fósforo ni coliformes fecales. Para fines del estudio, se estableció que el agua residual debe cumplir con los parámetros ya mencionados, por lo que no se determinó la concentración de cada uno de los componentes del agua residual.

Se obtuvo biodiésel a partir del aceite residual del complejo comercial, a modo de obtener muestras significativas y con las características de operación que se tendrán en la planta propuesta. Los lavados se realizaron simulando la operación de la planta automática Springboard Biodiésel BioPro PM190, la cual realiza tres lavados en una proporción de 1:1 de biodiésel-agua de forma equitativa.

Al realizar las mediciones de los parámetros seleccionados, se determinó que el único que sí cumple los límites de los parámetros seleccionados era el DBO, esto implica que hay una gran cantidad de compuestos inorgánicos en el agua residual, estos pueden ser metanol, hidróxido de sodio y jabones. Se puede inferir que la concentración de aceite y biodiésel en el agua es baja ya que, estos, por ser compuestos altamente degradables hubieran incidido en las mediciones de dicho parámetro.

Como primer paso se evaluó la posibilidad trasegar el agua a la planta de tratamiento de agua instalada en el complejo comercial, para esto fue necesario realizar un análisis de la operación de dicha planta.

Se determinó que la planta de tratamiento de agua residual instalada en el complejo comercial no es apta para tratar el agua residual del proceso de lavado de biodiésel por lo que se realizó la propuesta de una planta de tratamiento especializada en el agua de lavado de biodiésel.

La caracterización del agua residual de la PTAR fue realizada por la empresa "Soluciones Analíticas", en donde se evaluó la calidad del afluente y el efluente. En la sección VII. A. se muestran los resultados de dicho análisis; al evaluar el porcentaje de remoción de sólidos

suspendidos totales, se encuentre que tiene un incremento del 75%, esto implica que en vez de disminuir la cantidad de sólidos suspendidos totales, aumentan. A pesar de que el DQO si disminuye, no satisface los parámetros permisibles por el Artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006. El pH permanece igual y dentro de los parámetros permisibles. .

De acuerdo a técnica de la PTAR, se determinó que tanto para la turbidez como los sólidos suspendidos deben ser tratados por medio de una filtración, mientras que para reducir el DBO y DQO es necesaria una adsorción. En base a estos criterios se procedió a diseñar un filtro que permitiera realizar los procesos requeridos.

Para determinar la relación de adsorbato/adsorbente que permitiera dimensionar el equipo, se realizaron pruebas de adsorción de DQO que para crear una isoterma de Freundlich, curva que representa la adsorción de DQO (adsorbato) sobre carbón activado (adsorbente) de 5 μm .

Freundlich propuso un modelo matemático con el cual se puede predecir la cantidad de adsorbente necesaria para llevar al adsorbato a una concentración deseada, esta se expresa como $\frac{X}{m} = KC^n$, en donde K es una constante característica de cada sistema, obtenida gráficamente en el intercepto, experimentalmente se obtuvo $K=0.0026$ y $\frac{1}{n}$ representa la pendiente obtenida por selección de puntos ingresados en la siguiente ecuación 8:

$$\frac{1}{n} = \frac{\log(\frac{X}{m_2}) - \log(\frac{X}{m_1})}{\log(C_2) - \log(C_1)}$$

la pendiente obtenida fue de 0.4424; entonces para el sistema experimental $Y=0.0026 * C_e^{0.4424}$.

Se fijó un valor de DQO objetivo de 100mg/L, resultando en un requerimiento de 55199.99mg/L de adsorbente. Con una tasa de adsorción de $Q_h = \frac{3m^3}{L m^2}$ se obtuvo un caudal de $1.701 \frac{m^3}{h}$ y capacidad de adsorción del filtro de $93902.6575 \frac{L}{h}$. Luego se calculó el volumen del lecho de adsorbato de $0.2538 m^3$. Debido a que la cantidad de adsorbato se puede expresar en función de volumen, este se presta a una selección de columna de un diámetro propuesto. La razón por la cual se realizó este proceso primero y como un proceso individual en donde se buscaba enfocarse en la disminución del DQO.

Luego, se procedió con el diseño del lecho de filtración, el cual consiste en la determinación de la altura del lecho. Por ser un proceso de separación física, se debe de tomar en cuenta el diámetro de las partículas a remover. Para esta prueba se propuso una metodología en donde se hacía pasar agua por un filtro de papel con diámetro de poro conocido para determinar la remoción de partículas suspendidas.

La experimentación demostró que con un diámetro de poro de $5\mu\text{m}$ permite una remoción de $85 \pm 4.93\%$ mg/L de sólidos totales. La turbidez se redujo en $95.65 \pm 6\%$ NTU. De acuerdo a consultas bibliográficas se seleccionó el material a utilizar en un modelo piloto. La bibliografía (Romero, 2009) sugiere medios de arena de entre 0.30-0.60 m y de 0.3 m de grava, se seleccionó arena de 1 mm de grosor y grava de 10mm para la reducción de sólidos suspendidos totales y turbidez.

Debido a que los materiales utilizados para la construcción del lecho de filtración estaban sucios fue indispensable lavarlas con suficiente agua. Se armó un sistema experimental que contenía las proporciones detalladas en el cuadro 28 y se hicieron pasar tres muestras de agua de lavado de biodiésel. Se tomó el tiempo que le tomaba al fluido pasar por la columna de filtración adsorción para determinar la tasa de filtración, esta fue de $4.100 \pm 0.302 \frac{L}{\text{min } m^2}$.

Se realizaron mediciones de turbidez y sólidos suspendidos al efluente y se encontró que en la columna experimental se removió un $95.65 \pm 6.00\%$ de la turbidez, un $85.00 \pm 4.93\%$ de los sólidos suspendidos totales y $25.217 \pm 0.013\%$ del pH por lo que el modelo experimental propuesto fue exitoso ya que se logró reducir a los límites críticos previamente establecidos. Para desarrollar la propuesta se procedió a escalar el modelo en una relación de 1:10, para determinar la altura de los medios se fijó un diámetro de 0.85 m. Las alturas obtenidas fueron de medio de grava: 0.1 m, medio de carbón activado 0.03 m, medio de arena 0.3 m, medio inferior de grava: 0.1 m. El diámetro propuesto no altera el resultado de la operación de tratamiento de agua ya que las medidas se encuentran en función del área. Se recomienda trabajar con estas alturas de medios, sin embargo, un grosor mayor podría garantizar la reducción de contaminantes y prolongar el tiempo de vida del filtro.

Por su naturaleza, el diseño propuesto puede considerarse como un tratamiento de agua primario y secundario en un solo lecho. El tratamiento de agua primario consiste en la reducción de sólidos suspendidos por medio de filtración, así pues, la secundaria ya que la adsorción puede considerarse como un proceso de desbaste en donde se retienen los contaminantes.

Se determinó la potencia requerida para el sistema establecido. El sistema propuesto utiliza tuberías de PVC con un diámetro nominal de 0.013 m ($\frac{1}{2}$ in) y una cabeza disponible de 11.68 m para lo cual es requerido una bomba que pueda entregar una potencia mínima de 0.25 kW (1/3 hp). Para una tubería de PVC de 0.013 m ($\frac{1}{2}$ in) y las caídas de presión por accesorios se determinó que una bomba centrífuga de 0.25 kW (1/3 hp) satisface la operación para trasegar el agua al filtro en 5.34 minutos, por ser agua se recomienda que el impeler de la bomba sea de acero inoxidable calidad 304 L. Se seleccionó una bomba centrífuga por que el sistema trabaja con bajas presiones y el fluido no es viscoso. Este caudal de agua es aceptable ya que a pesar de ser mayor que la tasa de filtración, puede regularse el flujo con una válvula de globo. Una bomba más grande representaría mayores costos, lo cual no es necesario ya que no hay un caudal por satisfacer.

Al analizar las proyecciones del Gráfico 10, se demostró que la cantidad de biodiésel a ser producida irá en aumento y a su vez, la cantidad de agua a tratar.

Según Romero, el final de la etapa de filtración en un filtro lento convencional se alcanza entre los 20-60 días de acuerdo a su uso; por lo que se propone que para bajos caudales de agua se limpie el filtro cada 30 días y para caudales grandes, representados en la proyección, se lave el filtro cada 60 días. Los materiales del lecho de filtración/adsorción no son de alto costo, sin embargo, el cambio y la limpieza pueden llegar a aumentar el costo por la mano de obra. De acuerdo a los cálculos de mantenimiento detallados en el Cuadro 61, proponiendo un tiempo de carrera de filtro de 40 horas y de acuerdo a la proyección de agua en la Figura 12, se estima que el filtro se deberá cambiar cada 2.5 años si se utiliza para lavar el agua residual de lavado de biodiésel producido a partir del aceite recolectado actualmente más el de un restaurante de comida rápida, mientras que para la recolección de aceite de todo el complejo comercial, el tiempo de carrera será de 0.95 años.

Se comprobó que las pruebas piloto del filtro propuesta pueden disminuir los parámetros seleccionados a los límites establecidos en el Artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006. Por

lo que el diseño a escala también cumpliría con los objetivos de tratamiento de agua de acuerdo a los objetivos planteados. El efluente proveniente del filtro lento multimedios propuesto puede ser descargada junto con el agua pluvial del complejo.

F. Módulo 6: Auditoría, diagnóstico e implementación de Programa de Oficina Verde en instalaciones administrativas de un complejo comercial

El objetivo general del megaproyecto consistió en realizar un estudio técnico de la situación actual en el manejo de los residuos de un complejo comercial, en el cual se integraron herramientas multidisciplinarias para la elaboración de propuestas sobre el manejo adecuado de los residuos dentro de este. Atendiendo a esta necesidad y a la de reducir costos destinados a la disposición de los residuos, se evaluó las diferentes opciones de mejora que se podían implementar en el complejo comercial para cumplir con el objetivo general propuesto. Dentro de las necesidades identificadas en la evaluación realizada durante el desarrollo del megaproyecto se encontró el análisis de la generación de residuos y desperdicios en el área administrativa de este complejo, por lo que se planteó como objetivo general del módulo realizar una auditoría y diagnóstico para implementar un Programa de Oficina Verde en las oficinas del complejo comercial, para garantizar una reducción en el impacto ambiental negativo de las actividades diarias realizadas en esta y evaluar si cuentan con una política ambiental implementada tomando en cuenta los requerimientos de la Norma internacional ISO14001:2014..

Se definió que el alcance del programa pretendía una reducción del 10% en el consumo de la energía eléctrica y consumo de agua, y de un 20% en el consumo de papel utilizado para impresiones, de acuerdo a lo definido con el comité de Oficina Verde conformado con personal de las instalaciones administrativas del complejo comercial y a los antecedentes determinados en la investigación, los cuales son datos históricos de casos de éxito obtenidos de la implementación, medición y monitoreo de este programa en diferentes instituciones.

Para poder cumplir con el objetivo propuesto para el desarrollo del presente módulo, primero se debía evaluar si la organización tenía una política ambiental establecida y que fuera de conocimiento público de los colaboradores del área y a la cual pueda tener acceso cualquier persona que quiera conocer sobre si tienen implementado un sistema de gestión ambiental. Al

revisar la documentación de la organización se encontró que no cuentan con una política ambiental comprometida que evidencie el compromiso de la organización por mantener implementado el Programa de Oficina Verde propuesto en este módulo, además de evidenciar que no cuentan con un sistema de gestión ambiental establecido. Los complejos comerciales únicamente cuentan con procedimientos para disminuir el impacto ambiental de las actividades diarias de todas las áreas del complejo comercial establecidas en el manual de operaciones de la organización. En este se detalla el sistema de recolección de basura de cada una de las áreas y la frecuencia con la que se realiza esta tarea, además, exponen el programa de reciclaje y la clasificación que se debe realizar, la cual es responsabilidad de cada diferente área.

En los objetivos también se planteó conocer la situación actual en el consumo de energía eléctrica, agua e insumos de oficina utilizados en las actividades diarias de esta área. Para esto se realizó un balance del consumo de agua basado en estimaciones según patrones de consumo que se explican en la metodología y mediciones realizadas en las áreas que utilizan este recurso. Se encontró que el área que más consume en promedio, es la destinada a actividades de limpieza y cocina con un porcentaje de 53.74% que equivale a 42.94 m³, seguida del consumo en lavamanos con un 25.18% (20.13 m³) y por último el uso en inodoros o mingitorios con 21.08% (16.85 m³). Los datos obtenidos de este balance se compararon con las lecturas registradas mensualmente de los contadores del consumo de agua, lo cual permite determinar si existe alguna fuga en el sistema de distribución del agua. Tanto el valor obtenido por el balance como el obtenido por las lecturas directas son bastante similares, siendo para el primero 958.99 m³ y para el segundo 943.00 m³ al año, teniendo una variación de 15.99 m³, esta variación se debe a que para el balance realizado mediante estimaciones se asume la frecuencia de uso del recurso de las personas, pero esta puede variar bastante entre mes y mes, no se toman en cuenta las variaciones en la cantidad de personas trabajando y asuetos. Para mayor detalle se puede observar los datos en Anexo F, inciso 1: Diagnostico de Oficina Verde en Complejo Comercial, sección de aspectos ambientales, Tabla 4.

A partir de estos datos, se calculó el indicador de desempeño correspondiente al consumo de agua para poder evaluar su cumplimiento o no con el indicador de referencia establecido por el estándar del programa. Este fue de 10.31 m³/ persona al año, el cual se encuentra por debajo del límite establecido por el estándar que es de 20 m³/ persona-año. Esto indica que no tienen un consumo desmedido del recurso hídrico, pero a pesar de que cumplen con el límite permisible se desea minimizar este consumo para cumplir con el alcance definido para la implementación del programa. Este índice demuestra que, bajo las directrices de consumo de agua establecidas para edificios, el área administrativa del complejo comercial consume la mitad del agua promedio que

normalmente consumen las oficinas que tienen implementadas buenas prácticas del consumo de este recurso e incluso instalados equipos para reducir este. Esto quiere decir que la frecuencia y tiempo de uso de los equipos instalados en baños y grifos para las diferentes actividades, se utilizan de forma consciente. Se debe llevar el control de este indicador ya que por cada unidad en que aumente o disminuya este indicador, se aumenta o disminuye el consumo en 92.84 m³, que es una cantidad considerable de este recurso. Este dato forma parte de la línea base que se debe establecer como uno de los primeros pasos para la implementación del programa y permitirá monitorear el avance en la reducción del consumo de este recurso.

También se realizó un balance de energía eléctrica tomando en cuenta los equipos instalados en el área, es decir realizando un inventario de los equipos instalados y las actividades que se realizan con ellos, en el cual se contempla el tiempo de uso de estos, frecuencia de uso y su potencia para poder determinar el consumo total de este recurso, El anexo L, inciso 2 Tabala 24 muestra estos datos detallados. A partir de estos datos se obtuvo el consumo por áreas de uso de la energía eléctrica, las categorías en las que se dividió fue iluminación, equipo de computación, electrodomésticos, climatización y otros, dentro de la que se contemplan todos aquellos equipos que no entran en cualquiera de las otras categorías. Se observó que el consumo de energía equipo de computación representa el mayor porcentaje del consumo total con un 61.31% del consumo total, seguido de los electrodomésticos que tienen un 19.75% del consumo total, equipos de climatización con 12.88%, iluminación con 4.49% y por último otros con 1.57%. El alto consumo de la categoría de cómputo se debe a que en esta área se encuentra el departamento de diseño de todo el complejo comercial, en el que se utilizan monitores de computadora e impresoras de planos. El rubro de electrodomésticos representa un consumo alto ya que en esta área cuentan con refrigeradores, oasis, microondas, cafeteras y maquina expendedoras de bebidas y snacks que se encuentran conectados a la red todo el tiempo. Para mayor detalle de los datos referirse al Anexo L, inciso 1: Diagnóstico de oficina verde en complejo comercial, sección aspectos ambientales, Tabla 7 y Gráfica 1.

Además, los datos obtenidos por estimaciones en el balance de energía se compraron con los obtenidos de las lecturas de los contadores reportados en las facturas del pago del servicio. Para estos se obtuvo un consumo anual de 99,148.00 kWh y el valor obtenido del balance de energía eléctrica es 98,690.00 kWh al año. La variación en los valores se debe a que para realizar el balance energético se asume la frecuencia de uso de los equipos y que todos son utilizados todo el tiempo. A partir de estos datos se realizó el cálculo del indicador de desempeño para el consumo de energía eléctrica, el cual fue de 106.25 kWh / m², para el cual también se cumple con el límite permisible establecido por el estándar de Oficina Verde que es de 117 kWh / m². Para

este caso también se pretendía una reducción a pesar de que cumpla con el límite, ya que esto fue lo que se definió en el alcance del programa. Además, el Programa de Oficina Verde pretendía la implementación de un ciclo de mejora continua para un mayor beneficio no solo económico, sino que también se verá reflejado en un menor impacto negativo al ambiente. Este indicador también forma parte de la línea base establecida para poder monitorear los avances al implementar el programa.

De la evaluación del consumo de insumos, se identificó que el de mayor consumo era el papel para impresiones con 928 resmas al año, 729 rollos de papel higiénico y 80 paquetes de servilletas de 500 unidades. Se identificó que no existe ninguna restricción en el consumo de estos insumos y que no se pesan los residuos para saber cuánto se generan por el uso de estos insumos. Llevar un control de la compra y uso de estos insumos es de ayuda para identificar las actividades críticas de la empresa. En este caso, la generación de residuos y el consumo de hojas de papel para impresión son las actividades que requieren de mayor atención para disminuir su impacto negativo en el ambiente. A partir de estos datos se generó el indicador de desempeño de consumo de papel, el cual fue de 10 resmas por persona al año. Este indicador está por encima del límite permisible establecido por el estándar que es de 7 resmas por persona al año. El incremento o decremento en una unidad de este indicador equivale a 93 resmas más o menos consumidas al año, esto por la cantidad de personas que trabajan en el área. Es decir que este índice al estar 3 por encima del establecido, equivale a un consumo de 279 resmas más de lo que deberías consumir según lo establecido por directrices de consumo de papel en edificios en los que se tienen implementadas buenas prácticas para reducir el consumo de este insumo. De acuerdo al alcance establecido para el programa se debe lograr una reducción del 20% del consumo de papel, que equivale a consumir 93 resmas menos de papel para lograr cumplir con el indicador de referencia, por esta razón este forma parte de la línea base de indicadores para poder monitorear la reducción en el consumo de papel y en el impacto ambiental negativo. Para mayor detalle de los datos obtenidos de la auditoría de los insumos de oficina consumidos, consultar el Anexo L, inciso 1: Diagnóstico de oficina verde en complejo comercial.

Para establecer el indicador de referencia de generación de residuos y monitorearlo en la implementación del programa se debe establecer un sistema de clasificación de residuos y de pesado de estos, esto con el objetivo de conocer la cantidad de residuos que se generan al día en esta área. No se pudo generar un indicador de desempeño de la generación de residuos debido a que actualmente no tienen implementado un sistema de control de la generación de estos. Tampoco se pudo determinar un indicador de desempeño del consumo de tóner, porque el servicio de impresiones es subcontratado. Para controlar el consumo de este, se puede solicitar a la

empresa que presta el servicio de impresiones el control de cambio de cartuchos para impresión y así poder generar el indicador correspondiente.

Como parte del diagnóstico realizado y dentro del estándar de oficina verde, también se contemplan mediciones sobre salud ocupacional de los colaboradores del área administrativa del complejo comercial. Es importante incluir estos estudios para asegurar que el desempeño de las actividades diarias de los colaboradores no se ve afectada por problemas en la iluminación del lugar, excesivo calor en las áreas de trabajo o niveles de ruido muy altos. Otro estudio de salud ocupacional que se puede contemplar es el de calidad del aire, pero según los recorridos realizados en las instalaciones se determinó que este estudio no era necesario en este caso específico, ya que no existen fuentes contaminantes del aire significativo cercano a esta área como empresas de materiales de construcción o industrias químicas. Es importante mencionar que el complejo comercial se encuentra en vías de expansión, por lo que es posible que se desarrollen obras de construcción cercanas al área de oficinas. En este caso valdría la pena realizar una evaluación de la calidad del aire en las instalaciones, ya que se podría ver afectada por material particulado fino proveniente del área de construcción.

En el estudio de iluminación realizado, se evaluó el cumplimiento de 112 puntos, uno por cada puesto de trabajo, según el Acuerdo Gubernativo 229-2014 enmienda 33-2016. Se determinó que el nivel de cumplimiento es de 16.96% lo cual corresponde a 19 puntos distribuidos entre las áreas de comedor, cocina, pasillos y salas de reuniones. De los puntos restantes, 85 están por debajo del límite mínimo permisible, equivalente a un porcentaje de 75.89% y ocho, que equivale a 7.14%, se encuentran por encima del máximo límite permisible. Además, para mayor confiabilidad en los resultados, el cumplimiento de los puntos también fue evaluado por la norma costarricense INTE 31-08-06-2000 para tener un marco de referencia de cómo se encuentra esta área respecto a lo establecido para oficinas en otros países, esto se puede observar en el anexo L, inciso 1: Diagnóstico de oficina verde en complejo comercial sección de aspectos ambientales. Los resultados obtenidos para esta es un nivel de cumplimiento de 10.71% y un 89.29% de incumplimiento con los límites establecidos en esta norma, donde los puntos que cumplen se encuentran distribuidos en la misma área que para el Acuerdo Gubernativo. Se tomó este porcentaje de cumplimiento como el indicador de referencia para la línea base, con la cual se puede monitorear el avance en la implementación del programa. Según el estándar de Oficina Verde se debe cumplir con al menos el 80% de los puntos, por lo que el indicador se encuentra muy por debajo del límite permisible establecido, esto indica que la mayor parte de los puestos de trabajo no tienen condiciones adecuadas para que los colaboradores realicen sus actividades diarias.

La iluminación incorrecta instalada puede causar efectos de fatiga en el personal, ya que pasan un tiempo considerable en sus áreas de trabajo y verse reflejada en una disminución de la eficiencia en sus actividades laborales. Dependiendo de la actividad que se desarrolla, los límites pueden variar ya que en una actividad que requiere de mayor esfuerzo visual se requiere de un nivel de iluminación más alta, ejemplo de estas actividades pueden ser las realizadas en los departamentos de finanzas y diseño del complejo comercial para los cuales no se cumple con los límites establecidos en ambas normas. Otros departamentos como el de seguridad, operaciones o ventas, requieren de niveles de iluminación más bajos ya que no por la naturaleza de su actividad laboral se encuentran menos tiempo en su área de trabajo o realizan actividades que requieren de menor esfuerzo visual. Poca iluminación, es decir los puntos que se encuentran por debajo del mínimo permisible, pueden dañar la vista de manera permanente ya que esta se fuerza más de lo que se debe para realizar las actividades. Pero no solo los niveles bajos pueden causar daños, los niveles muy altos de tienen a cansar la vista y ocasionar sueño. Por esto el nivel de iluminación se debe encontrar dentro de los rangos establecidos por el Acuerdo Gubernativo 229-2014 enmienda 33-2016.

El estudio de niveles de presión sonora fue realizado en 22 puntos de las instalaciones administrativas, seleccionados aleatoriamente, para los cuales se tiene un nivel de cumplimiento del 100% que de conformidad con el estándar se encuentra por encima del límite mínimo permisible de cumplimiento que es de 80% de cumplimiento. Este índice permite verificar que las condiciones de trabajo en lo referente al nivel de ruido al que están expuestos los colaboradores son aceptables y se puede trabajar el tiempo de 8 horas establecido sin ningún efecto para la salud. Para mayor detalle de las mediciones de niveles de estrés térmico, consultar Anexo L, inciso 1: Diagnóstico de oficina verde en complejo comercial sección aspectos ambientales. El estudio de niveles de estrés térmico realizado en el área administrativa del complejo comercial en el cual se contemplaron 21 puntos seleccionados aleatoriamente, obtuvo un nivel de cumplimiento del 100% que de acuerdo con el indicador de referencia del estándar que es de 80%, se encuentra por encima del límite mínimo permisible de cumplimiento. Esto indica que las condiciones de trabajo en lo referente a índice de calor son adecuadas para los colaboradores y que no se requiere invertir en opciones para mejorar la climatización en las áreas de trabajo. Los niveles de cumplimiento de estos dos estudios se tomaron como los indicadores de desempeño de la línea base, esto se puede observar en el Cuadro 94 de la sección de resultados. Debido a que en estos estudios tiene un cumplimiento completo se debe buscar mantener este nivel para garantizar que la actividad laboral de los colaboradores no se ve afectada por estos factores. Un exceso en el nivel de ruido o nivel de estrés térmico en el área de trabajo puede causar que la persona se levante con frecuencia de su puesto de trabajo, reduciendo el

tiempo de su actividad laboral. Además, un exceso de temperatura en el área de trabajo causa sueño y resfriados, con lo que se puede llegar a reducir el tiempo de trabajo de los colaboradores.

De acuerdo a los estudios y mediciones realizadas para la elaboración del diagnóstico de la situación actual del área administrativa del complejo comercial, se identificaron oportunidades de mejora para disminuir el impacto ambiental negativo de sus actividades y recibir un beneficio económico. En el Cuadro 95 de la sección de resultados se puede observar un resumen de estas recomendaciones, con el beneficio económico que proveen y la inversión que se requiere para la implementación de alguna de ellas. Para mayor detalle de estas, consultar el Anexo 1. Diagnóstico de Oficina Verde del Complejo comercial, sección de evaluación de recomendaciones para implementación de Oficina Verde.

Dentro del trabajo realizado en este módulo se contactó al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia y se negoció con ellos la realización en conjunto de la auditoría de Oficina Verde y la generación del diagnóstico con las recomendaciones a implementar para poder optar al Sello de Oficina Verde otorgado por ellos. Para esto, primero se realizó una vista a las instalaciones administrativas del complejo comercial con personal capacitado de CGP+L, para determinar las mediciones de salud ocupacional necesarias contemplar en la cotización y la situación de esta área. Después de realizada la visita, el CGP+L generó la cotización para realizar este estudio, sin contemplar horas hombre invertidas en realizar el inventario de equipo, tomar las mediciones de salud ocupacional y elaborar el diagnóstico pues eso correspondía a lo realizado en este módulo, de esta forma el CGP+L estaría apoyando y revisando los documentos preparados en este módulo, para reducir el tiempo necesario y definido por el estándar para optar a la certificación, ya que durante este estudio se iban a generar los datos que se requerían para generar implementaciones de mejora. La cotización se adjunta en el Anexo F, inciso 4 de este documento.

La organización no demostró interés por optar a esta certificación y pagar el monto de dinero, a pesar de los esfuerzos hechos para convencer a los altos directivos de certificarse. Según lo comentado por la persona enlace con el complejo comercial, este piensa optar a esta certificación el año siguiente para poder programar la inversión con anticipación, pero es importante mencionar que el precio de la cotización variará porque en esta ya se incluirán horas hombre ya que los estudios y la verificación del área la deberá hacer alguna persona capacitada del Centro Guatemalteco de Producción más Limpia.

Se conformó un comité de Oficina Verde, el cual será el encargado de monitorear los avances en la implementación del programa. En el Cuadro 96 de la sección de resultados, se puede observar los departamentos que integran este comité. Se determinó que era importante contar con la participación de estos departamentos, porque son los que se encuentran más relacionados con las áreas que se contemplan en el estándar. Se realizó una capacitación sobre Oficina Verde al comité, para informar sobre lo que es, el estándar que se tiene en Guatemala y como se implementa y monitorea el programa.

G. Módulo 7: Análisis financiero de proyecto y propuesta de diseño de planta de manejo de residuos en un complejo comercial

1. Análisis de diseño

a. Análisis del diseño actual, en la Figura 65 del apartado de resultados muestra la distribución de la planta actual, en base a las dimensiones experimentales tomadas con un metro de $5e-4$ m de incertidumbre, en distintas visitas a las instalaciones. La Figura 111 del apartado de anexos muestra el plano de la planta original, con dimensiones teóricas, el cual fue entregado al ser construida la misma. La Figura 112 del apartado de anexos muestra la distribución de la planta teórica, que la empresa tercera encargada de clasificar los residuos ha presentado como su distribución actual.

Cabe destacar de la Figura 111, que están delimitadas áreas de trabajo de una trituradora y una compactadora, sin embargo, el complejo comercial no cuenta con ninguna de dicha maquinaria. Además, en el plano teórico se encuentra detallado un área de clasificación recubierta con azulejo, mientras que en las condiciones actuales de la planta solamente se cuenta con un piso de concreto liso. Dicho piso es preferible para las instalaciones en que se tenga contacto con residuos y lixiviados, debido a que el material azulejo tiende a acumular plagas más fácilmente.

Por otro lado, al comparar la Figura No. 65 con la Figura No. 112, se observa que el área de almacenaje teórica de aluminio y chatarra, actualmente está siendo ocupada por jumbos, los cuales tienen la función de almacenar los residuos clasificados, para su posterior despacho. Aproximadamente, la empresa tercera cuenta con 50 jumbos de 1.5 m^3 , los cuales almacena en dicha área al no ser utilizados. En base a observaciones de las distintas visitas a las instalaciones, el área de almacenaje de los jumbos no tiene una gran rotación. Esto se debe al tipo de negocio

que es la industria del reciclaje, en el material ya clasificado se almacena por algunos días, para su posterior despacho, y depende del material la frecuencia en que sea recogido por el cliente. Debido a la poca utilización de los jumbos, se considera que estos podrían estar en un lugar más alejado, y reemplazar la utilización de su ubicación actual por un tipo de residuo que tenga mayor rotación.

Además, se observa que el área de almacenaje teórica de plásticos, actualmente está siendo ocupada por pallets o tarimas de madera, los cuales tienen la función de sostener los tipos de residuos que maneja la planta, para no ser colocados a nivel del suelo y así prevenir la acumulación de plagas. Aproximadamente, la empresa cuenta con 50 pallets de 1.3 m², los cuales almacena en dicha área al no ser utilizados. En base a observaciones, el área de almacenaje de pallets no tiene una gran rotación. Esto se debe a que al hacer un estimado de áreas de almacenaje en la planta, se requieren de 118 pallets para cubrir cada una de las áreas de almacenaje. Sin embargo, la empresa tercera cuenta con una mayor cantidad almacenada en esta área, a la que se le da uso cuando se desechan los pallets viejos, o cuando la empresa eventualmente realiza muebles para su posterior venta. Debido a la poca utilización de los pallets, se considera que estos podrían estar en un lugar más alejado, y reemplazar la utilización de su ubicación actual por un tipo de residuo que tenga mayor rotación. Cabe mencionar, que los pallets provienen de los residuos del complejo comercial, por lo que no se les ha agregado un valor financiero en el apartado de análisis financiero.

Seguidamente, se observó que el área de almacenaje teórica de cartón, actualmente está siendo ocupada para almacenaje de residuos electrónicos. En base a las observaciones de las distintas visitas, la cantidad de residuos electrónicos que se obtienen en la planta es mínima, lo cual se logra apreciar en el Cuadro 314 del apartado de anexos. Sin embargo, durante las visitas se hizo notar que el cambio de área de cartón, para el área actual de almacenaje, se debía primordialmente al alto peso que contienen los jumbos a transportar. Seguidamente se estarán reportando los riesgos que están presentes en las operaciones de la planta del complejo comercial.

Posteriormente, en base al plano de distribución teórico, se observó que el área de vidrio está en el área actual de chatarra y latón. Actualmente, el vidrio se almacena en el área de despacho de material reciclable, sin embargo, en las diversas visitas se observó que no colocaban las cajas de vidrio inmediatamente en su ubicación de almacenaje, luego de ser clasificadas. Al contrario, en algunas visitas los residuos de vidrio estaban a un costado del área de clasificación, esperando a ser “amarrados”, es decir, sellar la caja, y pesados para su posterior almacenaje. Además, se

notó que los operarios esperaban a tener en promedio 8 cajas llenas de vidrio clasificadas, llenas, y amarradas, para ser transportadas al área de almacenaje, con la ayuda de un troquet transportador.

Por último, se determinó que la planta tiene una baja capacidad de almacenaje actual para residuos generados, debido a que se ha implementado un área nueva improvisada, para el almacenaje de residuos coprocesables. Suponiendo que la utilización de la planta está en su máxima capacidad actual, y suponiendo un crecimiento realista del 14.34 % anual en la generación de residuos, el área necesaria para el manejo de residuos aumentará de 470 m² a 800 m² para el año 2021. Cabe resaltar que la ubicación de la planta actualmente, no le permite su expansión en el mismo nivel, por lo que se deberá evaluar una expansión vertical, o una nueva ubicación.

Para su mayor entendimiento, se realizaron los diagramas de flujo de los principales procesos de la planta de residuos, en las figuras 61, 62, 63, 64, del apartado de resultados. (Se recomienda consultar la Figura No. 1 para referencia en clasificación de residuos y su destino).

b. Funcionalidad operativa del diseño actual, con el objetivo de evaluar la funcionalidad operativa del diseño actual de la planta, se procedió a realizar un diagrama de recorridos en base a la distribución diagramada anteriormente (ver Figura 66). Cabe resaltar que, en dicha figura se tiene el punto de inicio en el área de clasificación, debido a que este análisis de tiempos de transporte, solamente se enfocó en tiempos de transporte desde el área de clasificación de residuos, hacia sus áreas de almacenaje, y hacia la salida para su posterior despacho. No se tomó en cuenta el tiempo de transporte de la entrada de la planta, hacia el punto de inicio del área de clasificación, debido a que son tiempos muy variables, siendo estos realizados en ocasiones por la empresa subcontratada para recolección de residuos, y en otras ocasiones por la empresa subcontratada para clasificación de los mismos.

Seguidamente, se obtuvo el tiempo promedio en que los operarios realizan cada una de las rutas de flujo de residuos. Dichos tiempos fueron observados de manera aleatoria, en un día de visita a la planta, derivado de factores externos como tiempo disponible para el estudio de los mismos. Habiendo obtenido el tiempo promedio de cada ruta diagramada, se procedió a obtener la velocidad promedio de cada una de ellas (ver Cuadro 97). Consecutivamente, se obtuvo la masa transportada por el operario en cada una de las rutas. Para ello, se utilizaron los datos del Cuadro 98 y Cuadro 99, en que se relaciona el residuo que transporta por medio de carga o levantamiento,

que empuja, o que arrastra. En el Cuadro 98, se detalla el tipo de contenedor que utilizan los operarios para transportar los residuos. Asimismo, se detallan las dimensiones de cada uno de ellos, para su posterior análisis de relación con el residuo a transportar. En el Cuadro 99, se detallan los tipos de residuos que se analizaron para obtener la cantidad de carga (kg) que los operarios transportan en cada ruta. Debido a la gran variabilidad de tipos de residuos que manejan en la planta, se decidió enfocarse en las presentaciones más comunes de cada uno de los residuos, pues son las que mayormente se presentan en la planta. La forma en que se obtuvo la masa transportada fue usando la relación del volumen del contenedor, dentro del volumen del residuo analizado, multiplicado por la masa unitaria del residuo analizado. Este cálculo presenta una fuente de error, debido a las irregularidades de los empaques de cada uno de los residuos, en que deja lugar a espacios de aire entre cada uno de ellos, dejando de ocupar en su totalidad el volumen del contenedor.

A partir de esto, se obtuvo que el tiempo promedio en que un trabajador transporta los residuos durante la cantidad de observaciones, es de 419.39 s (6.99 min). Para obtener el tiempo efectivo de transporte durante un turno de trabajo, se obtuvo la cantidad de viajes que deberían de hacer para cada uno de los residuos, a partir de la proporción de residuos reportada según los datos históricos. El total de tiempo efectivo de transporte, durante una jornada de trabajo, sería de 898.06 s (14.97 min) en el escenario pesimista de transportar reducidas cantidades de cargas, y por ende, mayor cantidad de viajes; y de 489.98 s (8.17 min) en el escenario optimista de transportar elevadas cantidades de cargas, y por ende, menor cantidad de viajes.

Debido a que el transporte de los residuos es una operación que ocupa tiempo efectivo de trabajo de cada operario, y sabiendo que, según el módulo de logística, el proceso de clasificación de residuos es el cuello de botella del sistema analizado, se decidió realizar una redistribución que permita disminuir la cantidad de tiempo en que los operarios transportan los residuos. Para ello, se refirió al apartado de anexos en el Cuadro 314, en que se detalla la proporción de los mismos. Según dicha información, el tipo de residuo que se maneja en mayor proporción, es el cartón, el segundo coprocesable, el tercero vidrio, el cuarto plástico, el quinto papel, el sexto aluminio, el séptimo tetrapak, el octavo latón, y el noveno electrónico. Se abstuvo de analizar los residuos orgánicos, debido a que la ruta que actualmente se toma para su almacenaje, es la única ruta disponible, según las indicaciones del complejo comercial. Si bien en la Figura 65 se observa una puerta del segundo nivel, en la PMDS, que conduce a un compartimiento para el residuo de materia orgánica en las composteras, dicha puerta no está en uso actualmente, debido a que el complejo comercial junto con la empresa separadora, decidieron no transitar por esa ruta con los residuos orgánicos, debido a la cantidad de líquidos que ellos derraman. Además, se abstuvo de analizar

los residuos de aceite vegetal, debido a que el complejo comercial indicó que el área en que están ubicados actualmente es la que debe permanecer. También se abstuvo de analizar los residuos obsoletos, debido a que el acuerdo realizado con el servicio municipal es que durante la semana y días sábado, los residuos deberán estar en la entrada de las instalaciones de la planta, y en día domingo podrán quedarse en la segunda cámara de la compostera, la cual quedó en desuso y fue reemplazada por almacenaje de herramientas y de los residuos obsoletos mencionados.

A partir de esto, se realizó una redistribución mínima, en la que se observa una disminución en el tiempo de transporte de residuos (ver Cuadro 101 y Cuadro 102). Con la nueva distribución, Figura No. 69, en la que se le da prioridad de distancia a los residuos con mayor proporción sobre los reportes mensuales, se obtuvo un tiempo de promedio de transporte, según la cantidad de observaciones de 393.69 s (6.56 min). Con esta redistribución, el total de tiempo efectivo de transporte, durante una jornada de trabajo, sería de 822.05 s (13.70 min) en el escenario pesimista, y de 460.57 s (7.68 min) en el escenario optimista. Esto representa un ahorro de tiempo efectivo de transporte anual de residuos dentro de la planta, de 26,910.20 s (7.48 h) en el escenario pesimista, y de 10,410.61 s (2.89 h). A pesar de no ser un ahorro sustancial en el tiempo efectivo de transporte, se concluye que el rediseño de la planta deberá ir enfocado en reducir las distancias, derivado de factores externos, buscando ahorro de tiempo en transporte, y el tener mayor tiempo disponible para la clasificación de residuos.

En la vista superior de la redistribución propuesta, se observan dos áreas nuevas en la distribución de la planta, las cuales corresponden a una trituradora y una compactadora. Más adelante en el trabajo, se discutirá sobre una trituradora seleccionada, junto con los costos que implica. Asimismo, se discutirá sobre la compactadora a adquirir, junto con los costos financieros que implica su adquisición. Sin embargo, ahora se procede a detallar la definición del área de trabajo cada una, así como su ubicación en la planta.

c. Determinación de área de trabajo y ubicación para trituradora y compactadora propuesta, en la Figura 126 del apartado de anexos, se observa la cotización para la trituradora seleccionada. Dicha trituradora tiene un área de 1.10 m². De acuerdo a los estándares sobre el espacio físico de maquinaria se consideró un espacio libre de 0.75 m entre el pasillo y el área de trabajo, y 0.9 m de espacio libre entre la máquina y cualquier objeto que la rodea. En la Figura 67 se logra apreciar la máquina trituradora y tres circunferencias, que representan a los botes o contenedores en los que los operarios actualmente manejan los

residuos orgánicos. Considerando los espacios anteriormente mencionados se obtuvo un área de 20.9 m³.

Para ubicar la máquina trituradora se tuvo tres criterios en consideración: cercanía al área de clasificación, la cercanía a las composteras, y la carga sobre el peso aceptable. El criterio sobre la cercanía al área de clasificación no se cumple debido a que ya se no ya no se está utilizando la entrada al nivel superior de la compostera, por medidas de prevención de derrames de líquidos. El criterio de cercanía composteras si se cumple debido a que se localiza a la par de la compostera, el criterio sobre carga en el piso aceptable se cumple debido a que es menor a la carga a la resistencia del concreto, el cual es el material que la empresa pondrá en el área requerida. Dicha ubicación se aprecia en la Figura 69 con la distribución propuesta de la planta.

Para determinar el área de trabajo de la compactadora se tomó en consideración el área de la máquina la cual es de 1.124 m². También se contempló la puerta de la máquina, la cual tiene un ancho de 0.9 m. Además, se contempló el estándar de 0.75 m de espacio al pasillo, y 0.9 m de espacio entre la máquina y sus alrededores. También se contempló un espacio para la materia prima, en este caso se tomó el área de un jumbo 1 metro cuadrado, y el área de producto terminado, en este caso una paca de 0.54 m². (Figura No. 68)

Para ubicar la compactadora en la planta propuesta, se tomaron los siguientes criterios: la cercanía al área de clasificación, la cercanía al área de plástico, la cercanía al área de cartón, la cercanía de papel, como la cercanía al área de aluminio. También se tomó como criterio el que su área estuviera cerca de alguna columna en el primer nivel, lo cual se comprueba en la Figura 110. De igual forma, se tomó en cuenta la carga sobre el piso aceptable. Posteriormente, se determinó la ubicación de la compactadora en el área media de almacenaje, de la parte posterior de la planta.

d. Análisis de seguridad industrial diseño actual, como se mencionó anteriormente, y como se observa en el Cuadro 97, los operarios transportan residuos de vidrio, alcanzando una cantidad aproximada de 184 kg empujada. A partir de esto, se decidió realizar un análisis de riesgos, mediante una matriz de riesgos cualitativa, la cual se encuentra en el apartado de resultados, en el Cuadro 104. Para esto, se decidió identificar los riesgos provenientes de cada operación detallada en los diagramas de flujo mencionados.

Durante la recepción y el transporte, los operarios están expuestos a riesgos tales como riesgos ergonómicos y de caídas al mismo nivel. Cabe mencionar que dichos riesgos se encuentran presentes durante todas las operaciones de la planta, pero se decidió detallarlas únicamente durante la recepción y transporte. La carga máxima que los operarios están levantando y transportando actualmente, de forma manual, es de 55 kg, superando por 35 kg el límite aceptable de carga manual para el humano (ver anexos, Cuadro 316). La carga máxima que los operarios están empujando actualmente es de 180 kg, mientras que el límite aceptable para empujar del ser humano es de 43 kg (ver anexos, Cuadro 317). La carga máxima que un operario arrastra de forma manual, es de 455 kg, lo cual equivale a un jumbo de 1.5 m³, lleno de cartones hasta casi su máxima capacidad, debido a que los operarios se aseguran de apachar los mismos para que logren ocupar un mayor contenido neto de cartón dentro del volumen del jumbo; sin embargo, este dato puede variar de acuerdo al porcentaje de aire que exista entre cada pieza de cartón dentro del jumbo. Además, los riesgos por caídas al mismo nivel, repercuten principalmente, en que el piso del área de clasificación está constantemente con derrames de líquidos provenientes de las bolsas de residuos. También, se obtuvo un promedio de 90 lx de iluminación en el área de clasificación, mientras que el nivel aceptable para la realización de tareas visuales de gran contraste es de 215 lx. Este es otro factor que provoca caídas de los operarios, por lo que se recomienda que se coloquen luminarias uniformemente distribuidas a lo largo del área de clasificación, y a una menor altura.

Durante la clasificación, los operarios están propensos a diversos tipos de riesgos, tales como riesgos químicos por la vía del sistema integumentario al tener contacto con una variedad de tipo de residuos que ellos clasifican. Entre los residuos que significan un mayor riesgo para los operarios se encuentran, el contacto con residuos bioinfecciosos. A pesar de ser mínima la cantidad de este tipo de residuos la que se recupera mensualmente, es imperativo que el complejo comercial haga esfuerzos sobre una concientización de la importancia de separar este tipo de residuos, y señalizarlos. Otros residuos que significan un riesgo para los operarios que clasifican, son los residuos químicos tales como el cloro, el tiner, el litio, entre otros. Los operarios cuentan con botas de hule antideslizantes, las cuales usan dentro del pantalón, por lo que se recomienda que las usen fuera del pantalón para prevenir derrame de sustancias peligrosas dentro del área de los pies. También, se tiene contacto con objetos cortopunzantes de una forma regular, por lo que se está propenso a adquirir cualquier tipo de infección cutánea. Asimismo, como lo es sabido de este tipo de industrias, la presencia de vectores es algo intrínseco de las mismas, por lo que el control de la presencia de moscas, o algún tipo de plagas, es de alta importancia. Actualmente la empresa tercera ha logrado disminuir la presencia de moscas, mediante la implementación de atrapamoscas, sensores de movimiento de moscas, y cera de veneno para insectos.

Además, durante la clasificación, los operarios están propensos a riesgos por el diseño de la estación de trabajo, debido que deben estar de pie durante su jornada laboral de 8 horas, la altura de la mesa de clasificación es de 0.75 m, y no poseen tapetes antifatiga. Asimismo, como bien se mencionó anteriormente sobre la iluminancia, en la planta existen riesgos por diseño de ambiente de trabajo. Entre ellos, se puede mencionar sobre el nivel de ruido promedio en el área de clasificación, el cual es de 70 dBA, siendo este adecuado para una jornada de 8 h; sin embargo, en ciertos momentos al depositar el vidrio en cajas de clasificación, el nivel de ruido alcanza los 110 dBA, por lo que se recomienda que los operarios utilicen tapones de oído al estar expuestos a niveles altos de ruido. Con respecto al estrés térmico, en el área de clasificación existe un promedio de 75 % de humedad, y una temperatura promedio de 23.9 °C. Se recomienda que se tengan abiertas las ventanas durante la mayoría de la jornada laboral, debido a que el nivel aceptable máximo de temperatura para el ambiente de trabajo es de 18 °C. Además, se recomienda que se tomen medidas para aliviar porcentaje de humedad actual, debido a que eso repercute directamente en el desempeño de los operarios, pues el nivel aceptable de humedad es de 40 % a 70 %.

Un tipo de riesgo que se ha presentado pocas veces, pero que sigue siendo importante prestarle atención, es el riesgo criogénico, pues se ha tenido contacto con contenedores de gases comprimidos, provenientes de talleres. Durante las visitas, se observó que los operarios tenían la instrucción de vaciar su contenido siempre que tuvieran un tipo de residuo con gas.

Durante la etapa de clasificación, los operarios deben separar los residuos de vidrio, y depositarlos en botes o cajas, luego de eso con un martillo golpean el contenido de vidrio, para destrozarlo y lograr así un mayor contenido neto. Durante las visitas, solamente se observó a un operario utilizando sus lentes protectores de virutas de vidrio. También, durante la clasificación, los operarios llenan jumbos de 1.5 m³ con cartones, plásticos PET, y tetrapak, sin embargo, para lograr un mayor contenido neto de cartón, los operarios suben a los mismos y por su peso logran compactar más el cartón ingresado. El riesgo por caída es inminente, por lo que se sugiere que se adquiera una compactadora para evitar tener que llenar contenedores tan altos, o utilizar una escalera para su mejor manejo.

Durante el almacenaje de los residuos ya clasificados, se establecieron tres tipos de riesgos, riesgos por caídas de objetos de distinto nivel, riesgos químicos por sistema respiratorio, y riesgos por fuego y explosión. En la Figura No. 65, se observa que hay un área destinada a canastas, dicha área comprende un aproximado de 3 m de altura de canastas apiladas, las cuales

sobrepasan el nivel límite apropiado de 1.5 m³. Se sugiere que se utilicen pallets para su mejor organización, de una manera uniforme. Con respecto a los riesgos químicos por inhalación, se tiene un factor que, si bien no es mortal, es molesto y provoca daños en la salud de los operarios; el estar expuestos a un mal olor constante, principalmente por ácido sulfhídrico o materia orgánica en descomposición. Los operarios cuentan con mascarillas, sin embargo, se manifestaron en no querer utilizarlas debido a que les provoca calor y empañamiento en los lentes, aunque tampoco se observó que utilizaran los lentes, a excepción de uno de ellos. El complejo comercial ha tratado de contrarrestar el mal olor emitido por la planta de manejo de residuos sólidos, mediante la instalación de cortinas plásticas; aun así, a una distancia de 10 m aproximadamente, es inevitable el percibir el mal olor emitido por los residuos almacenados o clasificados en la planta. El riesgo por fuego y explosión que se tiene en la planta, proviene de materia orgánica como madera y papel, líquidos combustibles como el aceite, tiner, y pintura, también por circuitos eléctricos presentes en las instalaciones. La empresa separadora cuenta con tres extintores de fuegos de tipo ABC, con los mantenimientos a la fecha, señalizados, y con la altura aceptable que es menor a 1.7 m. Se indicó que los operarios han recibido capacitaciones acerca del uso de los extintores, y también se cuenta con diversas señalizaciones informativas en casos de emergencia.

Durante el despacho, se tiene el riesgo ineludible de descargas eléctricas, por los postes de luz que están fuera de las instalaciones, y demás tipos de conexiones eléctricas presentes en sus alrededores. Los operarios cuentan con botas industriales dieléctricas, aunque no hacen uso de ellas muy frecuentemente, sino que utilizan las botas de hule, durante la mayor parte de la jornada. Todas las conexiones eléctricas tienen toma de tierra. Las cajas de disyuntores se encuentran señalizadas y cerradas.

Por último, durante el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, se tiene el riesgo por contacto con agentes patógenos biológicos, compuestos volátiles, y alta temperatura. Durante el volteo del compost, se percibió un olor muy desagradable, y se observaron gases densos saliendo de la compostera. En este caso, se tiene contacto con compuestos volátiles, tales como compuestos sulfurados, y gas metano. La empresa separadora cuenta con dos trajes completos, con careta y filtro contra partículas, el cual usa para el momento de fumigar el compost. Sin embargo, se estuvo presente en una ocasión en que se realizó el volteo del compost, y ambos trabajadores estaban utilizando su overol de trabajo regular, sin ningún tipo de protección extra. Se recomienda que utilicen una mayor proyección al realizar el volteo, debido a que presenta un gran peligro para la salud de los operarios.

e. Análisis seguridad industrial maquinaria (trituradora y compactadora) propuesta, tal como se aprecia en la Figura No. 69, para la distribución propuesta del diseño de la planta, se contempló la adquisición de una compactadora y una trituradora.

Dicha compactadora se justifica por la variabilidad del área ocupada por cada residuo, lo cual se observó durante las diversas visitas, en que ciertos días tenían el cartón en el área designada, y otros días tenían el cartón afuera de la planta en el área de coprocesable, entre otras variables. También, tal como se aprecia en la Figura No. 123, el área de clasificación normalmente está muy saturada, con residuos clasificados, o con contenedores en espera de ser llenados al 100 % de su capacidad. Uno de los jumbos que mayormente es utilizado en la planta, es de 1.5 m³, mientras que el volumen de las pacas que se obtendrán de la compactadora, será de alrededor de 0.49 m³. Con esto, se podría afirmar que tres pacas de residuos compactas, y con aproximadamente 100 % de contenido neto del residuo a compactar, cabrían en un jumbo, que obstruye el paso, y que tarda en llenarse alrededor de tres días. Con esto, se espera lograr un mejor aprovechamiento del espacio, así como el liberar a los operarios de riesgos por caídas de un distinto nivel, tal como se mencionó anteriormente en el análisis de riesgos.

Por otro lado, la trituradora propuesta se justifica mediante el módulo de Ingeniería Química, titulado “Evaluación y propuesta para el diseño preliminar de compostera con sistema aeróbico en un complejo comercial”, en que se propone un sistema aeróbico de manejo de compost, para un mejor proceso de descomposición. Dicho sistema requiere de una trituradora que permita reducir el tamaño de los residuos, a un diámetro de alrededor de 14 mm, para su posterior ingreso a la compostera. Seguidamente, se analizan los riesgos que conlleva adquirir dicha maquinaria (ver Cuadro No. 105).

Ambas de las máquinas conllevan el riesgo de atrapamiento, por lo que es inminente que se capacite a los empleados sobre las precauciones que deben tener al tratar con las mismas. Deberán ingresar y extraer material de las máquinas, únicamente cuando estén apagadas. Cabe mencionar que el proveedor de ambas máquinas proveerá el manual de uso de cada máquina, junto con las precauciones a contemplar. Además, se deberá indicar que el traje a utilizar, al manejar las máquinas, será de manga corta, y no con dimensiones holgadas sobre el cuerpo de los operarios.

Debido a la fuente de energía de las máquinas, se tiene el riesgo inminente de descargas eléctricas, por lo que es importante el capacitar a los empleados sobre la forma de reaccionar ante una de estas situaciones, además de prohibir el uso de líquidos alrededor de las conexiones eléctricas de las máquinas. También se deberá de realizar un estudio de nivel de ruido que emitirán las máquinas al momento de su adquisición, para prevenir sobre posibles riesgos auditivos a los operarios.

En el caso de la compactadora, se deberá contemplar el peso a cargar de cada una de las pacas, y contar con el troquet transportador cada vez que la paca supere los límites aceptables de carga del ser humano. Se recomienda realizar un análisis financiero de adquirir un mayor equipo para el transporte de los residuos, tales como motacargas, o mayor cantidad de troquets.

2. Análisis financiero

a. Análisis financiero de situación actual, para este análisis financiero, se volvió a examinar el comportamiento de los residuos generados, a partir de los reportes mensuales de enero de 2016 a agosto de 2017. Para esto, se recomienda consultar la Figura No. 43 del apartado de Antecedentes, en el que se observan los datos históricos sobre la cantidad de residuos reportados durante dicho plazo. Factor importante en este análisis, como bien se mencionó en el apartado de Justificación es que, a partir de diciembre de 2016, la planta cambió de administración, por lo que se observa una tendencia más constante en la cantidad de residuos reportada desde enero a agosto de 2017. Es por esto que se estudió la distribución de probabilidad de los residuos reportados durante el año 2017, para obtener un pronóstico de la cantidad a reportar en los últimos dos bimestres del 2017. En el Cuadro 315, se observa que la distribución de probabilidad del total de residuos reportados durante el 2017, corresponde a una distribución normal. Según su distribución, la media es de 30,799 kg, con una desviación estándar de 1,955 kg.

A partir de esto, con un 95 % de confianza, se obtuvieron tres escenarios de probabilidades sobre el comportamiento de los residuos, para los últimos dos bimestres del año. En un escenario pesimista, el valor más probable a recuperar sería de 26,889 kg, al restarle dos desviaciones estándar a la media, según su nivel de confianza indicado. En un escenario realista, el valor más probable a recuperar sería de 30,799 kg, según su media. En un escenario optimista, el valor más

probable a recuperar sería de 34,709 kg, al sumarle dos desviaciones estándar a la media, según su nivel de confianza indicado.

Cabe mencionar, que se aplicó un factor de estacionalidad a los valores obtenidos para los tres escenarios. Dicho factor se obtuvo a partir del total de residuos reportados en los últimos dos bimestres del año 2016, entre el promedio de residuos reportados durante todo el año 2016. Esto se realizó, debido a que se consideró que en los últimos meses del año el complejo comercial tenga mayor cantidad de visitantes, los cuales aumenten la cantidad de residuos a generar; también se debe a que, la distribución de probabilidad normal, no toma en cuenta factores externos tales como la estacionalidad.

Cuadro No. 164: Total de residuos pronosticados para 2017 en tres escenarios

Año	2016		2017					
Mes	Total residuos kg	Factor	Total residuos pesimista kg	Total residuos pesimista con factor kg	Total residuos realista kg	Total residuos realista con factor kg	Total residuos optimista kg	Total residuos optimista con factor kg
1	19,781.82		29,419.53	29,419.53	29,419.53	29,419.53	29,419.53	29,419.53
2	16,162.43		32,468.20	32,468.20	32,468.20	32,468.20	32,468.20	32,468.20
3	21,435.77		28,689.33	28,689.33	28,689.33	28,689.33	28,689.33	28,689.33
4	25,255.92		31,336.84	31,336.84	31,336.84	31,336.84	31,336.84	31,336.84
5	25,221.54		30,899.94	30,899.94	30,899.94	30,899.94	30,899.94	30,899.94
6	34,858.61		27,841.79	27,841.79	27,841.79	27,841.79	27,841.79	27,841.79
7	22,945.80		34,254.97	34,254.97	34,254.97	34,254.97	34,254.97	34,254.97
8	38,112.45		31,503.31	31,503.31	31,503.31	31,503.31	31,503.31	31,503.31
9	34,858.61	1.19	26,889.23	32,024.94	30,799.24	36,681.74	34,709.24	41,338.54
10	45,885.56	1.57	26,889.23	42,155.50	30,799.24	48,285.40	34,709.24	54,415.30
11	36,310.26	1.24	26,889.23	33,358.59	30,799.24	38,209.31	34,709.24	43,060.04
12	30,392.95	1.04	26,889.23	27,922.30	30,799.24	31,982.52	34,709.24	36,042.75
Total	351,221.72			381,875.24		401,572.89		421,270.54

Habiendo obtenido el valor más probable a reportar de residuos para los últimos dos bimestres del año 2017, en los tres escenarios, se obtuvo un porcentaje de crecimiento para cada uno de ellos. Este porcentaje se compone de la diferencia total de residuos a recuperar en el año 2017, y el total de residuos reportados en el año 2016.

Cuadro No. 165: Crecimiento anual de generación de residuos en tres escenarios

Escenario	Crecimiento anual
Pesimista	8.73%
Realista	14.34%
Optimista	19.94%

Habiendo fijado el valor más probable a reportar sobre la totalidad de residuos en los tres escenarios, y el porcentaje de crecimiento anual en los tres escenarios, se procedió a obtener el total de ingresos y egresos, estado de resultados, estado de flujo de efectivo, y proyecciones financieras a 5 años, para los tres escenarios. Seguidamente, se discutirán los resultados, en base al escenario realista, de un crecimiento del 14.34 %, sin embargo, en el apartado de Anexos, se detallan los resultados para los escenarios pesimista y optimista.

En el Cuadro 106, se encuentra el detalle de costos, gastos, y activos, con los que actualmente está incurriendo el complejo comercial, en la situación A. Estos fueron recopilados presencialmente con el contacto del complejo comercial. Cabe mencionar, que el valor de ingresos por ahorro del abono orgánico, proviene de un levantamiento de datos de abonos en el mercado de Guatemala, asumiendo que su abono cumple con las condiciones ideales y niveles ideales de venta (Cuadro 322). Dicho ingreso se calculó mediante el valor más probable a obtener de residuos orgánicos recuperados, a partir del total de residuos a recuperar según la media detallada anteriormente, junto con el porcentaje de la proporción de residuos orgánicos (Cuadro 315). Además, se aplicó un porcentaje de 80 % sobre el ingreso, debido a que actualmente la empresa separadora obtiene el 20 % de la producción. En cuanto al ingreso de biodiésel, se calculó mediante los requerimientos del módulo de “Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel”, en el que se detalla que el precio de venta por galón es de Q 21.89, y se están consumiendo 25.4 gal de biodiésel al mes, con el acuerdo de que la universidad obtiene el 50 % de lo producido.

En base a dichos datos, se elaboró el estado de resultados en un período mensual y anual, el cual se detalla en el Cuadro 115. Actualmente, se está teniendo una utilidad negativa, es decir, un valor negativo de Q 48,476.08 mensualmente, en lo relacionado al análisis financiero de la operación de la planta de manejo de residuos sólidos del complejo comercial. Seguidamente, se detalla el estado de flujo de efectivo, en el que se toma en cuenta la depreciación de los activos

que el complejo comercial posee. Actualmente, se está teniendo un flujo de efectivo negativo, de aproximadamente Q 48,586.95 mensualmente.

Dichos resultados se deben a que el complejo comercial está obteniendo un beneficio económico mínimo, de ahorro en consumo de abono orgánico y de ahorro en consumo de biodiésel. Cabe recalcar, que tal como se mencionó en el apartado de Justificación, los procesos de recepción, clasificación, almacenaje, y despacho, son realizadas actualmente por medio de un tercero, la empresa separadora, y es dicha empresa es quien obtiene el beneficio económico de la venta de los residuos reciclables.

Por lo anterior, surgió el objetivo de determinar la rentabilidad financiera de substituir el sistema actual de manejo de residuos dentro de la planta realizado por un tercero, por el manejo realizado con administración y recurso humano propio del complejo. Asimismo, se evaluó la comercialización de los productos generados, a partir del aprovechamiento de los residuos, orgánicos e inorgánicos reutilizables, producidos en el complejo comercial.

En el Cuadro 107, se encuentra el detalle de costos, gastos, y activos, con los que el complejo comercial estaría incurriendo al momento de independizar el manejo de los residuos dentro de la planta, situación B. Dicho cuadro se realizó en base a los requerimientos que el complejo comercial indicó, junto con las rotaciones de los mismos, los cuales se procedieron a cotizar respectivamente (Cuadro 323, 324, 325). Además, se encuentran los ingresos que tendrían a partir de la comercialización de los residuos inorgánicos reciclables, los cuales se fijaron en base a cotizaciones respectivas con empresas recicladoras (Cuadro 326). La comercialización de los residuos se realizó a partir de la proporción (Cuadro No. 308) de cada uno de los residuos, sobre el valor más probable a obtener del total de residuos para el escenario realista.

Seguidamente, en el apartado de Resultados, Cuadro 116, con el estado de resultados y estado de flujo de efectivo de la situación B se tiene un valor negativo mensual de Q 43,578.95 aproximadamente. Para analizar la situación que sería mejor para el complejo comercial, se realizó un análisis financiero proyectado para ambas opciones, en las que se obtuvo el VPN, Cuadro 118 y 119. La situación A muestra un VPN de Q (2,606,609.08), y la situación B muestra un VPN de Q (2,301,702.70). Para esto, se tomó en cuenta un valor del 10 % para la tasa mínima atractiva de rendimiento, compuesta por la tasa de interés líder de la Junta Monetaria (tasa libre de riesgo) del 3 % a octubre de 2017, que sería lo mínimo que esperaríamos ganar la empresa, el 7 % de tasa de

captación de plazo fijo del Banco Industrial a octubre de 2017 (rendimiento de mercado), y el 0 % de riesgo debido a que es un proyecto interno, con inversionistas en su misma propiedad.

Cabe mencionar, que se utilizó un porcentaje de crecimiento de 14.34 %, para los ingresos por ventas, debido al crecimiento anual de residuos más probable, según el escenario realista detallado anteriormente. Debido a que la producción de más residuos va relacionada con las operaciones de la planta, se utilizó el mismo porcentaje de crecimiento a los materiales, mano de obra, y costos indirectos de fabricación. Se decidió mantener constante el valor de los gastos, debido a que los mismos se verían afectados únicamente por la inflación, y siendo la inflación poco variable para Guatemala, se decidió no aplicarle ningún factor de crecimiento para las tres situaciones analizadas.

En base al análisis anterior, se determinó que el complejo comercial debería independizar el sistema actual de manejo de residuos dentro de la planta realizado por un tercero. Ello se debe a que el VPN de la situación B es menos negativo que la situación A, es decir, la situación B tiene una menor pérdida asociada. Cabe resaltar que, si bien la planta generaría un flujo de efectivo neto negativo, durante el tiempo de análisis, es necesario contemplar el manejo de la misma como un costo operativo del complejo comercial, el cual se deberá de financiar a partir de actividades que le generen un porcentaje de margen, tales como el cobro de parqueos. Esto sin contemplar la planta como un costo independiente del complejo comercial, debido a que los residuos van directamente relacionados a la cantidad de inquilinos, cantidad de visitantes, actividades extraordinarias, porcentaje de construcción, educación y cultura de las personas, entre otros.

b. Análisis financiero de situación propuesta, habiendo acordado en independizar el sistema actual de manejo de residuos dentro de la planta realizado por un tercero, se procedió a trabajar la propuesta financiera para la situación C. Dicha situación se compone de los costos, gastos, y activos, de la situación B aceptada como la mejor opción, y los costos, gastos, y rubros de activos, por la maquinaria que ciertos módulos del megaproyecto están proponiendo. Para los rubros dados en dólares, se utilizó el tipo de cambio Q 7.34, al 11 de octubre del 2017.

Para el módulo de “Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel” se tienen los rubros que involucra el adquirir una planta de biodiésel. Asimismo, se tiene un mayor ingreso por biodiésel, debido a que ahora el complejo comercial estaría obteniendo totalidad de la producción, y no solamente el 50 % como lo acordado con la universidad. Se

recomienda consultar dicho módulo, para un mayor detalle de selección de maquinaria, y detalle de costos operativos de la misma.

Para el módulo de “Evaluación y propuesta de la instalación de un generador eléctrico operado con biodiésel para carga de vehículos eléctricos”, también se tienen los rubros de adquirir dicha maquinaria, detallada en el módulo correspondiente. Cabe mencionar que, de 50 gal de los producidos por la planta de biodiésel, 25 gal estarían destinados para el uso de los vehículos eléctricos del complejo comercial, mientras que los otros 25 gal estarían destinados para el funcionamiento del generador. Con esta opción, se estaría teniendo un ingreso de alrededor de Q 19,000 en energía ahorrada por el generador. Se recomienda consultar dicho módulo, para un mayor detalle de selección de maquinaria, y detalle de costos operativos de la misma.

Para el módulo de “Evaluación y propuesta para el diseño preliminar de compostera con sistema aeróbico en un complejo comercial”, se elaboró una matriz de selección, con los rubros que el complejo comercial consideraba importantes para escoger la mejor opción (Cuadro 108 y 109). En base a los resultados de la matriz de selección, la trituradora a adquirir es la de marca ENERPAT, proveniente de China. Seguidamente, se evaluó el VPN de las tres máquinas cotizadas (Cuadro 110 al 113), en el que de igual manera se obtuvo que la trituradora ENERPAT es la opción a escoger, debido a que tiene un VPN menos negativo a los demás. Habiendo establecido la máquina en base al análisis técnico de matriz de selección y análisis financiero de VPN, se procedió a incluir todos los rubros por adquirirla, y se desarrollaron los mismos en el detalle financiero de la situación C. Cabe mencionar que, al adquirir esta máquina, el valor de ingresos por producción de abono, sería mayor, debido a que la disminución del tamaño de las partículas acelera el proceso de descomposición. Se recomienda consultar dicho módulo, para un mayor detalle de requisitos para el funcionamiento óptimo de la descomposición de residuos en una compostera con sistema aeróbico.

Además, se incluyeron también todos los rubros de adquirir la compactadora, de Marbe Respresentaciones, que el complejo comercial ya había cotizado, la cual se detalla en el apartado de anexos (Figura No. 127), con su debida cotización. Se obtuvo el estado de resultados y estado de flujos de efectivo, con lo cual se obtuvo finalmente el VPN de la situación C propuesta.

Se obtuvo un estado de resultados y estado de flujo de efectivo, en el que se utilizó el mismo porcentaje de crecimiento de ingresos por ventas y costos por producción, de 21 % mencionado

anteriormente. La situación C obtuvo un VPN de Q (5,224,292.66), al proyectarlo a 5 años. Cabe resaltar que el proyecto nunca devolverá un VPN positivo con los años, debido a que los costos siempre serán mayores a los ingresos, y crecerán en la misma proporción. Sin embargo, como bien se mencionó anteriormente, no se debe de contemplar la planta como un costo independiente del complejo comercial, sino que, como un costo operativo del mismo, debido a los factores intrínsecos de las demás operaciones mencionadas.

Al haber obtenido el VPN de la situación C, se comparó con el VPN obtenido en la situación A. Claramente, el VPN de la situación C, es aproximadamente el doble de negativo de la situación A, dando lugar a que el valor actual de la empresa disminuya en casi el doble al ejecutar el proyecto. Sin embargo, es de considerar que pueda ser estratégico para la empresa, el adquirir estos equipos, y promocionar al centro comercial como el pionero en el manejo integral de los residuos sólidos en el país. Recalcando lo antes mencionado, este análisis financiero no puede ser tomado como un resultado de pérdida para el complejo comercial, debido a que el manejo de la planta de residuos debe ser tomado como un costo operativo del mismo, estando relacionado a factores intrínsecos de las demás operaciones del complejo mencionadas anteriormente. Se recomienda el obtener mayor cantidad de rubros relacionados al costo operativo del complejo, tales como el pago por extracción de basura, que realiza cada uno de los inquilinos del mismo, y así analizar nuevamente los resultados sobre el manejo de residuos en un complejo comercial.

H. Módulo 8: Estudio de procesos, logística, y gestión de proyecto sobre el manejo integral de residuos en un complejo comercial

Para empezar con el análisis de resultados, se puede observar en la Figura No. 2 una fotografía del desempeño de la PMDS de enero a agosto del año 2016 y 2017, respectivamente. En esta figura se pueden observar los % de material orgánico sobre el total de residuos que llegaban a la planta según la empresa tercerizada al separar los residuos. De esta figura cabe recalcar la irregularidad de los puntos en el año 2016 y la diferencia a la baja en volumen del material orgánico obtenido en 2017. Entre las causas de la obtención de estos resultados se puede mencionar el cambio de administración en la PMDS, quejas de inquilinos vecinos por problemas con moscas (que posteriormente fue causa de que se haya emitido la orden de no separar más material orgánico), malos olores, falta de procesos establecidos, entre otros.

Como se había mencionado posteriormente, el residuo orgánico es de total interés para el complejo comercial ya que es la única fuente de ingresos con la cuenta actualmente la PMDS debido a las condiciones comerciales negociadas con la empresa tercerizada. Por esta razón, el estudio de procesos y logística detrás de la planta se encuentra justificado con el fin de aumentar la productividad en la PMDS analizando sus procesos principales, es decir, el proceso de recolección en el complejo comercial y el proceso de separación en la PMDS.

Además de los procesos mencionados anteriormente, también se cuenta con el proceso de compostaje, que aunque es igual de importante, en el presente estudio se dejó en segundo plano para enfocar el análisis a las entradas del proceso, es decir, la materia prima, que en este caso son las bolsas con residuos del complejo comercial.

Empezando con la documentación de procesos y la situación actual, específicamente en el proceso de recolección, se pueden observar en el Cuadro 345 y Cuadro 346 las rutas que realiza la empresa tercerizada en un día para recolectar los residuos de todo el complejo comercial. Cabe mencionar que las distancias de dichas rutas fueron segmentadas por jornada y que fueron determinadas a partir de la herramienta *Google Earth*.

En la Figura 70 se puede observar el diagrama de operación del proceso de recolección. En este caso es una representación gráfica ya que se efectúan los mismos procesos cada vez que se visita un punto en ruta. Estos pasos son: llegar al punto, inspeccionar y recolectar la basura en caso hubiese. En el diagrama se aclara que el proceso es variable según la jornada del día ya que la cantidad y los puntos en las rutas varían.

En el Cuadro 121 se puede observar el análisis crítico de la ruta de recolección donde cabe recalcar que la decisión fue reducir el tiempo que el empleado se mantiene en ruta a través de una nueva ruta propuesta. Al realizar este análisis se planteó reducir tanto la distancia como el tiempo de la ruta a través del modelo de análisis de redes del agente viajero.

En el Cuadro 122 se puede observar el análisis crítico de la recolección en el punto x^{18} . En este caso se llegó a la decisión de eliminar todos los puntos x que no necesitan recolección diaria con el fin de minimizar los casos en que el empleado visitaba lugares sin obtención significativa de bolsas de residuos.

Iniciando con la documentación del proceso de separación, se puede observar en el Cuadro 123 los tiempos obtenidos que le toma a un operario separar una bolsa de residuos en la PMDS. Cabe recalcar que en este caso se evaluó la variable tiempo/masa en términos de min/kg, que posteriormente en el análisis tomará relevancia.

Después de realizar varias visitas a la PMDS, se puede observar en la Figura 71 el diagrama de operación del proceso de separación. En este caso se puede observar el tiempo que le toma al operario en promedio separar una bolsa de residuos. Por otra parte, se puede observar en el resumen el tiempo/masa promedio en la planta. Cabe recalcar que tanto el tiempo promedio por bolsa como el tiempo/masa promedio fue obtenido en base a los datos del Cuadro 123.

En el Cuadro 124 se puede observar el análisis crítico del proceso de separación donde la decisión fue la de reducir el tiempo de separación. Cabe recalcar que en este análisis se definió que la forma de optimizar el proceso sería a través de la clasificación desde el origen. Fue necesario definir que esta clasificación desde el origen no fuese por cada uno de los tipos de desecho, sino que empleando una división más básica, como lo es la separación de residuos en orgánico e inorgánico. Se optó por tomar esta clasificación más básica para amortizar el choque en la cultura del empleado, inquilino, local o cualquier entidad que generara residuos en el complejo comercial.

Analizando el entorno, se realizó una encuesta con el fin de realizar un estudio de necesidades de los tipos de desecho que genera cada local (exceptuando oficinas). De la Figura 72 a la Figura 75 se pueden observar las preguntas empleadas en la encuesta.

Analizando las respuestas de la encuesta, en la Figura 72 se pueden observar los % de locales que generan cada tipo de desecho. En la Figura 73, se puede observar el % de la cantidad

¹⁸ Cabe mencionar que se etiqueta como *punto x* ya que podría ser cualquier punto en el complejo comercial.

de locales que en su mayoría generan cada desecho. En este caso estas gráficas son similares ya que la percepción del inquilino es que solamente genera un tipo de desecho y por ende, al analizar cual es el desecho que más genera el resultado sería similar al de la Figura 72. En la PMDS, como ya se había mencionado, únicamente representan ingresos lo que se recolecta de material orgánico, sin embargo, como se observa en estas figuras, a pesar de que no sea en términos de peso, dan visibilidad de que hay muchos inquilinos que generan desechos inorgánicos.

En la Figura. 74 se puede observar el porcentaje de locales/puntos con espacio para colocar basureros especializados para clasificación de residuos. En este caso se observó al realizar la encuesta cierta renuencia del inquilino a colocar más de un basurero. Sin embargo, de igual forma se encuentra muy equilibrada la percepción de los inquilinos. La respuesta en esta figura da una idea del porcentaje de inquilinos en los que el complejo comercial podría invertir con el fin de impulsar la clasificación desde el origen.

En la Figura 75 se puede observar el porcentaje de locales/puntos que se encuentran anuentes a clasificar sus residuos con el apoyo del complejo comercial. Las respuestas a esta pregunta fueron en cierto sentido contradictorias con las respuestas de la pregunta anterior ya que sería complicado que un local/punto que haya respondido que no tiene espacio para basureros especializados, responda que se encuentra dispuesto a clasificar sus residuos con apoyo. Sin embargo, se puede observar en la figura que la mayoría de puntos/locales se encuentran interesados y con la intención de clasificar sus residuos siempre y cuando se tenga el apoyo del complejo comercial, como la inversión mencionada en el párrafo anterior o implementación de otro tipo de herramientas como la empleada en restaurantes en el desarrollo de este proyecto.¹⁹

Uno de los principales resultados de la realización de la encuesta fue la Matriz ABC, xyz que se observa en la Figura 76. Esta figura clasifica a través de la ley de pocos vitales y muchos triviales de Pareto (A,B,C; representando los locales/puntos A, B y C el 80%, 95% y 100% del peso de los residuos, respectivamente) y la clasificación de mayoría, minoría y nada con respecto a la generación de cualquier desecho por local (x, y y z; representando x, y y z aquellos locales con mayoría, minoría y nada del residuo analizado, respectivamente). La importancia de esta matriz yace en que da visibilidad al complejo comercial de una priorización de los desechos que genera el complejo comercial, esto con el fin de implementar programas especializados en aquellos

¹⁹ En la parte de capacitación y desarrollo de herramienta se manufacturó un separador de basureros con el fin de ahorrar el espacio de colocar otro basurero para otro tipo de desecho. Ver Figura 77 y Figura 78.

locales/puntos que generan la mayor cantidad del volumen y peso. Mencionado lo anterior, cabe mencionar que las clasificaciones de puntos/locales Ax, Ay, Bx y By son las principales y más importantes de cada uno de los tipos de desecho. Además, como se observó en los resultados de la encuesta, se cuenta con visto bueno de los locales para clasificar sus residuos, únicamente queda pendiente que el complejo comercial brinde las herramientas y directrices para hacerlo una realidad. Con los resultados de la matriz ABC, xyz se marca el punto de partida para ejecutar programas más especializados del manejo integral de residuos.

Siguiendo la línea del interés del complejo comercial de obtener la materia orgánica, se obtuvo la clasificación para este tipo de desechos. Se puede apreciar del Cuadro 125 al Cuadro 129 los puntos según la clasificación descrita en la Figura 76.

Una vez documentados los procesos y comprendida la situación actual se procedió tomar algunas acciones en cada una de las áreas de oportunidad evaluadas. En el caso del proceso de separación se puede observar en la Figura 136 y Figura 137 la planeación para efectuar una prueba piloto para disminuir el tiempo de separación por bolsa y aumentar el peso de material orgánico en la PMDS.

Siguiendo la línea de la planeación de la prueba piloto, fue necesario el desarrollo de capacitaciones, diseño y manufactura de herramientas y material de apoyo para obtener una muestra que se generara lo mejor clasificada posible. La presentación para las capacitaciones empleadas se pueden observar en la Figura 138, el diseño y manufactura de herramientas se puede observar en la Figura 139 y Figura 140 y el material de apoyo se puede observar en la Figura 139 y Figura 140. Cabe mencionar que se desarrolló la herramienta de la Figura No. 77 porque una de las principales barreras que presentaban los clientes era la falta de espacio. Por esta razón se diseñó un separador para colocar dos bolsas en los mismos basureros con los que se contaba. En la Figura No. 155 se puede observar el diseño de una tarjeta tamaño cartera que se proporcionó a todos los empleados para que recordasen las diferencias entre los tipos de desecho para la herramienta de clasificación implementada. Cabe mencionar que se empleó código de color para diferenciar aún más los tipos de residuos que se emiten en el establecimiento²⁰. Ya realizado todo lo anterior se colocó la herramienta en los basureros de los lugares que apoyaron para la obtención de la muestra, como se puede observar en la Figura No. 79.

²⁰ En la Figura 80 se pueden observar las bolsas empleadas.

Una vez colocado el sistema para clasificación de residuos, se realizaron visitas periódicas para tomar observaciones en cada uno de los ambientes. En el Cuadro 130 se pueden visualizar las observaciones tomadas. Una de las observaciones recurrentes fue la excusa del empleado al establecer que usualmente anda a prisa en el restaurante y no tiene tiempo para clasificar residuos. Por esta razón se brindó el material de apoyo para impregnar de cierta manera una clasificación automática de los residuos, que es la visión que se debería adoptar en el país de cara al futuro. Es decir, que la clasificación sea parte de la cultura de los guatemaltecos.

Desde la planeación hasta el desarrollo de herramientas, cada uno de los pasos fue crítico para la obtención de la muestra para efectuar la prueba piloto en la PMDS sobre el proceso de separación. En el Cuadro 131 se pueden observar los tiempos obtenidos, la masa de material orgánico por bolsa y la relación tiempo/masa promedio en cada uno de los días evaluados, así como sus desviaciones estándar correspondientes.

Un valor relevante en el Cuadro 131 es el de masa promedio por bolsa de material orgánico, que es mucho mayor a la masa promedio por bolsa que se observó en el Cuadro 1234. Sin embargo, cabe mencionar que este valor se ve afectado en que la muestra proviene de restaurantes y estos generan mayores residuos orgánicos.

En el Cuadro 133 se pueden observar los resultados obtenidos en los restaurantes que colaboraron implementando un sistema de gestión integral de residuos en sus instalaciones. Cabe mencionar que en la planta, ciertos tipos de desecho son considerados como no reciclables y que son enviados a un depósito donde pasa el basurero municipal por ellos, impactando directamente en los resultados de cada uno de los restaurantes evaluados. De forma general se puede observar que existe una gran área de oportunidad a medida que sea más eficiente la clasificación desde el origen, pero valdría la pena afinar las operaciones en ambas vías. Es decir, cuestionar en estudios futuros el criterio de rechazo en la planta que hoy en día toma en base a lo que recicla la empresa.

Con los datos del Cuadro 123 y el Cuadro 131 se alimentó el Cuadro 133 para plantear las pruebas de hipótesis correspondientes. En este caso se tomó una significancia del 0.025 y se concluyó que en cada uno de los casos se rechaza la hipótesis nula, representando con una confiabilidad del 99.975% que el tiempo/masa de material orgánico promedio clasificando los residuos desde el origen es menor que el tiempo/masa de material orgánico separando sin una clasificación previa desde el origen. Sin embargo, cabe mencionar que es discutible por la

proveniencia de la muestra de la que posteriormente en el análisis se discutirá como posible fuente de error.

Alimentada de igual forma del Cuadro 123 y el Cuadro 131, en el Cuadro 134 se puede observar una prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 0.10 donde se evalúa el tiempo de separación por bolsa al separar los residuos desde el origen. En esta caso se rechazó la hipótesis nula por lo que se puede concluir con la confiabilidad de la significancia mencionada que el tiempo es menor. En este caso, es propio mencionar que, al provenir las bolsas de residuos de restaurantes, podían ser de mayor peso y complejidad en la planta. Lo anterior es positivo, ya que aún así, el tiempo de separación fue menor, representando una mejora significativa. Sin embargo, la teoría al aplicar clasificación desde el origen establece que los tiempos deberían disminuir mucho más. Entre los factores que pudieron afectar este valor se puede mencionar el choque y la resistencia de la totalidad de personas en un restaurante o establecimiento.

Siempre con el fin de mejorar e implementar la clasificación desde el origen, se realizó una prueba de cultura al colocar basureros separados en orgánico e inorgánico. Cabe recalcar que en el complejo comercial se cuenta con dos tipos de basurero. Un basurero con un solo compartimiento y basureros con dos compartimientos. Sin embargo, en el caso de los basureros con divisiones, estos no indican para qué es cada una de las divisiones y el visitante o inquilino arroja sus residuos sin siquiera percatarse de dicha división. Es importante mencionar que se colocó en un punto el basurero con dos compartimientos y en otro punto se colocaron dos basureros con un solo compartimiento. En ambos casos se identificó cada uno de ellos con compartimientos designados para residuos orgánicos e inorgánicos. Esto se hizo con el fin de evaluar si representa alguna diferencia para el visitante o inquilino el tipo de basurero en el complejo comercial, además de evaluar su conocimiento sobre la clasificación de residuos en orgánico e inorgánico.

Para llevar cabo esta actividad se tuvo que desarrollar material para identificar a los basureros y un afiche para iniciar con la campaña piloto. Fue piloto ya que, como se mencionó anteriormente, solo se encontraba colocado en dos puntos en el complejo comercial.

En la Figura 142 se puede observar el mismo afiche empleado como material de apoyo para los empleados de los lugares donde se obtuvo la muestra en la Figura 139, solo que en este caso se empleó de color amarillo para identificar lo orgánico. Esto se hizo de esta forma ya que se le

había capacitado al personal de servicio que el código de color de la metodología sería de color amarillo y negro para desechos orgánicos e inorgánicos, respectivamente. Cabe mencionar que el diseño de la tarjeta de la Figura 139 no se hizo amarillo ya que en los botes de los restaurantes se colocaron bolsas verdes para lo orgánico. Se utilizó este tipo de bolsas por la escasez de bolsas amarillas²¹ en el mercado. Por otra parte, en la Figura 142 y Figura 143 se puede observar el diseño de material de apoyo para identificar los puntos en los que se encuentra colocado el basurero y que llamase la atención al visitante. Finalmente, en la Figura 81 y Figura 82 se pueden observar los basureros con un compartimiento y el que tiene dos compartimientos, respectivamente. Cabe mencionar que los puntos selectos fueron de gran fluencia para obtener la mayor cantidad de residuos y que llamase la atención de los visitantes.

Analizando los resultados después de recolectar aproximadamente 25 kg de residuo proveniente de los basureros de prueba de cultura. En el Cuadro 149 se pueden observar los resultados totales por día. En este caso es necesario mencionar que no se pudo realizar el estudio por peso ya que no sería representativo de los resultados de la prueba. Por esta razón, se realizó evaluó desecho por desecho tomando en cuenta la intención del visitante. Por ejemplo, si se encontraban 12 vasos apilados, se toma en cuenta como un error o acierto dependiendo de la bolsa que se estuviese analizando.

En el Cuadro No. 135 se pueden observar consolidados los resultados de la prueba cultura. En este cuadro se puede observar que el visitante/inquilino tiene mayor acierto en los basureros que solicitaban material inorgánico. Además, también se puede observar que la mayoría de los residuos son de categoría inorgánica en cualquiera de los casos, lo que repercutió en el resultado de los basureros empleados para material orgánico, con mayores errores.

Por otra parte, con respecto a la desviación estándar, esta es muy alta ya que había casos en los que se obtenían el porcentaje de acierto del 100% y 0% que afectan los resultados respecto a su variabilidad.

Con respecto a cual de los sistemas desempeñó mejor, se puede percibir una mejora del 6% en el Basurero 1 (el que se colocó con dos compartimientos) observando los porcentajes promedio de acierto. En ambos casos se puede observar un porcentaje similar de acierto tanto en inorgánico

²¹ Cabe mencionar que la designación del código de color fue directriz del complejo comercial.

(I1 vs I2) como orgánico (O1 vs O2) por lo que es válido decir que se obtuvo una mejora. Esta mejora se pudo haber efectuado posiblemente porque el visitante tiene que detenerse a entender para qué es cada uno de los compartimientos y decidir donde arrojar los residuos. Esta es una diferencia de los botes separados en los que el visitante solo arroja los residuos sin entender las diferencias entre ambos basureros.

Dando inicio a las propuestas de mejora de los procesos actuales, en el caso del proceso de recolección, se puede observar en el Cuadro 138 la ruta sugerida que debería seguir el piloto en cada uno de los despachos que realiza por ruta tomando en cuenta que se debe pasar por todos y cada uno de los puntos de las rutas actuales.

Sin embargo, profundizando un poco más en el análisis se realizó un análisis de pocos vitales y muchos triviales del peso que genera cada uno de los puntos/locales en el complejo comercial. Vale la pena recordar que estos pesos se obtuvieron con el etiquetado de bolsas que se aprecia en la Figura No. 80. A través de este análisis se priorizó en cada uno de los puntos de manera que se pudiera evaluar y cuestionar la frecuencia de visita, que en algunos puntos hoy en día es diaria. En el Cuadro 139 se puede observar la selección de los puntos a incluir en el análisis de redes con el análisis de Pareto. Cabe mencionar que hay algunos puntos que se incluyeron por restricción del complejo comercial, ya que por ser restaurantes, independientemente del peso y volumen, se les debe recoger los residuos de forma diaria.

En el Cuadro 140 se puede observar la ruta que debería seguir el empleado en cada una de las jornadas al eliminar algunos puntos tras hacer el análisis ABC. Cabe mencionar que las restricciones de restaurantes afectan, obteniendo mejoras únicamente en dos de las cinco rutas como se observa en el cuadro. En el Cuadro 141 se puede observar un resumen de las mejoras obtenidas al eliminar algunos de los puntos en la ruta que debe ser diaria. De este cuadro vale la pena mencionar que se podría llegar a minimizar la ruta obteniendo más del 80% de los residuos sin afectar a los demás puntos y locales. No les afectaría porque la frecuencia de visita cambiaría. En este caso, en los puntos seleccionados tras la realización del análisis ABC se les visitaría de forma diaria, mientras que a los puntos restantes se les visitaría 2 o 3 veces por semana (Ya sea martes y jueves o lunes, miércoles y viernes). Cabe mencionar que es importante que sea entre semana ya que se observó que en fin de semana la saturación de residuos por recoger es mucho mayor.

En el Cuadro 142 se puede observar la consolidación de los resultados de la mejora en el proceso de recolección. Adicionalmente, se puede apreciar un ahorro monetario por la reducción en distancia que recorre el empleado en su ruta diaria tomando en cuenta el consumo de gasolina y la depreciación²² del camión empleado, que se puede observar en la Figura 131. Cabe recalcar, que más allá de tener un ahorro monetario, consecuentemente se tendría un ahorro en tiempo. Sin embargo, este tiempo no se podría cuantificar sin poner en práctica las nuevas rutas ya que los tiempos tomados en ruta son totalmente dependientes de la distancia y por ende, de las rutas que se siguen hoy en día. Cabe mencionar que este tiempo se debería utilizar para mejorar aún más la calidad de lo que ingresa a la planta ya que se podría involucrar al encargado de recolectar los residuos en la clasificación de lo que recibe por tipo de desecho.

En el caso del proceso de separación, en la Figura 83 se puede observar el diagrama de operación del proceso de separación mejorado. A diferencia del DOP planteado anteriormente se puede observar en las casillas rojas la mejora en tiempo de separación de bolsas, así como la mejora en el indicador de tiempo/masa, ambos valores obtenidos del Cuadro 132. Cabe mencionar que adicionalmente, este diagrama obtiene el soporte de los resultados de la prueba piloto realizada que demostró una disminución significativa en el tiempo/masa de material orgánico y el tiempo por bolsa que se tenía en la planta previa a la clasificación de residuos desde el origen. En el Cuadro 143 se pueden observar los resultados de mejora en el proceso de separación. En este caso se puede observar una mejora de 354 kg de orgánico en una jornada de 8 horas por operario, así como una mejora de 24 bolsas adicionales de la cantidad que total de bolsas que el operario pudiese separar en una jornada de 8 horas. Cabe mencionar que ambos resultados son discutibles por el origen de la muestra, pero aun así representan la primera comparación entre lo realizado en la planta comparado con una propuesta de mejora.

Retomando lo discutido anteriormente sobre los resultados de la prueba de cultura y siguiendo en la línea de propuestas de mejora, se propone la colocación de basureros con dos comportamientos en todo el complejo comercial. Entre las razones se pueden mencionar que es preferible clasificar un 1% de algo a 0% de nada (haciendo referencia a que el promedio de acierto en los botes analizados era inferior al 60%). Sin embargo se obtuvieron buenos comentarios de la implementación de la prueba, como se puede observar en el Cuadro No. 136. Adicionalmente, una forma de cambiar la cultura de los visitantes e inquilinos es empezando con campañas como la realizada, por lo que regularmente se debería de medir el desempeño de los basureros con el fin de mejorar el indicador y ser ejemplo para la gestión integral de residuos en el país. Adicionalmente en el Cuadro No. 136 se pueden visualizar algunas observaciones de lo que se evaluó en la planta

²² En el Cuadro 361 se puede observar el cálculo de depreciación empleado.

que podrían dirigir campañas de comunicación más efectivas de cara al futuro. Por ejemplo, un afiche que indique lo que no se debe hacer al arrojar residuos en los basureros, como bolsas dentro de bolsa, colillas de cigarro, entre otros.

Finalizando con las propuestas, de acuerdo a los resultados de la encuesta del plan de necesidades del complejo comercial se pueden obtener conclusiones importantes. En los resultados de la encuesta, como se había mencionado anteriormente se puede observar que en básicamente la mitad de los puntos/locales del complejo comercial no se cuenta con espacio, por lo que se podrían realizar iniciativas como la empleada en la prueba piloto del presente estudio. Adicionalmente, y siendo una buena noticia, se puede observar que en estos mismos puntos/locales existe disposición de clasificación de residuos por lo que no sería compleja la implementación de campañas, sistemas, basureros, entre otros. A través de las matrices ABC, xyz (siendo ilustrada del Cuadro 125 al Cuadro 129 la de residuos orgánicos) se puede priorizar en la implementación de estrategias para que la materia prima de la PMDS (las bosas de residuos) lleguen preclasificadas facilitando más aún los procesos en la planta.

Con respecto al módulo de gestión de proyectos, en el grupo de proceso de inicio se empezó estableciendo el acta de constitución del proyecto, que se puede observar en la Figura No. 146, donde se definió que el proyecto sería a nivel de propuestas en cada una de las áreas. Ya terminada el acta, en la Figura 84 se puede observar los tipos de interesados con los que se debía lidiar en el proyecto. En el Cuadro 144 se pueden observar las estrategias que se planificaron implementar con los interesados identificados en el proyecto. Cabe mencionar que con el interesado 042 y 043 (empresa tercerizada de proceso de recolección y proceso de separación, respectivamente) era muy importante tomar acciones para conseguir su interés. En este caso se consiguió el contacto de la persona encargada de cada una de las empresas y se les explicó lo que se deseaba realizar.

Más allá de contar con el visto bueno de los encargados de las empresas, se mantuvo relación cercana con los empleados de ambas empresas porque para el registro de datos se dependía de ellos. Al igual que con los encargados se les explicó la importancia de su labor y que la razón del proyecto era para mejorar la forma en que laboran.

Con respecto al grupo de proceso de planeación, el centro del proyecto fue la triple restricción de la calidad, es decir, los planes de la gestión del alcance, tiempo y costo que se pueden encontrar

en la Figura 148, Figura 149 y Figura 151, respectivamente. Cabe mencionar que entre las dificultades del proyecto no se tuvo acceso a la definición de los costos del proyecto ya que en ningún momento se estableció un presupuesto por la poca apertura del complejo comercial para realizarlo en conjunto. En este caso se definió que se haría en base a propuestas y con respecto al costo del proyecto se documentaron únicamente los costos empleados al final del mismo. Además de la triple restricción, también se definieron planes de gestión para los riesgos y los interesados, como se puede observar en la Figura 152 y el Cuadro 147, respectivamente.

Como parte de los resultados del plan de la gestión del alcance se debe discutir la comparación entre la EDT inicial y EDT final, como se puede observar en la Figura 85 y Figura 86, respectivamente. Del Cuadro 361 al Cuadro 367 se puede observar en el diccionario de la EDT el detalle de la descripción de los paquetes de trabajo principales del proyecto. Adicionalmente, de la Figura 150 a la Figura 181 se puede observar el cronograma de lo descrito en la EDT.

Una de las dificultades que se presentó en el proyecto fue la definición minuciosa de la forma de alcanzar los objetivos de cada área del proyecto. Como claro ejemplo se puede observar una variación perceptible en la estructura del desglose del trabajo a la mitad del proyecto y al final del proyecto. La gestión del alcance permite organizar el proyecto y alimenta el cronograma del mismo, razón por la que es muy importante la aplicación de procesos de gestión de proyectos desde el inicio del proyecto.

Con respecto a la ejecución en el proyecto, en el plan de gestión de riesgos se ponderaron los riesgos como se observa en la Figura 85 para obtener los resultados que se observan en la Figura No. 86. Esta ponderación de riesgos fue necesaria para priorizar la gestión en aquellos que se necesitara planificar una respuesta por su alta probabilidad y alto impacto. En el Cuadro No. 145 se puede observar la clasificación de los riesgos y resaltado en rojo aquellos que necesitaron la planificación de una respuesta.

En el Cuadro 146 se puede observar cómo se llevó a cabo la gestión de los riesgos según el plan de respuesta que se había estipulado en el plan para la gestión de riesgos. Se pueden observar en color verde aquellos riesgos cuyos planes fueron efectivos en su totalidad, en amarillo aquellos que tuvieron alguna dificultad pero los planes fueron efectivos y en rojo aquellos planes cuyos planes necesitaron de una respuesta reactiva en el momento.

Siguiendo con los grupos de procesos, con respecto al seguimiento y control que se realizó durante el proyecto, se puede observar en la Figura 153 y Figura 154 un ejemplo de las minutas que se emplearon en las reuniones semanales con el equipo de trabajo. En estas reuniones se trataron los temas pendientes de cada una de las áreas, las dificultades y cualquier necesidad de manera que se pudieran tomar acciones al respecto.

Por último, para el cierre del proyecto se puede observar en el Cuadro 147 y el Cuadro 148 el documento de cierre del proyecto y las lecciones aprendidas del proyecto, respectivamente. Usualmente este documento debe ser un documento de aceptación, sin embargo, se empleó un documento de cierre para establecer a lo interno que los objetivos planteados se cumplieron. Con respecto a las lecciones aprendidas, vale la pena mencionar su importancia en función de los futuros estudios que se realicen sobre el manejo integral de residuos. Es importante porque el presente estudio será el principal antecedente. Al dar visibilidad de lo que no se planeó y sucedió de imprevisto y que representó un problema a lo largo del proyecto, se beneficia a las personas que retomen el proyecto para que no se inicie de cero y no se cometan los mismos errores.

Terminando el último párrafo hablando sobre errores y habiendo terminado de discutir sobre la gestión de proyecto es importante hablar sobre las fuentes de error en la ejecución del proyecto. Para discutir de forma ordenada, a grandes rasgos, se establecerán las fuentes de error en el orden que se desarrolló el presente estudio, empezando con la optimización de procesos y logística y terminando con la gestión de proyecto.

Con respecto a la optimización de procesos y logística se pudieron haber presentado diversos errores. En el caso del proceso de recolección se pudo haber traspapelado alguno de los adhesivos colocados en cada una de las bolsas que fueron posteriormente pesadas en la PMDS. Por otra parte, es posible que el empleado de la empresa tercerizada haya desempeñado de mejor o peor manera por el hecho de contar con un acompañante, y en este caso evaluador, en cada momento durante la ruta. Otra de las posibles fuentes de error es que una de las mediciones del proceso de recolección se realizó en una fecha designada como paro nacional en el país, variando el consumo en el complejo comercial.

Con respecto al proceso de separación en la planta, de igual forma se pudo haber presentado el error de que el operario fue observado en cada momento, repercutiendo en su desempeño. Al realizar la prueba piloto, sin duda hubo error en el parámetro de tiempo/masa muy influenciado

por la procedencia de la muestra, que fue en su totalidad de restaurantes. Esta muestra se terminó utilizando por falta de lugares interesados en proporcionar sus residuos para conseguir una muestra más representativa. Otra fuente de error pudo haber sido que el % de acierto clasificado desde el origen afectó los resultados ya que en la planta no se obtuvieron bolsas 100% preclasificadas en orgánico e inorgánico. Con respecto al registro de tiempos por bolsa, se pudo haber presentado un error de bolsa dentro de bolsa, es decir que se pudo haber tomado el tiempo de dos bolsas en un solo registro. A nivel de equipo se pudo haber presentado una falla en la pesa utilizada en la planta del complejo comercial que pudo haber repercutido en el resultado de tiempo/masa de material orgánico.

Con respecto a la encuesta para el plan de necesidades se pudo haber presentado error por el hecho de que la encuesta no fue totalmente anónima, es decir, las personas encuestadas estaban conscientes de que el encuestador estaba presente, afectando sus respuestas. Esto último pudo haber afectado en la pregunta sobre la disposición de los inquilinos a clasificar sus residuos desde el origen. Otra de las fuentes de error que pudo haber afectado es el hecho de que las respuestas sobre la cantidad de residuos se basan en la percepción de los inquilinos, por lo que no es exacto.

Con respecto a la prueba de cultura, se pudo haber cometido un error de percepción del evaluador debido a la complejidad para determinar el % de acierto del visitante o inquilino al arrojar sus residuos.

Con respecto a la gestión de proyectos, la principal fuente de error se basa en que las matrices de ponderación tanto de interesados, como de riesgos están basadas en percepción a falta de datos históricos en el complejo comercial.

I. Módulo 9: Taller de capacitación para la enseñanza a colaboradores de una cafetería en un complejo comercial acerca del manejo de los residuos

Para responder a los objetivos planteados en este proyecto de investigación acción se aplicaron instrumentos de investigación, que permitieron obtener datos para la toma de decisiones. Después de ordenar y tabular los datos se interpretaron y se determinaron las necesidades de capacitación enfocadas en el proyecto que tiene el complejo comercial en el tema de manejo de residuos.

1. **Análisis e interpretación de entrevistas a colaboradores** el objetivo del instrumento uno de la investigación es identificar las oportunidades de aprendizaje en cuanto al manejo de los residuos en la cafetería. La mayoría de los colaboradores conoce lo que es clasificación de residuos, más aún existe la necesidad de conocer la diferencia entre residuos orgánicos e inorgánicos (ver Cuadro 149). Considerando lo que Sureda J. (1990) menciona, parte de la educación ambiental es aclarar conceptos con objeto de fomentar las aptitudes y actitudes necesarias para comprender la cultura y su medio biofísico.

Respecto a la cultura que rodea a los colaboradores, la mayoría carece de una cultura en cuanto al manejo de los residuos en la medida que contribuyan al cuidado del medio ambiente. Estos resultados evidencian que en su gran mayoría las personas no realizan acciones que promuevan un manejo integral de la basura para contribuir al medio ambiente local (ver Cuadro 150). Pero considerando lo que menciona Fisas (2011), todos los seres humanos tienen una cultura, y esta cultura puede evolucionar, porque es dinámica.

En su mayoría los colaboradores consideran que si se podría implementar algún sistema de clasificación de residuos sólidos en la cafetería (ver Cuadro 151). De las limitantes mencionadas para separar los residuos, coincidieron con mayor frecuencia: tiempo, espacio y educación. Brandt (1998) menciona que la educación de adultos es un proceso, mediante el cual, el ser humano consciente de sus posibilidades de realización, libremente selecciona, exige, asume el compromiso, con responsabilidad, lealtad y sinceridad, de su propia realización personal. Si los colaboradores consideran que es importante educar, se pueden tomar acciones sobre esta. En cuanto a las otras limitantes se puede considerar la intervención de otras disciplinas para que colaboren en la implementación.

Al consultar a cerca de qué es un desecho y qué es un residuo, pocas personas consideran al residuo como material rescatable. La mayoría de las personas consideran ambos conceptos como algo que no sirve, son sobras, es basura o se tira (ver Cuadro 152). Para establecer estos porcentajes, se clasificó por color los constructos que eran similares (Ver anexo O, inciso 3). La educación ambiental, según Martínez (2010) es un instrumento para tener acceso a información, importante para generar o cambiar la cultura y transformar la sociedad con la finalidad de generar bienestar y calidad de vida, esto para aclarar conceptos y visualizar la basura como un residuo y no como un desecho.

2. Análisis de observación la implementación de este instrumento ayuda al investigador a conocer el sistema de manejo de residuo existente en la cafetería. Las observaciones se clasificaron en seis por la cantidad de contenedores que existen en la cafetería, todos estos carecen de separación. En la mayoría de los basureros se deposita residuo orgánico, por la comida que preparan. (Ver Cuadro 153).

En el basurero de área de bar se identifica el depósito de cartón, plástico y vidrio. En el basurero de área de limpieza de platos se depositó papel, plástico, vidrio y residuos de comida. En el basurero de área de crepas se observó el depósito de plástico y residuo orgánico, este fue uno de los contenedores con más movimiento. El contenedor de horno fue de los menos utilizados y en el momento de su observación se preparaba una pizza y colocar los residuos de esta preparación fue el único uso que se le dio. El contenedor de la cocina, se observó el depósito de plástico, residuo orgánico y papel, fue el segundo contenedor con más movimiento. Por último en el contenedor de lavaplatos se depositó residuo de comida. Guerra (s.f) define el manejo de residuos como operaciones encaminadas a dar a los residuos producidos, el destino más adecuado de acuerdo con sus características para su aprovechamiento, comercialización y disposición final. Es necesario realizar acciones para que se aproveche todo el residuo.

3. Validación de taller considerando uno de los objetivos que consiste en encontrar aspectos a mejorar de planificación de taller, se tomaron en consideración todos los comentarios y sugerencias de los catedráticos (ver Cuadro 154), de igual manera se modificó el tiempo para aplicación de las actividades según resultados de la rúbrica. Partiendo de los resultados de comparar ambos tiempos, se puede determinar que estos son un aspecto a mejorar, pues no se cumplieron con lo esperado. Podría proponerse por rangos o cortar algunas partes de la planificación, como parte de la reflexión de este tipo de investigación podría considerarse en una próxima aplicación para mejorar el taller. Por otro lado, de los resultados de lista de cotejo para

verificar actividades (Ver Cuadro 157) se puede interpretar que el taller tiene que mejorar en la presentación de objetivos, tiempo para desarrollo de cada actividad, de igual manera se debe implementar o mejorar estrategias para dar a conocer los conceptos propuestos para el taller.

J. Módulo 10: Sistematización en una guía de los pasos establecidos para la enseñanza-aprendizaje del manejo integral de los residuos dentro de un restaurante de comida rápida ubicado en un complejo comercial

A continuación, se discuten los resultados obtenidos luego de presentarlos en la sección anterior, el cual aborda los cuestionarios, diarios de campo y encuestas aplicadas a colaboradores y gerente del restaurante de comida rápida. Esto permite determinar el nivel de conocimiento que tienen los colaboradores acerca del tema de manejo integral de los residuos y su proceso de capacitación.

1. Instrumento 1- Observación de acuerdo con ADAN (2001), una de las características del manejo integral de los residuos es la separación en la fuente, esto sugiere que las personas necesitan colocar cada residuo en el recipiente de basura correspondiente a cada categoría. En los resultados obtenidos, se evidenció que aún se confunden algunos materiales al momento de ser separados y esto interrumpe el proceso del manejo integral.

2. Instrumento 2- Encuesta a colaboradores según ADAN (2001) el manejo integral de residuos es «un conjunto de planes, normas y acciones para asegurar que todos los componentes sean tratados de manera ambientalmente adecuada, técnica y académicamente factible y socialmente aceptable». Este manejo se enfoca en todos los componentes sin importar el origen, estos son: reducción desde la fuente, reusó, reciclaje, valorización y compostaje. Los colaboradores aún no tienen claro cuáles son todas las categorías específicas en las que el restaurante separa sus residuos, ya que la mayoría comenta que es orgánico e inorgánico.

Al preguntar a los colaboradores acerca del proceso de inducción para el aprendizaje del manejo integral de los residuos, todos respondieron que al entrar a trabajar al restaurante recibieron un proceso de entrenamiento que duró dos meses, este entrenamiento abarca el área de fritos, despacho, autoservicio y cafetería. En estas áreas se integra el manejo integral de los

residuos. El desempeño de este proceso es evaluado por el gerente, el cual da una realimentación y utiliza un cuadro de progreso que es marcado en una gráfica con dos colores, el color verde significa nivel avanzado y el color amarillo representa el nivel básico de desempeño según cada área evaluada. Para esto dentro de la sistematización se propone una lista de cotejo que evalúa únicamente el desempeño del colaborador respecto al manejo integral de residuos. (Ver anexo J.J)

Ellos refieren que el tema de manejo integral de residuos es reforzado 1 vez al mes, Según la información proporcionada por el gerente este es el proceso establecido para capacitar a los colaboradores de nuevo ingreso. Los colaboradores opinan que es importante el reforzar el tema de manejo integral de los residuos constantemente, ya que este crea una conciencia del cuidado del ambiente, mejora la salud de los colaboradores en su área de trabajo, permite crear un ambiente de limpieza y para reconocer la importancia de reciclaje y sus beneficios. (Para ver el consolidado de la información refiérase al anexo J.H).

3. Instrumento 3 - Encuesta a gerente la información proporcionada por el gerente concuerda con la información brindada por los colaboradores, en donde describe el proceso de inducción el cual dura dos meses, éste es evaluado de forma periódica por el gerente y se refuerza una vez al mes por medio de una capacitación.

También se describe que el restaurante cuenta con pasos establecidos para enseñar a los colaboradores de nuevo ingreso acerca del manejo integral de los residuos, sin embargo, este no se tiene de manera escrita y sería beneficioso para que cualquier persona pueda implementarlo dentro del restaurante.

Como resultado de la encuesta realizada se redactó una guía de la sistematización de los pasos ya establecidos para la enseñanza del manejo integral de los residuos. (Ver anexo J.J)

4. Proceso de validación Este proceso apoyó a la identificación de fortalezas y aspectos a mejorar en las propuestas descritas, las rúbricas indicaron específicamente los cambios a realizar y permitieron que el proceso de aprendizaje se fuera enriquecedor.

IX. CONCLUSIONES

- Las muestras analizadas que fueron procesadas en el complejo comercial, cumplen con los parámetros de nutrientes más importantes 2.01 y 1.10 %N, 1.58 y 0.44 %P₂O₅, 1.74 y 122 %K₂O para las muestras del Lote #1 y Lote #2 respectivamente, que se esperan que debe contener la tierra negra para proporcionar a las plantas, según lo esperado por la literatura.
- Las muestras que fueron procesadas en el complejo comercial no cumplieron con las fases del compostaje, en especial, con la fase mesófila debido a que no se observó un incremento en la temperatura del sistema, se monitorearon temperaturas de hasta 25°C. Esto puede ocasionar que el proceso de degradación conlleve más tiempo.
- Se logró obtener un comportamiento adecuado de la temperatura según lo esperado de las fases de compostaje para las muestras analizadas a escala laboratorio.
- En las muestras a escala laboratorio, no se logró una completa reacción de descomposición debido a niveles altos de algunos de los parámetros evaluados a niveles altos en la mayoría de parámetros evaluados.
- Se logra un mejor almacenamiento de los residuos en proceso de descomposición, al utilizar dos pilas triangulares de 2.2 m de ancho x 2.2 m de largo en las cámaras de compostaje que se tienen actualmente en el complejo comercial, logrando un mejor aprovechamiento del área disponible, logrando almacenar 4,878.60 kg/pila.
- El proceso de descomposición de la materia orgánica ocasiona un rendimiento de compostaje de 17.80%.
- Se determinó los valores promedio de carga orgánica, del material orgánico proveniente del complejo, siendo estos de: > 1,650 mg/L DQO y 95.45 % SV. Por lo que, contienen la cantidad de carga orgánica requerida para ser considerados como materia prima en un tratamiento anaeróbico de generación de biogás.
- Tras una digestión anaeróbica a escala laboratorio en condiciones termofílicas durante 15 días, de los residuos provenientes del complejo, se logró una reducción de carga orgánica de 54% DQO y 51% SV, ya que logró la degradación atribuyendo la producción de biogás obtenida.

- Se tuvo una variación del 44 % entre los valores promedio y el valor de RD para el IPM, debido a las altas desviaciones. Por lo que, las estimaciones de generación de biogás fueron calculadas a partir del IPM de RD: 656.91 ± 20.47 mL CH₄/g DQO y $1,152.75 \pm 41.03$ mL CH₄/kg SV.
- Se estima una producción de energía eléctrica de 5.55 kWh y de energía térmica de 7.93 kWh, para 1.54 m³ de biogás y 1.08 m³ de metano generado; correspondiente al residuo orgánico del complejo comercial, con un DQO de 1,644 mg/L y SV de 937,040 mg/L y un metro cúbico de material como base de cálculo.
- La producción de biogás aumentara en un 74 %, para un período de 10 años, obteniendo 0.6 m³/día de biogás, 1.89 kWh/día de energía eléctrica y 2.70 kWh/día de energía térmica. Consiguiendo aumentar en un 84% su generación si se realiza una clasificación desde el origen: obteniendo 2.846 m³/día de biogás, 10.24 kWh/día de energía eléctrica y 14.62 kWh/día de energía térmica.
- Se determinó que el promedio del índice de acidez del aceite usado de cocina es de 0.3964 ± 0.0001 mg KOH/ g aceite, por lo que se puede operar la planta de producción de biodiesel, usando la reacción de transesterificación con un catalizador básico fuerte, tal como hidróxido de sodio en una proporción de 1.52 kg por lote de producción, el cual posee una capacidad de 0.189 m³ (50 gal); dicha reacción se llevaría a cabo trabajando con metanol en exceso, en una proporción de 0.038 m³.
- Se obtuvo biodiésel con una viscosidad cinemática promedio de 4.1798 ± 0.0029 cSt, libre de sólidos suspendidos y un índice de acidez promedio de 0.04 ± 0.01 , los cuales están dentro de los rangos establecidos por las normas internacionales de calidad, ASTM y AOAC, al ser producido bajo las condiciones de operación de la planta de producción propuesta.
- Se determinó una producción de 3.05 m³ (805 gal) mensuales de aceite, de acuerdo a encuestas realizadas en los restaurantes y cafeterías en el complejo comercial y a los datos históricos del aceite trasladado a la Universidad del Valle de Guatemala.
- Se seleccionó la planta suministrada por SpringBoard Biodiesel con una capacidad de producción de 0.189 m³ (50 gal) por lote, al obtener un promedio ponderado de 2.4 en la matriz de selección; en dicha matriz se tomaron en cuenta los factores de transporte, costo y aspectos técnicos de operación.

- El costo de producción por lote de biodiesel es de Q 4.95, al operar con la planta de producción suministrada por SpringBoard Biodiesel con una capacidad de producción de 0.189 m³ (50 gal).
- El proyecto no es rentable económicamente, dando una utilidad neta anual de -Q 57,832.50. Asimismo, no se obtuvo una tasa interna de retorno -TIR-, ya que se trabajó con flujos de efectivo negativos, y un valor neto actual -VAN- de -Q 300,624.26.
- La realización del proyecto conlleva beneficios a nivel ambiental, ya que se recicla el aceite vegetal usado de restaurantes para la producción de un combustible renovable, evitando la contaminación de mantos de agua y fomentando la sobrevivencia de la fauna y flora.
- El proyecto para la instalación del grupo electrógeno en las instalaciones del complejo comercial estudiado, es factible. Esto es viable económicamente, al observar que con el proveedor PROEQUIPSA, se obtuvo una TIR de 57%, la cual hace bastante rentable el proyecto, en comparación con la TMAR del 10% esperada por el complejo comercial.
- Las opciones de grupos electrógenos cotizados, cumplen con los requerimientos técnicos de potencia de 72 kW, sistema monofásico y con frecuencia de 60 Hz, esto tomando en cuenta un aumento de la cantidad de aceite recibida en un 14% al finalizar el año 2018.
- Se determinó el requerimiento de potencia y de energía para conectar los 23 equipos eléctricos del complejo comercial, las cuales fueron de 18.82 kW y 93.4 kWh, en orden respectivo.
- Se determinó el requerimiento de potencia y de energía para el árbol navideño que se desea colocar en los meses de noviembre y diciembre, las cuales fueron de 42 kW y 17,640 kWh, en orden respectivo.
- Se puede utilizar biodiésel en el motor seleccionado (Cummins), disminuyendo en aproximadamente 12% su eficiencia, de acuerdo a un estudio realizado por el Centro de Procesos Industriales y el Instituto de Investigaciones, de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Se realizó una comparación entre el costo de usar los equipos y el árbol de Navidad con el precio de la energía dado por la red de distribución nacional y el costo al generar la energía con el generador eléctrico, se determinó que el costo total es mayor con la tarifa eléctrica, siendo este de Q68,940.97 y el costo energético implementando el generador es de Q42,115.32. Por lo que se tiene un porcentaje de ahorro del 61% en los costos de producción

- La planta de tratamiento de agua residual instalada actualmente en el complejo comercial no satisficaría la remoción de contaminantes presentes en el agua residual del proceso de lavado de biodiésel debido a que ésta no reduce los parámetros de DQO, DBO, pH, turbidez y sólidos suspendidos totales hasta los permisibles para descargas en un cuerpo receptor de acuerdo al Artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006
- El agua residual proveniente del proceso de lavado de biodiésel no cumple los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 20 del Acuerdo Gubernativo 236-2006 por lo que debe de ser tratada antes de su disposición a un cuerpo receptor debido a que contiene un pH de 11.8521 ± 0.3448 , una turbidez de 409.67 ± 11.90 NTU, sólidos suspendidos totales de 435.11 ± 6.62 mg/L, DQO de 1288 ± 0.5 mg/L.
- La propuesta de un sistema de tratamiento de agua consiste en un tanque vertical cilíndrico de polietileno con capacidad de 450 L, 0.85m de diámetro y 0.99m de alto la cual contiene cuatro medios de filtración y adsorción. El cual contiene un lecho de filtración/adsorción de flujo descendente conformado por cuatro medios colocados en el siguiente orden y con su respectiva altura: grava superior: 0.1m, carbón activado 0.3m, arena 0.3m y grava inferior 0.1m.
- El sistema de trasiego de agua hacia el filtro convencional multimedios requiere de una bomba centrífuga propuesta de 0.25 kW (1/3 hp), 1750 RPM, diámetro de impulsor de 10mm, un NPSH disponible de 16.00 m, un diámetro de succión de 0.048 m (1.5 in) y de descarga de 0.025 m (1.0 in) con voltaje de 220V y 2.2 m de tubería PVC de 0.013 m (½ in) de diámetro nominal.
- La turbidez y los sólidos suspendidos del efluente se remueven en un $95.65 \pm 6.00\%$ y $85.00 \pm 4.93\%$ respectivamente y $25.217 \pm 0.013\%$ del pH por lo que el modelo experimental propuesto fue exitoso ya que se logró reducir a los límites establecidos.
- El DQO del agua residual del proceso de lavado de biodiésel puede disminuirse hasta 100mg/L utilizando una masa total de carbón activado de coco marca Filtrex Green Block de 55,199.99mg/L (55.20g/L).
- Se realizó una auditoría de Oficina Verde, en la que se evaluó el consumo de energía eléctrica, consumo de agua, consumo de insumos de oficina y salud ocupacional de los colaboradores del área administrativa de un complejo comercial. A partir de este estudio se generó el diagnóstico que contiene las bases con las cuales se implementó el Programa de

Oficina Verde y se comenzó a trabajar para la reducción del impacto ambiental negativo de sus actividades.

- Se estableció la línea base de indicadores de desempeño, con la que se obtuvo 106.25 kWh / m² de consumo de energía eléctrica, 327.30 kg CO_{2eq} / persona-año de emisiones indirectas a la atmósfera, 10.31 m³ / persona-año en consumo de agua, 10 Resmas / persona-año para consumo de papel, 16.96% de cumplimiento de niveles de iluminación, 100% de nivel de presión sonora y 100% de estrés térmico; tomando datos del período de Febrero de 2016 a Enero de 2017 y con ella se monitoreará el avance del Programa Oficina Verde.
- Se definió el alcance del Programa de Oficina Verde de acuerdo a resolución del comité de Oficina Verde formado y datos históricos reportados en casos de éxito de diferentes organizaciones. Con la implementación de este se desea alcanzar un 10% de ahorro en el consumo de energía eléctrica, un 10% en el consumo de agua y hasta un 20% en el consumo de papel para impresiones.
- Se determinó que el complejo comercial no tiene una política ambiental comprometida, de acuerdo a la documentación legal de la institución revisada y se comprobó que únicamente tiene establecidos procedimiento en el manual de operaciones para reducir el impacto ambiental negativo de sus actividades, pero este documento no es de carácter público, por lo que no se puede evidenciar el compromiso de organización con mantener la implementado el Programa de Oficina Verde.
- Se identificó que las actividades críticas dentro de las instalaciones administrativas del complejo comercial son: Consumo excesivo de insumos de oficina (papel para impresión) con un total anual de consumo de 928 resmas al año, 928 paquetes de servilletas, mayordomo y 729 rollos de papel higiénico; falta de control de la cantidad de residuos sólidos generados ya que no se pesan y no tienen prácticas de clasificación y reutilización de residuos.
- Se determinó que el indicador de desempeño base para el consumo de energía eléctrica fue 106.25 kWh/m², de acuerdo a los datos de las facturas del periodo de febrero de 2016 a enero de 2017. Este indicador se encuentra por debajo del límite establecido por el programa para el cumplimiento del consumo de energía eléctrica el cual es de 117 kWh/m².
- Se observó que el área que tiene mayor consumo de energía eléctrica es el equipo de computación con un 61.31% del total consumido por las oficinas del complejo comercial el cual es de 8,262.33 kWh promedio al mes, seguido por los electrodomésticos con 19.75% y climatización con 12.88%.

- Se determinó que el indicador de desempeño base para el consumo de agua es de 10.31 m³/ persona-año, de acuerdo a lecturas del contador en el periodo de febrero de 2016 a enero de 2017. Este indicador se encuentra por debajo del límite establecido por el programa para el cumplimiento en el rubro de consumo de agua el cuál es de 20 m³/ persona-año.
- Se determinó que el indicador de desempeño base para el consumo de papel es de 10 resmas/persona-año, de acuerdo a registros de pedidos a bodega del periodo de febrero de 2016 a enero de 2017. Este indicador se encuentra por encima del límite establecido por el programa para el cumplimiento en el rubro de consumo de resmas de papel el cuál es de 7 resmas/persona-año.
- Se realizó una evaluación de las condiciones de salud ocupacional de los trabajadores, en el que se obtuvo un nivel de cumplimiento de 16.96% para niveles de iluminación, 100% para nivel de estrés térmico y 100% para nivel de presión sonora, según Acuerdo Gubernativo 229-2006 enmiendo 33-2016 se debe tener un cumplimiento del 80% para estas mediciones.
- Dentro de las oportunidades de mejora implementadas para reducir el impacto ambiental negativo se encontraron: la implementación del Programa de Oficina Verde, generación de indicadores de desempeño, buenas prácticas para el manejo de residuos y uso eficiente de papel. Dentro de las actividades generadas para monitorear el avance del Programa de Oficina Verde se tiene la formación del Comité de Oficina Verde y la asignación de cargos a los que lo conforman, para evaluar los resultados de la implementación de oportunidades de mejora.
- Financieramente, la planta de manejo de residuos sólidos del complejo comercial, generaría un flujo de efectivo neto durante el tiempo de análisis, de Q(828,140.28) en el escenario realista. Es necesario contemplar el manejo de la planta como un costo operativo del complejo comercial, el cual se deberá de financiar a partir de actividades que le generen un porcentaje de margen, tales como el cobro de parqueos, y no contemplarla como un costo independiente del complejo comercial, debido a su relación directa con diversos factores intrínsecos a las demás operaciones del mismo.
- Posterior a la evaluación de la comercialización de los residuos, se determinó que estos tienen el potencial de generar un ingreso mensual de Q12,415.91 en el escenario realista.
- Substituir el sistema actual de separación de residuos aumenta el valor presente neto actual de Q(2,606,609.28) a Q(2,301,702.70) en el escenario realista, al estar percibiendo ingresos por la comercialización total de los residuos generados.

- La funcionalidad operativa de la planta es deficiente, debido a la baja capacidad de almacenaje actual de residuos generados por el complejo comercial. Con un crecimiento realista anual del 14.34%, el área necesaria para manejo de residuos aumentará de 470m² a 800m², para el año 2021.
- El rediseño de la planta debe enfocarse en reducir las distancias, derivado de factores externos, buscando ahorro de tiempo efectivo de transporte, y el tener mayor tiempo disponible para la clasificación de residuos. La redistribución propuesta reduce el tiempo efectivo de transporte anual de 26,910.20s (7.48h) en el escenario pesimista de carga transportada, y de 10,410.61s (2.89h) en el escenario optimista de carga transportada.
- La planta presenta al menos 8 tipos de peligros identificados, que han de mitigarse con el monitoreo y control del cumplimiento de medidas preventivas, y la implementación de controles que mejoren las condiciones de trabajo de los operarios.
- Para obtener buenos productos o resultados, se debe contar con buenas entradas, mejor conocidas como materias primas, que en este caso son las bolsas de residuos del complejo comercial. Se observó que la forma en que llegan los residuos afecta el desempeño de los operarios.
- Al obtener las bolsas provenientes del complejo comercial, con los residuos separados desde el origen, se puede reducir el tiempo/bolsa promedio de 2:47 min a 2:26 min con un 90% de confiabilidad, representando una mejora del 19.62%.
- Al obtener las bolsas provenientes del complejo comercial, con los residuos separados desde el origen, se puede disminuir el tiempo/masa de materia orgánica promedio de 3:48 min/kg a 1:00 min/kg con un 97.50% de confiabilidad, representando una mejora del 73.68%.
- De acuerdo al estudio la ruta original se puede reducir en 3283 m, lo que representa una mejora en la ruta del 13.42%. Adicionalmente, se observó que no es necesario pasar al 37%²³ de los puntos de forma diaria porque no hay residuos que recoger o son poco significativos. De acuerdo al estudio, si únicamente se recolectaran los residuos en los lugares donde se puede encontrar el 85% del peso de los residuos, se podría reducir la ruta original en 5126 m, que representa una mejora del 20.95%.

²³ El 37% representa los lugares que representan menos del 85% del peso total de lo recolectado en el análisis ABC del Cuadro 139.

- Los basureros con dos compartimientos, con los que cuenta el complejo comercial, se deben implementar en todo el complejo comercial para la separación de los residuos de los visitantes en orgánico e inorgánico, porque de acuerdo al estudio, el visitante obtuvo un 6% de acierto adicional sobre el porcentaje de acierto obtenido en los basureros con un solo compartimiento.
- De acuerdo a los resultados obtenidos de la encuesta de plan de necesidades, el 88% de los inquilinos del complejo comercial se encuentran anuentes a colaborar con la clasificación de residuos desde el origen.
- La cafetería carece de un sistema de clasificación de residuos que contribuya al medio natural.
- Con el 53% de colaboradores de cafetería desconocen concepto de residuo orgánico e inorgánico. El 93% de los colaboradores no consideran el residuo como material que se puede reutilizar, esto no permite que visualicen la basura como un recurso.
- Se aplicó el taller de capacitación a colaboradores de cafetería en donde se tuvieron varios aportes acerca de maneras de implementar manejo de residuos.(ver anexo I)
- La planificación propicia espacios de reflexión para promover conciencia ambiental, a partir de la validación de la planificación fue necesario modificar los tiempos, previo a la ejecución del taller.
- Aclarar conceptos como parte de la educación ambiental, contribuye al cambio de cultura y entendimiento del valor del manejo de residuos que se manipula y tomar acciones sobre este, más se necesita la implicación de otras disciplinas para que se lleve a cabo.
- El 60% de los colaboradores domina el tema de separación de los residuos, sin embargo el 40% no maneja el tema a cabalidad. Existen criterios diferentes en cuanto al manejo integral de residuos, apesar de que todos recibieron el mismo proceso de inducción.
- Acorde a la información recolectada en la entrevista con el gerente, se concluyó que el restaurante de comida rápida cuenta con un proceso de inducción y de manejo integral de los residuos, sin embargo, éste no existe de forma escrita y en ocasiones se omiten ciertos pasos.
- Según la entrevista con el gerente y las observaciones realizadas en el restaurante de comida rápida, se identificó que no existe un proceso de evaluación de desempeño enfocadas en el desempeño de los colaboradores respecto al manejo integral de los residuos.

- Con los resultados obtenidos en la encuesta a colaboradores y a gerente de restaurante, el 100% de los colaboradores muestran interés en involucrarse en el cuidado del ambiente y prefieren que este sea enseñado de manera lúdica o con estímulos visuales que faciliten su aprendizaje.
- Luego de realizar la entrevista con el gerente, se recalcó la importancia de una sistematización de los procesos del manejo integral de residuos, se mejoren los procesos de capacitación y que esta sirva como modelo para otros restaurantes de comida rápida.

X. RECOMENDACIONES

- Evaluar las condiciones que posee la tierra en la cual se le utilizará el compost con el fin de determinar la cantidad necesaria de nutrientes que requiere la tierra en base a sus condiciones actuales y proveer los nutrientes adecuados a las plantas.
- Realizar análisis de muestras a distinta razón orgánico/poda con el fin de determinar si este factor es determinante en las propiedades finales del compost. Y determinar la razón que presenta los resultados más favorables en cuanto a la cantidad de nutrientes necesarios.
- Al realizar medidas de temperatura, cerciorarse que los instrumentos cuenten con una buena calibración y que se encuentren en equilibrio con el sistema antes de realizar la toma de la temperatura.
- Determinar el ángulo de reposo real del material orgánico que permita calcular las capacidades de una pila triangular o trapezoidal y elegir el tipo de pila adecuado que permita una mayor cantidad de almacenamiento de material. Las pilas del complejo comercial deben realizarse con la geometría adecuada con el objetivo de lograr almacenar la mayor cantidad de material degradable y aprovechar el espacio disponible.
- Proporcionar un ambiente adecuado para que se lleve a cabo el proceso de descomposición, que incluya un pretratamiento para la reducción del tamaño de partícula del material orgánico y un sistema que propicie la aireación, permiten que el proceso de descomposición de la materia orgánica conlleve un menor tiempo. Se recomienda analizar un sistema de aireación a partir del volteo de material para propiciar el contacto de las partículas con el oxígeno del aire provocando así un ambiente adecuado para los microorganismos.
- Parámetros de humedad, temperatura y pH deben ser controlados de manera eficiente para garantizar las propiedades del producto de la descomposición de la materia prima.
- Evaluar la producción de biogás de un sistema de compostaje para evaluar si es posible aprovechar la producción de metano y determinar que uso se le puede dar al mismo.
- Recolectar los lixiviados producidos y reutilizarlos para humectar el compost, si este contiene baja humedad, de no utilizarse de este modo, tratarlos en una planta de tratamiento de agua.

- Realizar una evaluación del proceso anaeróbico a condiciones mesofílicas, para estudiar si su estabilidad en la temperatura, da como resultado mejores desempeños que el sistema termofílico, compensando el mayor tiempo requerido.
- Se recomienda estudiar el proceso de degradación utilizando una mezcla todos los materiales que llegan a la PMDS, logrando una proporción de 24:71:5 de carbohidratos, frutas y verduras y proteínas, para determinar cuál es su efecto en la generación de biogás.
- Realizar un montaje de sistema semicontinuo o continuo, para realizar una comparación contra los resultados obtenidos en el sistema por lotes. Esto para obtener resultados semejantes a la operación que el complejo tendría, añadiendo diariamente material orgánico al digestor.
- Debido a la presencia de H_2S y a la toxicidad asociada a este componente, se debe estudiar y evaluar tratamientos para su eliminación, como: adsorción, lavado químico o lavado biológico.
- Estudiar usos posibles del producto sólido y efluente. Generalmente, los residuos de la digestión anaerobia tienen aplicaciones en riego y como bioabono. Por lo que, se recomienda investigar normativas como el acuerdo gubernativo No. 236-2006 y para ser utilizado en riego; y continuar trabajos para evaluar su composición y tras un tratamiento biológico, su posterior utilización como Bioabono.
- Para obtener un biodiésel que cumpla con los rangos aceptables establecidos por las normativas de calidad ASTM y AOAC, se recomienda utilizar las cantidades de materia prima que menciona este proyecto.
- Para la purificación del biocombustible, se recomienda investigar e implementar la alternativa de trabajar lavados en seco, con la finalidad de disminuir la utilización de agua destilada o agua municipal.
- Almacenar el producto terminado en un recipiente cerrado y aislado de fuentes de ignición, para evitar que la humedad del medio ambiente reduzca la calidad y eficiencia del mismo, para su posterior utilización en motores o generadores de electricidad. Además, para evitar la combustión y/explosión del producto.
- Para aumentar la utilidad neta dentro del flujo de efectivo anual del proyecto, se recomienda adquirir o comprar aceite usado de cocina, el cual se transformará en biodiesel; de esa

manera se obtendría una mayor cantidad de biocombustible para la venta y/o utilización in situ.

- Capacitar al personal que tendrá a su cargo la operativización de la planta de producción de biodiésel al menos dos veces al año, con el objeto de fortalecer su conocimiento en cuanto a las medidas de seguridad, así como el manejo y mantenimiento del equipo, en el complejo comercial.
- Para obtener un proyecto rentable a nivel económico, ambiental y social, se recomienda unir esfuerzos con otros complejos comerciales y elaborar la producción de biodiésel a partir de aceites vegetales usados en una planta de producción a baja escala.
- Para futuras investigaciones se recomienda la unión de un Ingeniero Químico, un Ingeniero Mecánico y un Ingeniero Eléctrico, para poder realizar un análisis completo del motor, el generador eléctrico y el biodiésel colocado en el motor.
- Que el complejo comercial implemente un laboratorio de Control de Calidad para asegurar que su biodiésel fabricado contará con las especificaciones dadas por las normas ASTM, las cuales reúnen a los productores, usuarios y consumidores, de todo el mundo, para crear normas de consenso voluntarias. Estas normas se usan en investigaciones, proyectos de desarrollo, sistemas de calidad y comprobación y aceptación de productos a nivel mundial.
- Es importante que el área designada para la instalación del grupo electrógeno, no se vea afectada por fuentes de calor constante que produzcan temperaturas elevadas, ya que esto causa inconvenientes en el sistema de enfriamiento.
- Es importante proporcionar al motor las condiciones indispensables de trabajo, cuidados necesarios y aceptables para que el funcionamiento desarrollado sea el esperado, también debe conocerse si el aprovechamiento de los suministros que utilizan los sistemas de combustible e inyección, lubricación y enfriamiento se encuentran cercanos al área de instalación del grupo electrógeno.
- Comprar una cabina de insonorización al grupo electrógeno, ya que este emite 91.2 dB a 7 metros de distancia y según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el requerimiento de ruido permisible para el oído humano en el ambiente laboral, debe ser de 85 decibeles (dB) durante un máximo de 8 horas al día.

- Para darle un aprovechamiento al excedente de potencia suministrada por el generador eléctrico, se recomienda que el complejo comercial implemente una unidad de carga para vehículos eléctricos, con un precio de venta sugerido de Q25.00/carga completa y con ello recupere los costos de producción de biodiésel y su caracterización.
- Realizar comparaciones con diferentes tipos de carbón activado ya que en la industria existen diversas mezclas, materias primas y marcas. Comprobar la existencia de un carbón activado más eficiente puede reducir el volumen necesario para la columna de adsorción.
- Determinar las características de glicerina y metanol como subproductos usando las pruebas de pH, viscosidad, densidad, concentración, cantidad de ácidos grasos y jabones presentes para proponer un proceso de purificación y reúso de los mismos.
- Realizar una revisión de producción de jabones en el proceso de lavado para reducir la generación de los mismos y aumentar la eficiencia del proceso de lavado de biodiésel.
- Determinar el impacto de los jabones como sustancia que altera el pH del agua residual proveniente del proceso de lavado de biodiésel realizando curvas de concentración de jabones en relación a la acidez del medio.
- Obtener isotérmicas de Freundlich para determinar el modelo matemático que describe la adsorción jabones, como sustancia que altera el pH, por carbón activado.
- Realizar pruebas para determinar el tiempo de carrera del lecho de filtración/adsorción, para proponer un plan de mantenimiento. Este estudio se debe realizar analizando la cantidad de contaminantes (DQO, DBO, sólidos suspendidos totales, turbidez y pH) del efluente del lecho de filtración/adsorción.
- Obtener la huella de carbono del desecho de los medios de filtración y adsorción para determinar si el tratamiento de agua residual proveniente del proceso de lavado de biodiésel no es más contaminante que disponer del agua residual sin tratar directamente a un cuerpo receptor.
- Realizar una propuesta de re utilización de agua residual para el proceso de producción de biodiésel.
- Contratar la auditoría de Oficina Verde realizada por el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, para optar a la certificación y obtención del Sello de Oficina Verde otorgada por esta institución.

- Convencer a la alta dirección para que defina una política ambiental comprometida, de acuerdo a los requerimientos de la Norma internacional ISO 14000:2014 y publicarla para involucrar a todas las partes interesadas.
- Evaluar el consumo de energía eléctrica por área utilizando un analizador de redes, para obtener mediciones más confiables y exactas del consumo de energía que se tiene por área (iluminación, equipo de cómputo, electrodomésticos y otros). Además con este equipo se puede realizar un análisis del departamento que mayor consumo de energía eléctrica tiene, de esta forma se pueden evaluar las actividades que en este se realizan e identificar oportunidades de mejora específica para las actividades del departamento.
- Realizar talleres de capacitación para dar a conocer los requerimientos de la Norma ISO14001:2014 al personal de las instalaciones administrativas del complejo comercial, especialmente a la alta dirección para establecer un sistema de gestión ambiental que aplique a todas las actividades que se realizan dentro de las diferentes áreas del complejo comercial.
- Utilizar equipos con los últimos avances tecnológicos para evaluar los niveles de iluminación, nivel de estrés térmico y nivel de presión sonora, para obtener mediciones en rangos de tiempo prolongados. En el caso de equipos de medición de estrés térmico y presión sonora, los más especializados trabajan tomando mediciones de 10 a 15 minutos por punto para evaluar el comportamiento dependiendo del tiempo.
- Aumentar el número de puntos de medición de los niveles de estrés térmico y niveles de presión sonora, en el tercer nivel del área administrativa del complejo comercial a uno por puesto de trabajo, para identificar si se requiere cambiar la disposición de estos o aumentar la ventilación para algún punto, debido a que en esta área se encuentra la mayor cantidad de colaboradores.
- Localizar y analizar los documentos de consumos de recursos (energía eléctrica y agua) e insumos, de los últimos cinco años, para identificar si existe alguna tendencia de crecimiento o decremento en sus consumos.
- Organizar un taller en las instalaciones administrativas del complejo comercial, con las empresas CLARIANT y ENEL Green Power, para la presentación de sus resultados y experiencias con la implementación del Programa de Oficina Verde, para realizar intercambio de ideas sobre opciones de mejora implementadas y buenas prácticas adoptadas para reducir el impacto ambiental de las actividades administrativas.

- Llevar un control propio sobre la cantidad de residuos reportados mensualmente, para un estudio más certero, por medio de un análisis financiero o auditoría en la planta de manejo de residuos sólidos.
- Evaluar los resultados del manejo de residuos sólidos en un complejo comercial, con mayor cantidad de rubros pertinentes al costo operativo del mismo, y rubros tales como el ingreso por el servicio de extracción de basura para cada uno de los inquilinos.
- Proyectar el aumento en los residuos recuperados, como una mayor fuente de ingresos, al implementar la separación desde la fuente por residuos orgánicos e inorgánicos.
- Evaluar si es viable realizar la independización del sistema de separación junto con la adquisición de al menos uno de los equipos propuestos, luego de que el complejo comercial priorice sus necesidades.
- Se recomienda crear un plan de rotación de inventario de residuos, y eliminar los residuos que lleven un tiempo prolongado en las instalaciones, para evitar acumulación de plagas, y dar espacio al manejo de los residuos que más genera el complejo comercial.
- Al tener mayor cantidad de datos certeros, modelar cada uno de los residuos reportados por medio de distintos ajustes, además del ajuste lineal, para evaluar el comportamiento que más se aproxime a los residuos reportados.
- Realizar distintas redistribuciones de la planta, buscando a una redistribución óptima, que permita el ahorro máximo de tiempo efectivo de la operación de transporte anual.
- Realizar un análisis financiero de invertir en equipo de transporte adecuado a las instalaciones de la planta, para evitar lesiones en los operarios, y que estos tengan mayor disponibilidad de tiempo para realizar la operación que les lleva más tiempo que es la clasificación de residuos.
- Evaluar la posibilidad de que cada generador de residuos bioinfecciosos, realice el pago directamente sobre la recolección y tratamiento de los mismos, para disminuir el gasto mensual del complejo comercial hacia la empresa que incinera los mismos.
- Evaluar el impacto de la posible reducción en la generación de residuos, a causa de un cambio de cultura, por medio de programas de educación y capacitación de los inquilinos del complejo comercial.

- Establecer una metodología sencilla para el registro de datos del proceso de recolección y separación, comparada con la empleada en el estudio. Esto se podría realizar si se proporcionaran bolsas con un número único impreso a los locales/restaurantes de manera que en la planta se pueda determinar fácilmente de donde provienen las bolsas.
- Involucrar a la empresa tercerizada de la recolección de residuos en la clasificación desde el origen para simplificar y hacer más productiva a la planta de manejo de desechos. Esto se puede realizar aprovechando el tiempo libre que obtendrán de la mejora en la ruta para invertir más tiempo en los puntos de recolección y clasificar los residuos en jumbos que se podrían encontrar en el camión.
- Realizar nuevamente prueba piloto con el involucramiento de los demás tipos de desechos del complejo comercial para evaluar y comparar el parámetro de tiempo/masa de material orgánico promedio de una muestra que proviene de restaurantes contra una que provenga de varias fuentes del complejo comercial.
- Añadir a las hipótesis planteadas la influencia que tiene la separación desde el origen en la calidad de los productos que se generan por el tratamiento de residuos orgánicos en la planta, que hoy en día sería el compost generado.
- Realizar planes de acción según los resultados de la encuesta de plan de necesidades y las matrices ABC, xyz. Como las matrices realmente son una priorización, se debe empezar a ejecutar con los locales/restaurantes que generan mayor impacto (Ax, Ay, Bx, By). Primero se deben determinar las necesidades específicas del lugar (como espacio físico, cantidad de basureros, validar el espacio para colocar más basureros, cantidad de trabajadores) para poder proporcionar las herramientas al establecimiento para que clasifique sus residuos. Una vez desarrolladas las herramientas, se realizaría la capacitación con seguimiento, realizando visitas sin previo aviso.
- Renegociar condiciones comerciales con la empresa tercerizada justificado por la potencial implementación de mejoras en el complejo comercial expuestas en el estudio. En este caso se podría solicitar obtener por lo menos el 50% de lo que se obtenga sobre la venta de material inorgánico basado en que la mitad de la separación la realiza el complejo comercial por la iniciativa con la clasificación desde el origen.
- Mejorar comunicación entre inquilinos y complejo comercial para facilitar la implementación de planes de acción y clasificación de residuos desde el origen.

- Colocar los basureros con divisiones, con los que ya se cuentan, en todo el complejo comercial y evaluar de forma periódica el % de acierto para medir la evolución del conocimiento del visitante y facilitar la clasificación de dichas bolsas con residuos provenientes de los basureros posteriormente en la planta.
- Modificar los basureros sin divisiones con los que cuenta el complejo comercial para que tengan dos compartimientos, uno para residuos orgánicos y otro para residuos inorgánicos.
- Añadir la división verde dentro de la estructura del complejo comercial y medir su desempeño para tener mayor foco en los proyectos a realizar.
- La implementación de gestión de proyectos en cualquier proyecto de la división verde y en la realización de cualquier estudio con grupos multidisciplinarios contratando a un director de proyectos o definiendo y capacitando líderes dentro de la organización que sean conocedores de alguna metodología, como la del Instituto de Gestión de Proyectos, por ejemplo.
- Aprovechar el recurso humano que tiene la cafetería permitirá impulsar proyectos que sirvan de modelo para generar una cultura amigable al ambiente.
- Es necesario establecer un sistema para manejar el residuo orgánico que genera la cafetería a manera de evitar acumulación de desechos.
- Analizar la posibilidad de replicar el taller de capacitación para colaboradores en otras cafeterías y restaurantes permitirá enseñar acerca del manejo de residuos y conceptos tales como residuo, desecho, residuos orgánico e inorgánico. (ver anexo I)
- Se sugiere que la administración del complejo comercial considere la integración de este taller de capacitación dentro de sus políticas de gestión de residuos para que lo compartan a las diferentes cafeterías y a las nuevas por aperturar.
- Utilizar contantemente el taller de capacitación propuesto para reforzar el contenido del manejo integral de los residuos, para nivelar el dominio del tema entre todos los colaboradores.
- Implementar la propuesta de sistematización para capacitar a los nuevos colaboradores con la información y recursos necesarios para el correcto aprendizaje del manejo integral de los residuos dentro de la cocina del restaurante.
- Utilizar la rúbrica de evaluación propuesta dentro de la sistematización, para evaluar de manera objetiva el desempeño de los colaboradores, acerca del manejo integral de los

residuos y así permitir su crecimiento personal, cumplimiento de sus responsabilidades y dominio en el tema.

- Distribuir en lugares estratégicos los recursos visuales propuestos en la sistematización para facilitar el aprendizaje y reforzamiento de tema de manejo integral de residuos para los colaboradores.
- Compartir con los gerentes de los 4 restaurantes de comida rápida que aún no cuentan con un manejo integral de los residuos, la guía de sistematización propuesta para que sea adaptada a las condiciones y características de los colaboradores, y así contribuir a la reducción del desperdicio de los residuos en el complejo comercial.
- Informar a los administradores del complejo comercial acerca de la sistematización, para que se evalúe la implementación o adaptación del modelo en otros restaurantes como parte de sus políticas o reglamentos. Esto con el fin de involucrar a más personas en el movimiento de cultura ambiental.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M., Revelo, D., Ruiz, O., Tax, O., & Botero, R. (2009). *Capacidad de filtración y retención del sulfuro de hidrógeno del biogás, en dos diferentes sustratos orgánicos*. Universidad EARTH, Costa Rica.
- Adam, F. (1970). *Andragogía: Ciencia de la educación*. Caracas: Federación Interamericana de educación de adultos (FIDEA).
- Aguilar, A. S. (2007). *Capacitación y desarrollo de personal* (4 ed.). México D.F: Limusa.
- Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., y otros. (2008). *Biogas Handbook*. University of Southern Denmark. Germany: European Commission.
- Anacafé. (2017). *Valores nutritivos de los abonos orgánicos comparados con los sintéticos y químicos*. Obtenido de https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=AbonosOrganicos_ValoresNutritivos
- APHA. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, DC, USA: American Public Health Association.
- Austin, D. (1979). *Chemical Engineering Drawing Symbols*. London.
- Barthes, R. (170). *Elementos de Semiología*. Madrid.
- Behrentz, E. y. (2007). *Modelación a Escala del Proceso de Compostaje Aerobio, en Pila Estática y con Aireación Forzada. Desarrollo Teórico e Implementación de Laboratorio*. Santa Fé de Bogotá: Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental. Universidad de los Andes.
- Benedetti, A. B. (2011). *Compost Science and Technology*. USA.
- Betancourt, A. M. (2007). *El taller educativo*. Bogotá, Colombia: Cooperativa editorial magisterio.
- BiogasWorld Media Inc. (2017). *biogasworld.com*. Recuperado el 07 de 10 de 2017, de <https://www.biogasworld.com/biogas-calculations/>
- Blanco, D. (2004). *Tratamiento biológico aerobio-anaerobio-aerobio de residuos ganaderos para la obtención de biogás y compost*. Tesis, Universidad de León, Ingeniería Química, España.
- Brandt, J. (1998). *Andragogía: Propuesta de autoeducación*. Los Teques, Venezuela.
- Buendía, L., Colás, P., & Hernández, F. (1998). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. Madrid.
- Canada, E. (2013). *Technical Document on Municipal Solid Waste Organics Processing*. Canada.

- Caraballo, R. (2006). La andragogía en la educación superior. *Investigación y Postgrado*, 22(2).
- Casanova, M. A. (2006). *Diseño curricular e innovación educativa*. Madrid: La muralla.
- Castañeda, L. (2004). *Educación superior y nuevas tecnologías: nuevos horizontes, nuevas exigencias. Ilcongreso O Line. Observatorio para la cibersociedad*. Obtenido de <http://www.cibersociedad.net/congress2004>.
- Castro, F., & Lira, H. (2004). *Curriculum y evaluación educacional*. Universidad del Bio-bio.
- Chiavenato, I. (2009). *Gestión del talento humano* (Tercera ed.). (2009, Ed.)
- Cifuentes, R. M. (2011). *Investigación cualitativa: miradas desde el trabajo social*. Buenos Aires, Argentina.
- Comisión nacional de medio ambiente. (Enero de 2005). Política de gestión integral de residuos sólidos. Chile.
- Cooperband, L. (2002). *The Art and Science of Composting. A resource for farmers and compost producers*. Wisconsin-Madison: Center for Integrated Agricultural Systems.
- Curinga, K. (03 de 10 de 2017). *Live Strong*. Recuperado el 07 de 10 de 2017, de <http://www.livestrong.com/article/289250-list-of-foods-high-in-sulfur/>
- Curry, N., & Pillay, P. (2011). *Biogas prediction and design of a food waste to energy system for the urban environment*. Concordia University, Electrical and Computer Engineering, Canada.
- Dalzell, H., & et.al. (2013). *Soil management: compost production and use in tropical and subtropical environments*. Oxford: FAO.
- Del Angel, M. M. (1994). *Contribución al estudio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)*. Tesis, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil, Monterrey.
- Díaz, M. d. (2005). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias. Orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior*. Oviedo, España.
- Díaz-Barriga, F., & Hernández, G. (México). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*. McGraw-Hill.
- Dioha, I., Ikeme, C., Nafi'u, N., Soba, I., & Yusuf, M. (2013). *Effect of Carbon to Nitrogen Ratio on Biogas Production*. Energy Commission of Nigeria. Nigeria: European Centre for Research Training and Development UK.
- El ambiente y los desechos sólidos. (s.f). *Jimdo*. Obtenido de <https://elambienteylsdesechosolidos.jimdo.com/definici%C3%B3n-y-diferencia-entre-desechos-y-residuos/>
- EPA. (2001). *Total, Fixed and Volatile Solids in Water, Solids and Biosolids*. U.S Environmental Protection Agency Office of Water, Office of Science and Technology, Engineering and Analysis Division (4303), Washington, DC.

- EPA. (2013). *Compost Guideline Environment Protection Authority*. Adelaide, Australia: Environment Protection Authority .
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). *VALIDEZ DE CONTENIDO Y JUICIO DE EXPERTOS: UNA*. Colombia.
- Evertson, C., & Green, J. (1989). *La observación como indagación y método*. Barcelona.
- Facchin, V., Cavinato, C., Pavan, P., & Bolzonella, D. (2013). *Batch and continous mesophilic anaerobic digestion of food waste: Effect of trace elements supplementation*. Scientific Article, University of Verona, Biotechnology, Italy.
- Fisas, V. (Mayo de 2011). Educar par auna cultura de paz. *Quaderns de construcció de pau*(20).
- Green, D. W., & Perry, R. H. (2008). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. USA: McGRawHill.
- Guerra, W. T. (s.f). *Cornare.gov.co*. Obtenido de Cornare.
- Gutiérrez, D., & Román, E. (2005). El Modelo de Hecho Educativo Integrativo como expresión de la Andragogía. *Revista Venezolana de Ciencias Sociales*, 9(2), 455-472.
- Guzmán, M., & Macías, C. (Junio de 2012). El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México. *Estudios sociales*, 20(39).
- Hach Company. (2003). *Digital Reactor Block 200 (DRB 200) Instrument Manual*. Manual, Hach Company, Germany.
- Hach Company. (2009). *DR/890 Colorimeter Procedures Manual*. Manual, Hach Company, Germany.
- Hidalgo, J., Maravilla, V., & Ramírez, W. (2010). *Aprovechamiento energético del biogás en El Salvador*. Universidad Centroamericana, Ingeniería Mecánica, Antiguo Causcatlán.
- Huerta, O., Soliva, M., & Zaloña, M. (2008). *Compostaje de Residuos Municipales, Control del proceso, rendimiento y calidad del producto*. Cataluña: Agencia de Residus de Catalunya.
- IDAE. (2007). *Biomasa: Digestores anaerobios*. Manual, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, España.
- Insausti, A. A. (1992). *Planificación curricular*. Guatemala: Piedra Santa.
- INVEMAR. (2003). *Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos y Contaminates Marinos*. Programa, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Colombia.
- IRENA. (2016). *Measuring small-scale biogas capacity and production*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRTRA. (2017). *Trabajamos por un mundo feliz, libre de contaminación* . Retalhuleu, Guatemala: IRTRA.
- Jayaraj, S., Deepanraj, B., & Sivasubramain, V. (2012). *Study on the effect of pH on biogas production from food waste by anaerobic digestion*. National Institute of Technology, Chemical and Mechanical Engineering, India.

- Kafle, G., & Kim, S. (2012). *Anaerobic treatment of apple waste with swine manure for biogas production: batch and continuous operation*. Science article, Kangwon National University, Biosystems Engineering, Korea.
- Kanger, K. (2013). *Biogas production under co-digestion of food waste with sewage sludge*. Bachelor thesis, University of Tartu, Geography, Tartu.
- Kehres, B. (2003). *Methods Book for the Analysis of Compost*. Alemania: Federal Compost Quality Assurance Organisation.
- Komilis, D. y. (2000). *Life Cycle Inventory and Cost Model for Mixed Municipal and Yard Waste Composting*. Washington, D.C. : Environmental Protection Agency.
- Kou, J., & Dow, J. (2017). *Biogas Production from Anaerobic Digestion of Food Waste and Relevant Air Quality Implications*. California State University; and Central Marin Sanitation Agency. California: Journal of the Air & Waste Management.
- Lino, H. d. (2010). *Estrategias de enseñanza aprendizaje para el desarrollo de competencias*. Guatemala.
- López, D. J. (2011). *EL PROCESO DE CAPACITACIÓN, SUS ETAPAS E IMPLEMENTACIÓN*.
- Lundgren, U. (1992). *Teoría el curriculum y escolarización*. Madrid: Morata, S.L.
- Markoš, J. (2010). *Food waste as biodegradable substrates for biogas production*. Slovak University of Technoogy, Chemical Engineering. Bratislava: Institute of Chemical and Environmental Engineering.
- Marrero, T. (2004). *Hacia una Educación para la emancipación*. UNERS.
- Martí, N. (2006). *Phosphorus precipitation in anaerobic digestion process*. DISSERTATION.COM, Florida.
- Martínez, E., & Martínez, F. (2009). *Capacitación por competencias, principios y métodos*. Santiago de Chile.
- Martínez, J. (2005). *Guía para la gestión integral de residuos peligrosos: Fundamentos Tomo I*. Manual, Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe, Montevideo.
- Martínez, L. A. (16 de Abril de 2007). *La observación y el diario de campo en la definición de un tema de investigación*.
- Martínez, R. (Enero-Junio de 2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista electrónica Educare*, 14(1).
- Martínez, R., & Fernández, A. (s.f). *Árbol de problemas y áreas de intervención*.
- Masters, M., & McCane, R. (1939). *The sulphur content of foods*. King's College Hospital and Cambridge, Biochemical and Department of Medicine of Cambridge.
- Miah, M., Kalam, A., Rahman, L., Rajibul, M., Pulak, A., & Rouf, A. (2015). *Production of biogas from poultry litter mixed with the co-substrate cow dung*. Institute of Fuel Research and Development, Chemistry, Bangladesh.

- Muñoz, R. J. (2016). *Modelo Andragógico*. (D. d. distancia, Ed.) Guanajuato, México.
- Murray, B., Galik, C., & Vegh, T. (2014). *Biogas in the United States: An assessment of market potencial in a carbon-constrained future*. Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Duke University, School of Engineering, USA.
- National School Reform Faculty, Harmony Education Center. (2015). *Critical friends group, Coache's Handbook*. (M. Matoon, & L. Englert, Edits.) Bloomington, Indiana, Estados Unidos.
- Navarro, S. (2008). *Tablas de Referencia*. Cuba: Universidad Central de Las Villas.
- Njoroge, F. (2015). *Biogas production for domestic use*. Creative Commons. Commonwealth of Learning.
- Novo, M. (1996). La educación Ambiental formal y no formal: dos sistemas complementarios. *Iberoamericana de Educación*(11).
- Novo, M. (2009). La educación ambiental, una genuina para el desarrollo sostenible. *Revista de Educación*.
- Olaya, Y., & González, L. O. (2009). *Fundamentos para el diseño de biodigestores*. Tesis, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración, Palmira.
- Oliveria, F., & Doelle, K. (2015). *Anaerobic Digestion of Food Waste to Produce Biogas: A Comparison of Bioreactors to Increase Methane Content - A review*. College of Environmental Science and Forestry, Bioprocess Engineering. New York: Food process technol.
- Organización panamericana de la salud. (Febrero de 2007). Perfil del sistema de salud de Guatemala. *Tercera*.
- Osei-Meensah, P., Amatey, A., & Owusu, G. (2014). *CHARACTERIZATION OF SOLID WASTE IN THE*.
- Parajuli, P. (2011). *Biogas measurement techniques and the associated errors*. University of Jyväskylä, Biological and Environmental Science. Jyväskylä: Renewable Energy Programme.
- Paredes, R., & López, M. (2005). *Generacion de energia con biogas de residuos agricolas en plantas agroindustriales La Libertad*. Universidad Privada del Norte, Perú.
- Paterson, M. (2016). *Guía sobre el Biogás: Desde la producción hasta el uso*. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft un Verbraucherschutz. Germany: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.
- Paul, J. y. (2008). *Compost Facility Operator Manual*. USA.
- Perdomo, C. (s.f.). *Técnicas para el aprovechamiento y Valorización de los residuos orgánicos con alta tasa de biodegradación*. Obtenido de <ftp://ftp.ani.gov.co/Aeropuertos/Sur%20Occidente/T%C3%A9cnico/5.%20INVERSIONES>

/5.g)%20MEDIO%20AMBIENTE/ARMENIA/INFORMES%20DE%20MONITOREO%20AMBIENTAL/Documentos/Anexo%20Aprovechamiento%20Residuos%20Org%C3%A1nicos.pdf

Perez, A. (2008). *Manual de compostaje*. Madrid: Amigos de la tierra.

Perpiñá, C. (2012). *Manual de entrevista psicológica*. Madrid.

Polprasert, C. (2007). *Organic Waste Recycling Technology and Management* (3rd ed.). London: IWA Publishing.

PROMIX. (12 de Septiembre de 2017). *La función del cobre en el cultivo de plantas*. Obtenido de <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-cobre-en-el-cultivo-de-plantas/>

PROMIX. (12 de Septiembre de 2017). *La función del magnesio en el cultivo de plantas*. Obtenido de <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-magnesio-en-el-cultivo-de-plantas/>

PROMIX. (12 de septiembre de 2017). *La función del manganeso en el cultivo de plantas*. Obtenido de <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-manganeso-en-el-cultivo-de-plantas/>

PROMIX. (12 de Septiembre de 2017). *La función del zinc en el cultivo de plantas*. Obtenido de <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-zinc-en-el-cultivo-de-plantas/>

PROMIX. (12 de Septiembre de 2017). *Rol del azufre en el cultivo de plantas*. Obtenido de <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-azufre-en-el-cultivo-de-plantas/>

PROMIX. (12 de Septiembre de 2017). *Rol del Boro en el Cultivo de Plantas*. Obtenido de <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-boro-en-el-cultivo-de-plantas/>

PROMIX. (12 de Septiembre de 2017). *Rol del Calcio en el cultivo de plantas*. Obtenido de <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-calcio-en-el-cultivo-de-plantas/>

PROMIX. (12 de Septiembre de 2017). *Rol del hierro en el cultivo de plantas*. Obtenido de <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-hierro-en-el-cultivo-de-plantas/>

PWGSC. (2013). *Municipal Solid Waste Organics Processing*. Technical Document, Government of Canada, Minister of the Environment, Canada.

Rocha, L. (2015). *Aplicación de la digestión anaerobia para el tratamiento del efluente de la planta de lácteos de Zamorano y evaluación de su potencia energética*. Tesis, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Ingeniería en Ambiente y Desarrollo, Honduras.

- Rocha, L. (2015). *Aplicación de la digestión anaerobia para el tratamiento del efluente de la planta de lácteos de Zamorano y evaluación de su potencial energético*. Tesis, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Ingeniería de ambiente y desarrollo, Honduras.
- Rogoff, M. J. (2014). *Solid waste recycling and processing* (2 ed.).
- Román, P., & Martínez, M. y. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor*. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Sadzawka, A. e. (2005). *Métodos de Análisis de compost*. Santiago, Chile: Centro Regional de Investigación La Platina.
- Sánchez, M. (14 de septiembre de 2016). *Jardinería ON*. Obtenido de <https://www.jardineriaon.com/que-es-la-turba-y-para-que-se-utiliza.html>
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *BioTecnología*, 16(02).
- Scharager, J. (s.f). *Muestreo no probabilístico*. Obtenido de Escuela de psicología, Universidad católica de Chile.
- Sitorus, B., Seno, S., & Panjaitan, D. (2012). *Biogas recovery from anaerobic digestion process of mixed fruit-vegetable wastes*. Tanjungpura Universtity and Institut Teknologi Bandung, Chemistry and Environmental Engineering. Indonesia: International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application.
- Solano, O., Vargas, M., & Guillén, R. (2010). *Biodigestores: factores químicos físicos y biológicos relaciones con su productividad*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Bbiotecnología, Costa Rica.
- Sotelo, G. (2002). *Hidráulica de canales* . México: UNAM.
- Sureda, J. (1990). *Guia de la educación ambiental. Fuentes documentales y conceptos básicos*. Barcelona: Anthropos.
- Sztern, D. y. (2004). Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos. Uruguay.
- Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management* (2nd ed.). McGrawHill.
- Thenabadu, M. (2014). *Anaerobic digestion of food and market waste; Waste characterisation, biomethane potential and bioreactor desing: A case study in Sri Lanka*. University of Gävle, Engineering. Sri Lanka: KTH Industrial Engineering and Management.
- Tójar, J. C. (2006). *Investigación Cualitativa, comprender y actuar*. Madrid: La Muralla, S. A.
- Ubaldo, S. (2009). *Modelo andragógico. Fundamentos*. (M. G. R., Ed.) Chapultepec Polanco, México D.F.
- Undurraga, C. (2007). *¿Cómo aprenden los adultos?* Santiago, Chile.
- UNESCO. (2004).
- Universidad de Guanajuato. (s.f). *Modelo andragógico*. Obtenido de www.repositorio.ugto.mx.

- UPME. (2003). *Formulación de una programa básico de normalización para aplicaciones de energías alternativas y difusión*. Guía, Unidad de Planeación Minero Energética, Colombia.
- Varnero, M. (2011). *Manual de biogás*. Ministerio de Energía, Santiago de Chile.
- Ventura, C. (2014). *Productividad de metano a partir de residuos de cultivo de maíz y frijol*. Tesis, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Ingeniería en Ambiente y Desarrollo, Honduras.
- Victor Hugo Abril, P. D. (s.f.). *Técnicas e instrumentos de la investigación*.
- WasteCap. (2005). *The Supermarket Composting Handbook*. Massachusetts.
- Williams, P. (2005). *Waste Treatment and Disposal* (2nd ed.). Great Britain: Wiley.
- Worrel, W. a. (2010). *Solid Waste Engineering* (2nd ed.). USA: Cengage Learning.
- Zhang, C., Su, H., Baeyens, J., & Tan, T. (2014). *Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production*. Scientific Article, Beijing University of Chemical Technology and University of Warwick, Food and Biological Engineering, China and England.
- Zhang, R., Hamed, E.-M., Hartman, K., Wang, F., Guanqing, L., Choate, C., y otros. (2006). *Characterization of Food Waste as Feedstock of Anaerobic Digestion*. University of California, Biological and Agricultural Engineering. California: Bioresource Technology.

XII. ANEXOS

Anexo A: Módulo 1 Evaluación y propuesta para el diseño preliminar de compostera con sistema aeróbico en un complejo comercial

1. Datos originales

Cuadro 166: Datos de temperatura (°C) proporcionados de un lote de compost procesado en el complejo Comercial

Día	Hora			Promedio
	08:00	13:00	16:00	
1	13	22	12	15.67
2	14	20	11	15.00
3	14	19	10	14.33
4	16	21	14	17.00
5	11	18	15	14.67
6	9	18	9	12.00
7	7	21	9	12.33
8	12	21	10	14.33
9	15	22	15	17.33
10	13	25	16	18.00
11	14	21	11	15.33
12	15	21	14	16.67
13	9	19	14	14.00
14	8	16	12	12.00
15	9	15	12	12.00
16	10	16	11	12.33
17	9	19	10	12.67
18	11	21	13	15.00
19	9	18	15	14.00
20	13	16	12	13.67
21	9	14	10	11.00
22	14	17	12	14.33
23	10	15	9	11.33
24	15	17	13	15.00
25	12	16	11	13.00
26	14	20	17	17.00
27	16	19	15	16.67
28	11	16	13	13.33
29	12	17	11	13.33
30	9	18	14	13.67
31	12	14	12	12.67
32	15	13	10	12.67
33	12	16	14	14.00
34	9	19	11	13.00

Día	Hora			Promedio
	08:00	13:00	16:00	
35	11	17	13	13.67
36	8	15	11	11.33
37	10	17	13	13.33
38	9	15	11	11.67
39	8	13	10	10.33
40	11	16	13	13.33
41	9	14	11	11.33
42	12	17	14	14.33
43	10	13	9	10.67
44	9	15	11	11.67
45	11	16	13	13.33
46	7	10	8	8.33
47	8	15	10	11.00

Cuadro 167: Datos de temperatura ($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$) obtenidos de la muestra 0 analizada a escala laboratorio

Día	Temperatura ambiente	Temperatura muestra	Día	Temperatura ambiente	Temperatura muestra
0	-	-	23	27.5	27.2
1	24.2	30.0	24	27.4	27.2
2	25.3	39.6	29	26.6	26.8
3	26.9	42.5	30	27.2	27.2
6	23.9	32.6	31	23.7	25.0
7	24.3	35.7	32	27.3	25.4
8	22.4	31.6	33	24.0	24.0
9	28.3	36.5	36	24.6	24.0
10	27.0	39.9	37	22.8	20.0
13	25.8	39.9	38	23.5	22.0
14	26.7	39.1	39	24.5	25.0
15	27.9	37.9	40	24.7	25.0
16	27.5	38.8	43	23.8	23.0
17	25.2	35.2	44	27.3	25.0
20	23.2	26.7	45	24.8	22.0
21	24.5	27.1	46	24.2	23.0
22	26.9	27.3			

Cuadro 168: Datos de temperatura (°C) obtenidos de las muestras 1, 2 y 3 analizadas a escala laboratorio.

DIA	Temperaturas (°C)			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Ambiente
1	-	-	-	-
2	22	25	23	27.4
5	31	29	31	26.6
6	29	30	28	27.2
7	28	28	27	23.7
8	29	31	27	27.3
9	27	30	28	24.0
12	27	29	27	24.6
13	30	30	26	22.8
14	24	27	27	24.7
15	26	26	28	24.5
16	25	26	27	22.4
19	26	26	26	23.8
20	27	25	27	24.2
21	26	26	27	25.6
22	27	27	27	27.3
23	25	26	26	25.2
26	26	25	25	24.8
27	26	24	24	24.2
28	24	24	25	24.2
29	25	24	25	25.7
30	24	24	26	26.3

Cuadro 169: Datos de humedad medidos para la muestra 0 evaluada a escala laboratorio

Día	%MC	Masa inicial ($\pm 0.001g$)	Masa final ($\pm 0.001g$)	Sólidos totales (%)	Sólidos totales ($\pm\%$)	Contenido de agua (%)	Contenido de agua ($\pm\%$)
0	68.90	7.984	2.350	29.43	0.01	70.57	0.03
1	66.84	7.261	2.322	31.98	0.01	68.02	0.03
3	63.72	7.329	2.665	36.36	0.01	63.64	0.03
6	62.41	7.759	2.903	37.41	0.01	62.59	0.02
8	78.62	9.215	1.910	20.73	0.01	79.27	0.04
10	62.59	7.308	2.713	37.12	0.01	62.88	0.03
15	64.05	7.498	2.489	33.20	0.01	66.80	0.03
23	38.36	4.867	2.903	59.65	0.02	40.35	0.02
Promedio	63.18			32.32		67.68	

Cuadro 170: Datos de pH medidos para la muestra 0 evaluada a escala laboratorio

Día	Masa muestra ($\pm 0.0001g$)	Masa de agua ($\pm 0.0001g$)	pH muestra (± 0.001)
0	10.2491	50.9083	5.680
1	10.2630	51.3150	6.065
3	11.8312	59.5113	7.104
6	10.2515	51.4154	7.794
10	3.8609	22.3484	10.000
52	6.8614	35.7261	9.455
Promedio			7.683

Cuadro 171: Datos de densidad medidos para la muestra 0 evaluada a escala laboratorio

Volumen ($\pm 0.5mL$)	Masa ($\pm 0.0001g$)	Densidad (g/mL)	Incertidumbre	Densidad (kg/m^3)
10.0	9.3104	0.9310	0.0047	931.04
20.0	18.0293	0.9015	0.0023	901.47
30.0	32.3597	1.0787	0.0018	1078.66
40.0	41.6393	1.0410	0.0013	1040.98
Promedio		0.9880	0.0218	988.03

Cuadro 172: Datos de humedad medidos para la muestra 1 evaluada a escala laboratorio

Día	%MC	Masa inicial ($\pm 0.001g$)	Masa final ($\pm 0.001g$)	Sólidos totales (%)	Sólidos totales ($\pm\%$)	Contenido de agua (%)	Contenido de agua ($\pm\%$)
1	38.36	4.867	2.903	59.65	0.02	40.35	0.02
6	52.28	8.695	4.008	46.10	0.01	53.90	0.02
9	54.08	8.529	3.659	42.90	0.01	57.10	0.02
22	53.28	4.061	1.833	45.14	0.03	54.86	0.04
28	57.23	6.631	2.790	42.08	0.02	57.92	0.02
Promedio	51.05	-	-	47.17		52.83	

Cuadro 173: Datos de pH medidos para la muestra 1 evaluada a escala laboratorio

Día	Masa muestra ($\pm 0.001g$)	Masa de agua ($\pm 0.0001g$)	pH muestra (± 0.001)
6	6.459	33.289	7.611
9	6.3252	31.6108	6.428
22	5.2134	27.345	8.245
28	6.2727	44.9317	10.989
Promedio			8.3183

Cuadro 174: Datos de densidad medidos para la muestra 1 evaluada a escala laboratorio

Volumen ($\pm 0.5mL$)	Masa ($\pm 0.0001g$)	Densidad (g/mL)	Incertidumbre densidad	Densidad (kg/m^3)
10.0	14.3396	1.4340	0.0072	1433.96
20.0	19.9530	0.9977	0.0025	997.65
30.0	33.1003	1.1033	0.0018	1103.34
40.0	41.0325	1.0258	0.0013	1025.81
Promedio		1.1402	0.0218	1140.19

Cuadro 175: Datos de humedad medidos para la muestra 2 evaluada a escala laboratorio

Día	%MC	Masa inicial ($\pm 0.001g$)	Masa final ($\pm 0.001g$)	Sólidos totales (%)	Sólidos totales ($\pm\%$)	Contenido de agua (%)	Contenido de agua ($\pm\%$)
1	38.36	4.867	2.903	59.65	0.02	40.35	0.02
5	55.82	11.597	5.083	43.83	0.01	56.17	0.01
9	66.70	8.033	2.239	27.87	0.01	72.13	0.03
20	70.31	6.825	1.776	26.02	0.02	73.98	0.04
21	65.91	6.375	2.027	31.80	0.02	68.20	0.04
28	66.06	6.603	2.236	33.86	0.02	66.14	0.03
Promedio	60.53	-	-	37.17		62.83	

Cuadro 176: Datos de pH medidos para la muestra 2 evaluada a escala laboratorio

Día	Masa muestra ($\pm 0.0001g$)	Masa de agua ($\pm 0.0001g$)	pH muestra (± 0.001)
5	12.9800	66.4708	8.810
9	5.7110	28.7041	7.281
20	6.6895	34.7569	8.847
28	6.5738	34.3783	10.909
Promedio			8.962

Cuadro 177: Datos de densidad medidos para la muestra 2 evaluada a escala laboratorio

Volumen ($\pm 0.5mL$)	Masa ($\pm 0.0001g$)	Densidad (g/mL)	Incertidumbre densidad	Densidad (kg/m^3)
10.0	11.5227	1.1523	0.0058	1152.27
20.0	21.4873	1.0744	0.0027	1074.37
30.0	29.5678	0.9856	0.0016	985.59
40.0	37.8502	0.9463	0.0012	946.26
Promedio		1.0396	0.0218	1039.62

Cuadro 178: Datos de humedad medidos para la muestra 3 evaluada a escala laboratorio

Día	%MC (± 0.01)	Masa inicial ($\pm 0.001g$)	Masa final ($\pm 0.001g$)	Sólidos totales (%)	Sólidos totales (\pm %)	Contenido de agua (%)	Contenido de agua (\pm %)
1	38.36	4.867	2.903	59.65	0.02	40.35	0.02
2	52.94	15.537	7.349	47.30	0.01	52.70	0.01
7	48.75	10.883	4.556	41.86	0.01	58.14	0.01
13	48.17	12.286	6.368	51.83	0.01	48.17	0.01
26	51.88	12.740	5.676	44.55	0.01	55.45	0.01
32	47.34	5.209	2.771	53.20	0.02	46.80	0.02
Promedio	47.91	-	-	49.73		50.27	

Cuadro 179: Datos de pH medidos para la muestra 3 evaluada a escala laboratorio

Día	Masa muestra ($\pm 0.0001g$)	Masa de agua ($\pm 0.0001g$)	pH muestra (± 0.001)
1	4.7893	23.9764	7.638
7	6.5282	32.5566	7.483
13	7.3248	36.8901	8.456
28	8.8740	45.4944	10.275
Promedio			8.463

Cuadro 180: Datos de densidad medidos para la muestra 3 evaluada a escala laboratorio

Volumen ($\pm 0.5mL$)	Masa ($\pm 0.0001g$)	Densidad (g/mL)	Incertidumbre densidad	Densidad (kg/m ³)
10.0	11.8250	1.1825	0.0059	1182.50
20.0	20.7202	1.0360	0.0026	1036.01
30.0	30.9638	1.0321	0.0017	1032.13
40.0	40.3216	1.0080	0.0013	1008.04
Promedio		1.0647	0.0218	1064.67

2. Especificaciones del equipo utilizado

Cuadro 181: Especificaciones de potenciómetro utilizado para medir pH

Equipo	Potenciómetro
Marca	Fischer Scientific
Modelo	AB15 Plus pH meter
Rango	0 – 14
Incertidumbre	± 0.001

Cuadro 182: Especificaciones de la balanza de humedad utilizada para determinar el porcentaje de humedad

Equipo	Balanza de humedad
Marca	OHAUS
Modelo	MB120
Serie	13605071576
Rango	0 – 120 g
Incertidumbre	± 0.001 g

Cuadro 183: Especificaciones de la balanza analítica utilizada para determinar masas

Equipo	Balanza analítica
Marca	BOECO Germany
Modelo	BBA31
Serie	90506802
Rango	0 – 220 g
Incertidumbre	± 0.0001 g

Cuadro 184: Especificaciones del procesador de alimentos utilizado para reducir el tamaño de partícula

Equipo	Procesador de alimentos
Marca	National Food Procesor
Modelo	MK-5070N
Serie	100153
Voltaje (V)	110 – 130

Cuadro 185: Especificaciones del termómetro utilizado en el complejo comercial

Equipo	Termómetro
Marca	REOTEMP
Modelo	A48PF
Diámetro de sensor	5/16 in (0.794 cm)
Largo del sensor	4 ft (1.22 m)
Material	Acero inoxidable
Rango	0 - 100 °C
Exactitud	1%

3. Cálculos de muestra

Cálculo 1: Sólidos Totales (% en base a muestra húmeda)

$$ST(\%) = \frac{b}{a} * 100$$

$$ST(\%) = \frac{2.350 (\pm 0.001) g}{7.984 (\pm 0.001) g} * 100 = 29.43 \pm 0.01\%$$

Cálculo 2: Contenido de Agua (% en base a muestra húmeda)

$$Agua(\%) = \frac{a - b}{a} * 100$$

$$Agua(\%) = \frac{7.984 (\pm 0.001) g - 2.350 (\pm 0.001) g}{7.984 (\pm 0.001) g} * 100 = 70.57 \pm 0.03$$

Cálculo 3: Densidad

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{9.3104 \pm 0.0001 g}{10.0 \pm 0.05 mL} = 0.9310 \pm 0.0047 \frac{g}{mL}$$

0.9310 g	1 kg	1000 mL	1000 L	=	931 kg
mL	1000 g	1 L	1 m ³		m ³

Cálculo 4: Balances de materia para el Lote 0

$$mi = mf + P$$

$$8.3 \text{ kg} = 0.533 \text{ kg} + P$$

$$mi(x_1) = mf(x_2) + P_1$$

$$8.3 \text{ kg}(0.2943) = 0.533 \text{ kg}(0.5965) + P_1$$

$$P_1 = 2.1250 \text{ kg}$$

$$mi(y_1) = mf(y_2) + P_2$$

$$8.3 \text{ kg}(0.7057) = 0.533(0.4035) + P_2$$

$$P_2 = 5.6422 \text{ kg}$$

$$P = P_1 + P_2$$

$$P = 2.1250 \text{ kg} + 5.6422 \text{ kg}$$

$$P = 7.7668$$

Nota: Se realizó un sistema de ecuaciones en Excel 2016 para resolver los balances de masa.

Cálculo 5: Porcentaje de Conversión

$$C = \left(1 - \frac{mf + PR}{mi(x_1)}\right) * 100$$

$$C = \left(1 - \frac{0.5331 \text{ kg} + 0.1125 \text{ kg}}{8.3 \text{ kg}(0.2943)}\right) * 100$$

$$C = 73.57\%$$

Cálculo 6: Rendimiento de Producción

$$\%R = \frac{mf + PR}{mi(xi)} * 100$$

$$\%R = \left(\frac{0.5331 \text{ kg} + 0.1125 \text{ kg}}{8.3 \text{ kg}(0.2943)}\right) * 100$$

$$\%R = 26.43\%$$

Cálculo 7: Porcentaje de Error

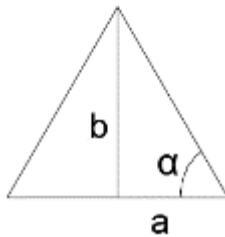
$$\%E = \frac{T_{eo} - Exp}{T_{eo}} * 100$$

$$\%E = \frac{78\% - 82.20\%}{78\%} * 100$$

$$\%E = 5.38\%$$

Nota: Se muestra el cálculo de porcentaje de error del porcentaje de conversión.

Cálculo 8: Altura de las pilas triangulares utilizando trigonometría.



Para $\alpha = 45^\circ$

$$\tan \alpha = \frac{b}{a}$$

$$\tan 45^\circ = \frac{b}{1.10m}$$

$$b = 1.10 m$$

Para $\alpha = 60^\circ$

$$\tan \alpha = \frac{b}{a}$$

$$\tan 60^\circ = \frac{b}{1.10m}$$

$$b = 1.90 m$$

Nota: El área de la compostera actual tiene dimensiones de 2.2 m de largo por 4.50 m de ancho, por lo que se propone realizar dos pilas de compost en esta área.

Cálculo 9: Volumen y masa de la pila triangular para $\alpha = 45^\circ$

$$V = ancho * altura * largo * 0.5$$

$$V = 2.2 m * 1.10 m * 2.2 m * 0.5 = 2.662 m^3$$

$$M = volumen * densidad$$

$$M = 2.662m^3 * 1058.1kg/m^3$$

$$M = 2,816.66 kg$$

Cálculo 10: Volumen y masa de pila trapezoidal para $\alpha = 45^\circ$

$$V = (ancho1 + ancho 2) * altura * largo * 0.5$$

$$V = (2.2 m + 0.2 m) * 1.0 m * 2.2 m * 0.5 = 2.64 m^3$$

$$M = volumen * densidad$$

$$M = 2.64m^3 * 1058.1kg/m^3$$

$$M = 2,793.38 kg$$

4. Diagramas de bloques

Diagrama 1: Diagrama de bloques del proceso de separación de desechos

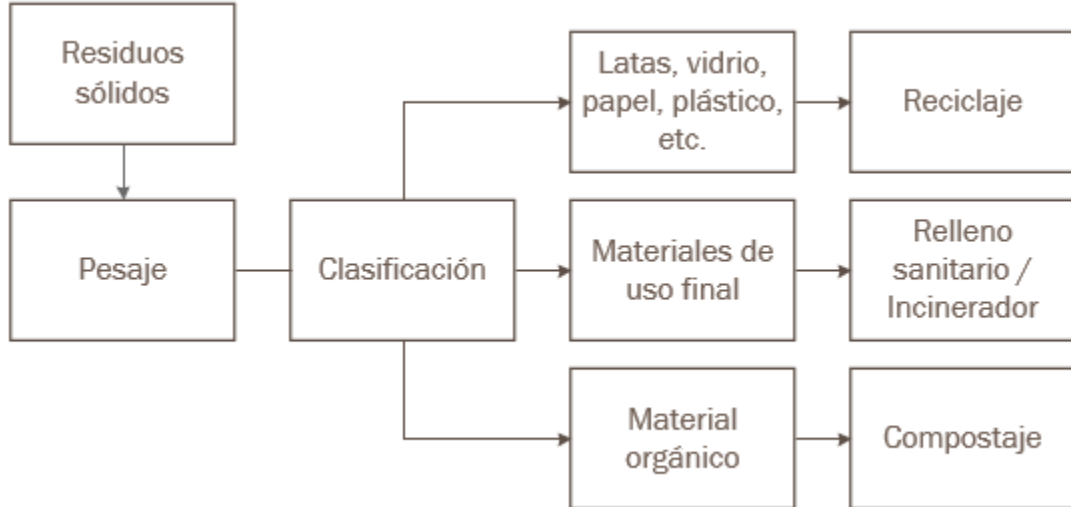


Diagrama 2: Proceso de compostaje aerobio

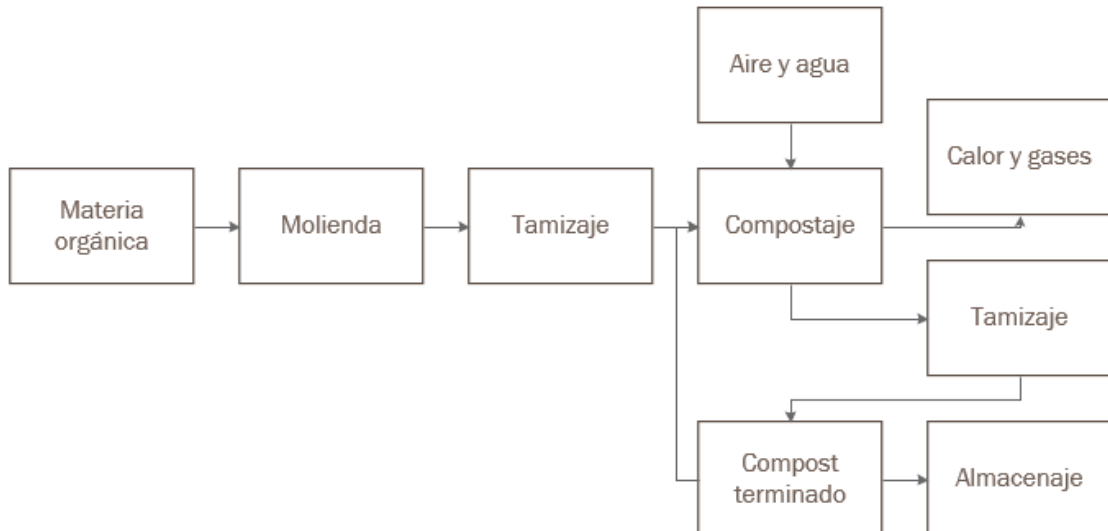
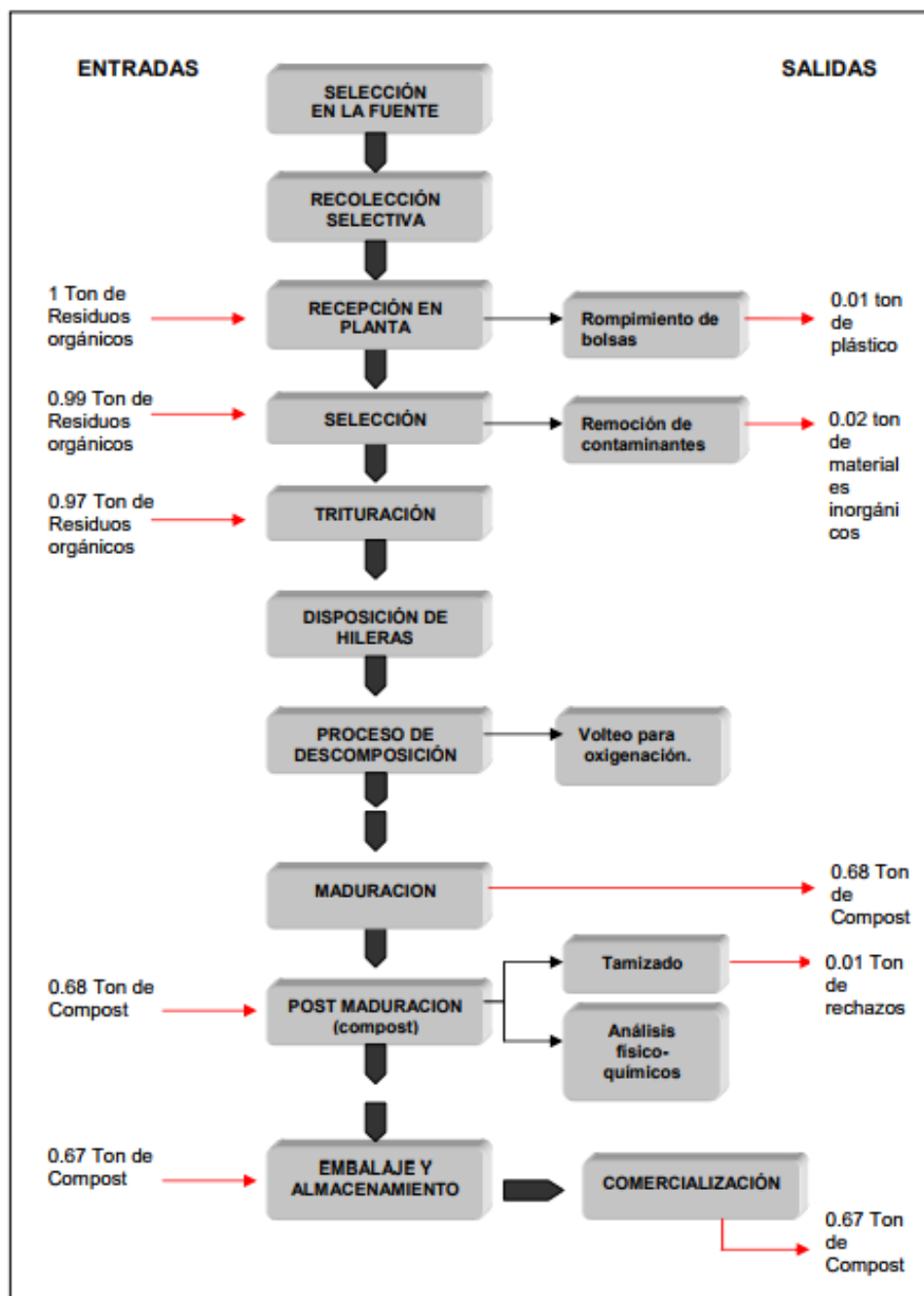


Diagrama 3 Diagrama de flujo de compostaje



5. Equipo de trituración propuesto

Cuadro 186: Especificaciones del equipo de trituración propuesto	
Equipo	Organic Waste Crusher
Marca	ENERPAT
Modelo	C600
Potencia del motor (KW)	11
Velocidad de rotación (rev/min)	600
Diámetro del eje (mm)	78
Cantidad de cuchillas	15
Capacidad (kg/h)	100 - 200 (Material Orgánico)
Dimensiones de entrada (mm)	500 x 300
Diámetro de criba (mm)	14
Dimensiones equipo: largo x alto x ancho (m)	1.13 x 1.04 x 1.63

6. Bases de diseño

- **Objetivos**

Obtener un compost de calidad para uso en las instalaciones del complejo comercial.

- **Materia Prima**

Materia orgánica biodegradable producto de las actividades que se realizan en el complejo comercial. Este material se encuentra previamente separado de los demás productos de desecho que se obtienen de las actividades comerciales.

- **Productos**

El proceso de descomposición de la materia orgánica tiene como producto final una materia orgánica estabilizada que puede ser utilizada como un fertilizante. Adicionalmente, como parte del proceso de descomposición se produce dióxido de carbono, agua, y minerales.

- **Caracterización**

Al producto de la descomposición, se le deben realizar pruebas para garantizar que el proceso se esté realizando de manera adecuada y obtener un producto final de calidad.

- Proceso

- Descripción del proceso

Generación de compost en pilas de material orgánico considerando volteos y medición de condiciones. Se requiere conocer como el proceso que se lleva actualmente en las instalaciones para mejorar la rapidez de degradación de la materia orgánica. Especificar el equipo necesario para llevar a cabo el proceso.

- Control de proceso

Los parámetros más importantes a medir durante este proceso son la temperatura, la humedad, aireación y el pH. Especificar la periodicidad de toma de datos de dichos parámetros. Establecer un sistema que permita realizar y llevar a cabo el control de la temperatura en el sistema considerando las etapas de variación esto conlleva. Conocer el método de aireación que se le pueda aplicar las pilas de compost en las instalaciones.

Como parte del control y seguimiento del proceso se debe tomar en cuenta el realizar un registro diario de la cantidad de material que ingresa a la compostera. Esto implica realizar mediciones de la masa de material orgánico que ingresa, así como las condiciones de temperatura pH y humedad a las que se están agregando el producto. Llevar un control de todos estos parámetros en hojas de cálculo para lograr un control adecuado.

Estipular un calendario de rotación de insecticidas o plaguicidas para evitar el desarrollo de inmunidad de los insectos que se presentan en el sistema. Evaluar los tipos de insecticidas, así como las dosis en base al sistema.

- Operación y mantenimiento

Determinar tipos y frecuencia de limpieza profunda en el área. La planta debe ser diseñada para que el período de operación sea constante a lo largo del año. Se requiere conocer el tipo y la frecuencia de limpieza que se debe realizar a fin de mantener las condiciones de higiene en el área y evitar posibles riesgos de salud a los trabajadores.

- Localización

- Criterio de materia prima

La materia prima a ser utilizada en el proceso son materias orgánicas obtenidas como producto de actividades del complejo comercial. La materia orgánica que se contempla para este proceso, es principalmente sustratos de origen animal o vegetal provenientes de los comercios.

- Criterio de producto

El producto final del proceso, se espera que sea utilizado para autoconsumo según las actividades del complejo comercial. A este producto se le deben realizar pruebas al finalizar cada lote para comprobar que las características obtenidas son las adecuadas y no perjudicar el terreno donde se aplicará.

- Infraestructura

Se requiere de una infraestructura adecuada que facilite el proceso de volteo y aireación del material. El transporte a las instalaciones de compostaje debe ser el más adecuado para evitar contaminar con residuos de material.

- Medio ambiente

- Estándares tratamiento de desechos

Los lixiviados, como subproducto del proceso de descomposición, se les debe dar un tratamiento posterior como un agua residual. Los demás productos como el dióxido de carbono, se pueden eliminar del sistema con un sistema apropiado de aireación.

- Caracterización de lixiviados

Determinar el tratamiento adecuado de los lixiviados que se generan como subproducto de la actividad de descomposición de la materia orgánica. Especificar si estos pueden ser enviados a una planta de tratamiento de aguas o si tienen algún uso particular.

- Capital de trabajo

Realizar estimaciones del costo de inversión y capital de trabajo necesario para operar la planta en base a las recomendaciones propuestas.

7. Alcance del proyecto

a. Descripción general, propuesta de un diseño preliminar que incluye: realización de un análisis a escala laboratorio de las propiedades de sistemas de compost aerobio contemplando el requerimiento de aireación, control de temperatura, humedad y pH. Determinación de la densidad del material durante el proceso de compostaje y la evaluación de los parámetros generales del producto final. Comparación de los parámetros del producto final realizado a escala laboratorio y el producto obtenido en las instalaciones. Realización de un diagrama de flujo del proceso en base a los datos obtenidos experimentalmente. Propuesta de un equipo para la reducción de tamaño de partícula que ingresa al sistema de compostaje. Proyección de la cantidad de material que ingresa al sistema en base a los datos históricos 2016 y 2017 de la cantidad de materia orgánica recolectada.

b. Descripción del proceso, el proceso de compostaje consiste en una reacción de descomposición de materia orgánica que bajo condiciones adecuadas puede llegar a formar un fertilizante natural con propiedades adecuadas para agregar al suelo y que provee nutrientes. El proceso de generación de compost se caracteriza por ser un proceso lento, debido a que conlleva ciertas etapas que permiten la descomposición por lo que se debe monitorear de manera constante las propiedades y el estado de la materia para corroborar que el proceso se lleva de la manera adecuada.

Cuadro 187: Parámetros de diseño

Criterio	Parámetros y observaciones
Materia prima	La materia prima a utilizar consiste en todo el producto de desecho orgánico obtenido a partir de la clasificación in situ del material. La disponibilidad del material depende de la cantidad que sea desechado de los comercios ubicados en el complejo comercial. La materia prima que se lleve al proceso de compostaje dependerá del crecimiento y expansión del complejo comercial. El proceso que se lleva a cabo dependerá de la cantidad de materia prima obtenida del proceso de separación.
Desechos y subproductos	Entre los desechos del proceso están: el dióxido de carbono y los lixiviados. En el caso el dióxido de carbono debe ser liberado a la atmósfera ya que no hay alguna manera de recolectar todo lo producido por tratarse de un sistema aeróbico. En el caso de los lixiviados estos deben de ser reutilizados para mantener la humedad del compost o bien hacerles un posterior tratamiento en una planta de tratamiento de agua. La cantidad producida de ambos de desechos dependerá de la composición de cada lote de compost a producir.
Localización de la planta	En cuanto a la localización de la planta considerar la cercanía con el proceso de separación para evitar mover la materia prima. Esto facilitará el manejo del material orgánico requerido para el proceso. Considerar la disponibilidad de recurso humano y servicios de energía, así como mantener las condiciones climáticas adecuadas dentro de la compostera.
Costos	Los costos asociados al manejo de una planta de compost consisten en la inversión inicial del equipo necesario y posterior un manejo adecuado de la planta lo cual puede conllevar costos de control o manejo.
Factor tiempo	Considerando que existe actualmente una planta, se recomienda realizar en base al diseño que se propone los cambios que se consideren necesarios. Debido a control de presupuestos, la compra del equipo no será posible en un futuro cercano.
Consideraciones del proceso	No se cuenta con tecnología o equipo adecuado. La materia prima se obtiene directamente de los procesos del complejo comercial. El objetivo de este proceso es la realización de compost que pueda ser utilizado en las áreas verdes del complejo comercial o bien, venderlo.

8. Control de datos propuesto

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ID LOTE	1		Encargados	Nombre	Apellido		
2	Fecha de Inicio			Control de Temperatura				
3	Fecha de Finalización			Pesaje de Material Ingreso				
4								
5	Tiempo de Residencia	=B3-B2						
6								
7	CONTROL DE MATERIAL			Masa de Material Orgánico				
8	DIA	Fecha	Libras	Kg				
9	=Control Compost!\$B\$2	1		=C9/2.2				
10	=A9+1	=B9+1		=C10/2.2				
11								
12	CONTROL DE TEMPERATURA			08:00 am	1:00 pm	4:00 pm		
13	Fecha	Hora	T. Muestra (°C)	T. Ambiente (°C)	T. Muestra (°C)	T. Ambiente (°C)	T. Muestra (°C)	T. Ambiente (°C)
14	=Control Compost!\$B\$2	1						
15	=A14+1	=B14+1						
16	=A15+1	=B15+1						
17	=A16+1	=B16+1						
18	=A17+1	=B17+1						
19								
20								
21	CONTROL DE HUMEDAD				Humedad Muestra			
22	DIA	Fecha	% Masa Seca	Muestra de Compost húmeda (g)	Muestra de Compost Seca (g)	Sólidos Totales	Contenido H2O	
23	=Control Compost!\$B\$2	1				=E23/D23	=(D23-E23)/D23	
24	=A23+1	=B23+1				=E24/D24	=(D24-E24)/D24	

Anexo B: Módulo 2 Evaluación de proceso anaeróbico para tratamiento de residuos sólidos orgánicos en un complejo comercial

1. Procedimiento detallado

a. Procedimiento determinación pH con Potenciómetro Fischer Scientific

1) Calibración

- Encender el equipo.
- Presionar tecla “mode” hasta que en la pantalla indique modo pH.
- Presionar tecla “setup” dos veces.
- Presionar tecla “print/enter” para borrar la estandarización del sistema.
- Sumergir el electrodo en la solución buffer de más bajo rango (mínimo contar con solución buffer de 4, 7 y 10).
- Presionar “std” para acceder al modo de estandarización.
- Esperar que la lectura se estabilice.
- Presionar “std” nuevamente, para iniciar la estandarización. Automáticamente el equipo reconocerá el buffer.
- Repetir el procedimiento con los demás buffers.

2) Medición pH

- Encender el equipo.
- Presionar la tecla “stdy”.
- Asegurarse que se encuentre en modo pH, de no ser así presionar “mode” hasta que en la pantalla muestra modo pH.
- Sumergir el electrodo en la muestra y agitar moderadamente.
- Esperar que la lectura se estabilice y tomar la medición cuando la pantalla muestre “stable”.

b. Procedimiento determinación sólidos totales y sólidos volátiles

1) Sólidos totales

- Encender la mufla y precalentar hasta 400 °C.
- Pesar los crisoles con sus respectivas tapas.
- Alcanzados los 400 °C de la mufla, introducir los crisoles en su interior, con ayuda de una pinza. Utilizar guante de protección debido a la alta temperatura.
- Calentar durante 4 horas. Cada hora sacar los crisoles, introducirlos al desecador hasta que alcancen temperatura ambiente y apuntar su masa.
- Repetir el proceso durante las 4 horas o hasta obtener masa constante.
- Añadir aproximadamente 3.00 g de muestra.
- Con la mufla a temperatura de 103 – 105 °C, introducir los crisoles y calentar durante 1 hora.
- Trascorridas la hora, sacar los crisoles e introducirlos al desecador para bajar su temperatura. Tomar su masa. Repetir el proceso hasta obtener lecturas de masa constante, la masa de sólidos totales (m_1). La diferencia entre la masa del crisol y la obtenida del calentamiento indica los sólidos totales. Calcular mediante el cálculo 3 de la sección de anexos.

2) Sólidos volátiles

- Precalentar la mufla a 550 °C.
- Introducir los crisoles (del inciso h), en la mufla y calcinar durante 15 minutos.
- Sacar los crisoles e introducirlos al desecador para bajar su temperatura. Tomar su masa (m_2). Calcular mediante el cálculo 4 de la sección de anexos.

c. Procedimiento determinación DQO con equipo Hach High Range Plus

3) Digestión

- Para homogenizar la muestra, añadir 100 mL del líquido en un beaker de 250 mL. Agitar durante 2 minutos con un agitador magnético.
- Encender el Reactor DRB 200. Precalentar a 150 °C.
- Remover la tapa del vial de digestión para DQO, correspondiente a *High Range Plus*.

- Tomar alícuota tras la homogenización. Inclinar 45° el vial y con una pipeta añadir 0.2 mL de la muestra.
- Tapar y limpiar el exterior del vial con agua destilada.
- Invertir la posición del vial gentilmente, para mezclar el contenido. Tener precaución por calor disipado de la mezcla reactiva. Ubicar el vial en el Reactor DRB 200.
- Preparar un blanco, repitiendo el proceso con 0.2 mL de agua destilada, en vez de la alícuota de muestra.
- Calentar los viales durante 2 horas.
- Apagar el Reactor DRB 200. Esperar 20 minutos a que la temperatura descienda a 120 °C.
- Agitar el contenido, cuando aún este caliente, invirtiendo el vial de arriba para abajo. Colocarlos en una rejilla y esperar a que descienda su temperatura, a temperatura ambiente.

4) Determinación colorimétrica

- En el colorímetro, presionar PRGM y presionar el número “7” (Número de programa para DQO *High Range Plus*).
- Presionar “17 Enter”.
- Insertar el adaptador COD/TNT, rotándolo hasta que se ajuste bien y presionando hacia abajo para insertarlo totalmente.
- Limpiar el exterior del vial con el blanco, con papel, eliminando marcas y huellas digitales.
- Colocar el vial del blanco en el adaptador, presionándolo hacia abajo para ajustarlo bien.
- Cubrir el instrumento con la tapa.
- Presionar “ZERO”. La pantalla mostrara 0 mg/L COD.
- Limpiar el exterior del vial con la muestra, con papel, eliminando marcas y huellas digitales.
- Colocar el vial con la muestra en el adaptador, presionándolo hacia abajo para ajustarlo bien.
- Cubrir el instrumento con la tapa.
- Presionar “READ” y apuntar la lectura de mg/L COD que indique. Al utilizar *High Range Plus Digestion Reagent Vial*, mutiplicar la lectura por 10.

2. Datos de equipo

Cuadro 188: Especificaciones de potenciómetro utilizado para determinación de pH

Equipo	Potenciómetro
Marca	Fischer Scientific
Modelo	AB15 Plus pH meter
Rango	0 – 14
Incertidumbre	± 0.001

Cuadro 189: Especificaciones de colorímetro utilizado para determinación de DQO

Equipo	Colorímetro
Marca	Hach Company
Modelo	DR/890
Serie	111090086636
Rango	0 – 15,000 mg/L

Cuadro 190: Especificaciones de reactor utilizado para determinación de DQO

Equipo	Reactor
Marca	Hach Company
Modelo	DRB 200
Serie	12040C0105

Cuadro 191: Especificaciones de balanza de humedad utilizada para determinación de porcentaje de humedad

Equipo	Balanza de humedad
Marca	OHAUS
Modelo	MB120
Serie	13605071576
Rango	0 – 120 g
Incertidumbre	± 0.001 g

Cuadro 192: Especificaciones de balanza analítica utilizada para determinación de masa

Equipo	Balanza analítica
Marca	BOECO Germany
Modelo	BBA31
Serie	90506802
Rango	0 – 220 g
Incertidumbre	± 0.0001 g

Cuadro 193: Especificaciones de mufla utilizada para determinación de ST y SV

Equipo	Mufla
Marca	Thermo Scientific
Modelo	F6010
Serie	1146541401170405
Rango	1 - 1100 °C

3. Datos obtenidos

Cuadro 194: Datos de pH, humedad y DQO de materia prima

pH	Porcentaje de humedad	DQO
5.591 ± 0.001	$90.40 \pm 0.01\%$	$> 1650 \pm 50$ mg/L

Cuadro 195: Datos para determinación de densidad de materia prima

Volumen	Masa final
[± 0.5 mL]	[± 0.0001 g]
11.0	10.5500
21.0	21.1776
30.0	29.5912
41.0	40.8768
50.0	50.9867

Cuadro 196: Datos para determinación de sólidos totales y sólidos volátiles de materia prima

Masa [± 0.0001 g]	No. Corrida		
	1	2	3
Crisol	34.3069	29.7822	39.6738
Crisol y muestra	38.9738	34.1163	44.6347
Crisol y muestra seca	35.3713	30.7696	40.8015
Crisol y muestra calcinada	34.3438	29.8125	39.7202

Cuadro 197: Datos para determinación de sólidos totales y sólidos volátiles de material de entrada

Masa [± 0.0001 g]	No. Corrida		
	1	2	3
Crisol	39.1743	40.7296	41.3213
Crisol y muestra	44.5396	45.5681	46.6866
Crisol y muestra seca	40.1176	41.5531	42.2584
Crisol y muestra calcinada	39.2105	40.8009	41.3812

Cuadro 198: Monitoreo de pH

Día	RB	RC	RD
1	6.117	5.602	6.132
2	5.899	6.268	4.792
3	6.156	6.235	5.016
4	6.428	6.240	6.295
4	6.410	5.957	5.610
5	6.253	5.742	6.522
6	5.746	5.854	5.837
7	6.536	6.575	5.492
8	6.951	6.593	6.052
9	6.328	6.180	5.162
10	5.764	6.743	5.170
11	5.941	5.522	5.200
12	6.159	6.206	5.811
13	6.435	6.381	5.524
14	7.183	5.848	5.690
15	6.117	5.602	6.132

* Nota: La incertidumbre de las mediciones es ± 0.001

Cuadro 199: Monitoreo de temperatura

No. Medición	Temperatura sistema [± 0.5 °C]
1	48.0
2	56.0
3	58.0
4	55.0
5	56.0
6	55.0
7	56.0
8	56.0
9	57.0
10	55.0
11	58.0
12	52.0
13	55.0
14	55.0
15	54.0
16	55.0
17	58.0
18	52.0
19	57.0
20	53.0
21	55.0
22	58.0
23	54.0
24	57.0
25	58.0
26	55.0
27	55.0
28	50.0
29	50.0

* Nota: Las temperaturas fueron tomadas cada 12 horas a temperatura ambiente promedio de 24.13 °C.

Cuadro 200: Monitoreo de nivel de agua en trampas de biogás

No. Medición	Nivel de agua [\pm 50 mL]		
	RB	RC	RD
1	325	120	120
2	325	120	120
3	350	125	300
4	375	175	325
5	400	300	400
6	400	300	400
7	400	375	400
8	430	375	500
9	430	375	525
10	525	425	525
11	550	425	560
12	550	475	575
13	600	475	690
14	625	475	750
15	625	475	800
16	710	525	825
17	725	650	850
18	750	650	875
19	775	650	1000
20	850	700	1200
21	855	700	1400
22	950	950	460
23	975	950	770
24	1025	950	770
25	1025	950	775
26	1050	950	775
27	1200	1100	775
28	1200	1100	775
29	1200	1100	775

* Nota: Las temperaturas fueron tomadas cada 12 horas a temperatura ambiente promedio de 24.13 °C.

Cuadro 201: Datos para determinación de sólidos totales y sólidos volátiles de material de salida

Masa [± 0.0001 g]	RB		RC		RD	
	1	2	3	4	5	6
Crisol	30.8919	35.7897	32.765	38.291	42.0274	46.4674
Crisol y muestra	36.8203	40.8143	37.6462	43.2697	47.1886	51.8838
Crisol y muestra seca	31.4294	36.2469	33.1995	38.7355	42.4053	46.8665
Crisol y muestra calcinada	31.1631	35.9861	33.0008	38.5473	42.2443	46.6885

Cuadro 202: Demanda química de oxígeno de material de entrada

No. Corrida	DQO [mg/L]	Promedio DQO [mg/L]	Desviación estándar DQO [mg/L]
1	1,609	$1,644.33 \pm 39.87$	34.53
2	1,678		
3	1,646		

Cuadro 203: Demanda química de oxígeno de material de salida

No. Corrida	No. Corrida			Promedio DQO [mg/L]	Desviación estándar DQO [mg/L]
	RD	RB	RC	758.67 ± 36.46	31.58
1	722	781	770		
2	723	782	772		
3	723	782	773		

Figura 87: Cromatograma sobrepuesto de tres muestras de biogás

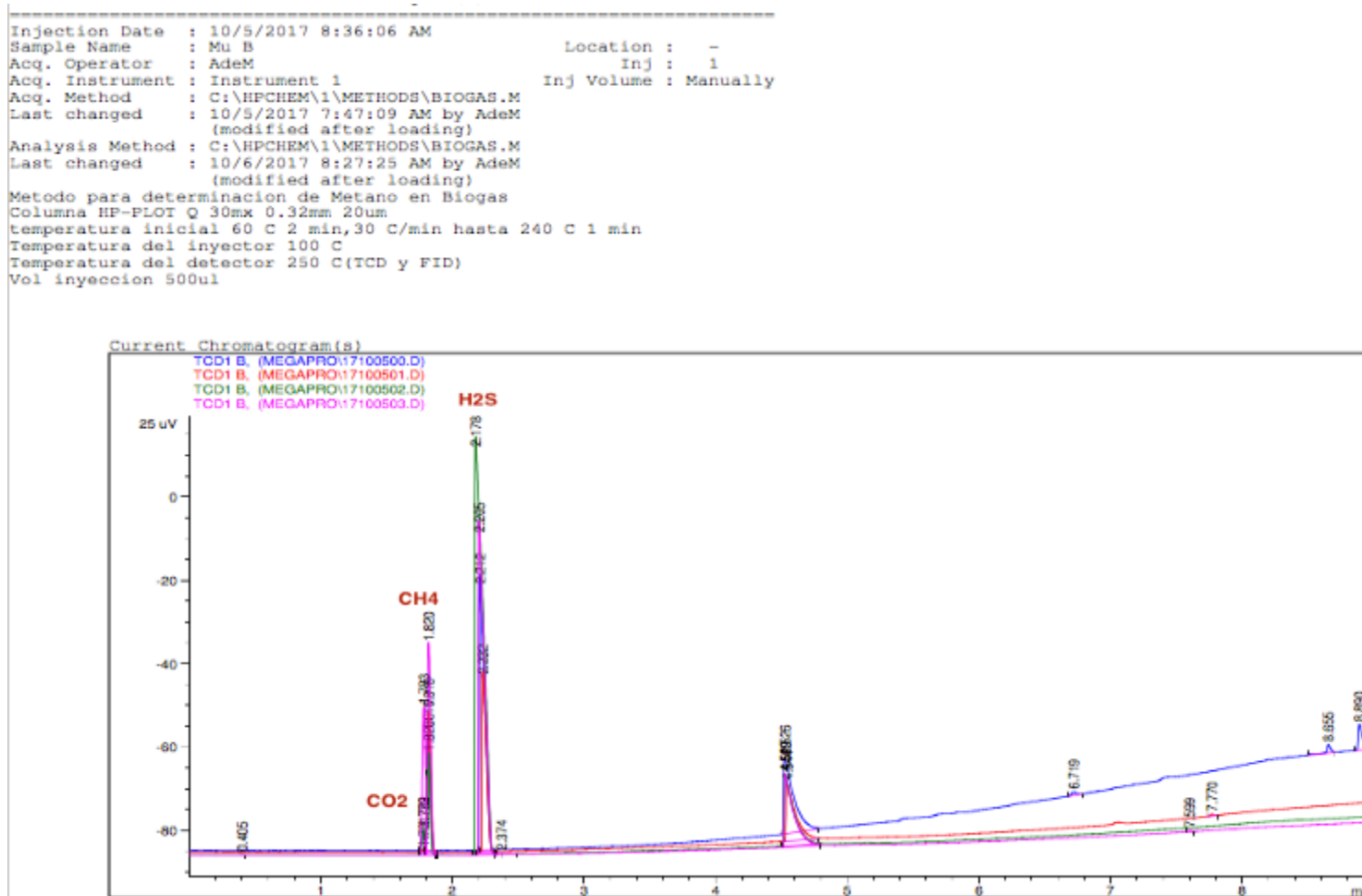


Figura 88: Cromatograma biogás RB

Injection Date : 10/5/2017 8:36:06 AM
Sample Name : Mu B Location : -
Acq. Operator : AdeM Inj : 1
Acq. Instrument : Instrument 1 Inj Volume : Manually
Acq. Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\BIOGAS.M
Last changed : 10/5/2017 7:47:09 AM by AdeM
(modified after loading)
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\BIOGAS.M
Last changed : 10/6/2017 8:27:25 AM by AdeM
(modified after loading)
Metodo para determinacion de Metano en Biogas
Columna HP-PLOT Q 30mx 0.32mm 20um
temperatura inicial 60 C 2 min,30 C/min hasta 240 C 1 min
Temperatura del inyector 100 C
Temperatura del detector 250 C(TCD y FID)
Vol inyeccion 500ul

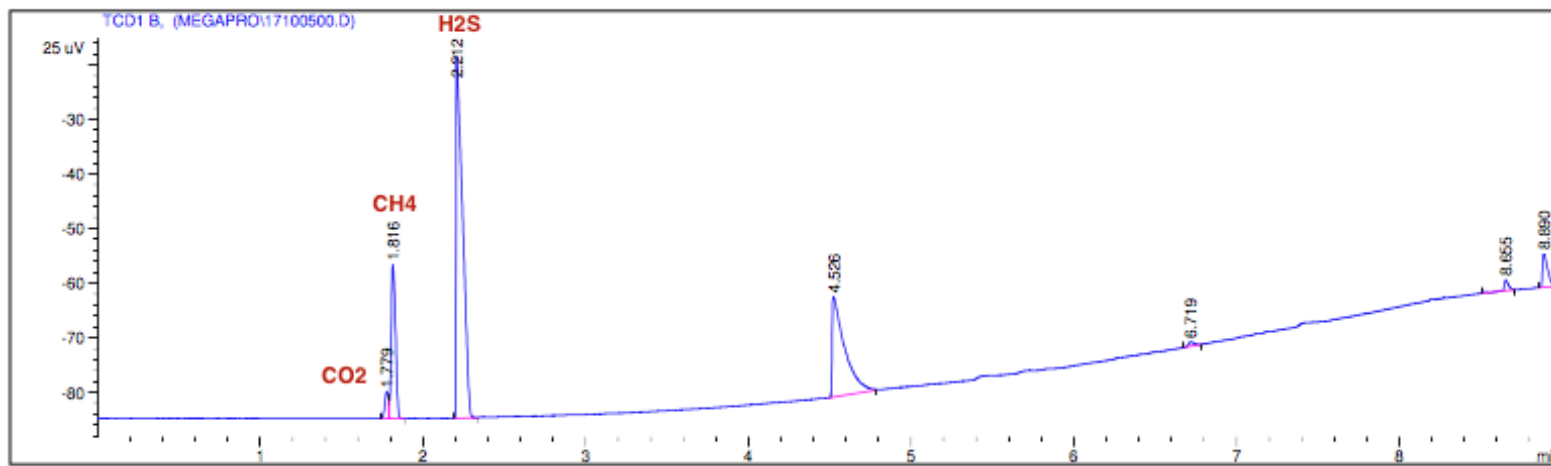


Figura 89: Cromatograma biogás RC

Injection Date : 10/5/2017 8:57:14 AM
Sample Name : Mu C Location : -
Acq. Operator : AdeM Inj : 1
Acq. Instrument : Instrument 1 Inj Volume : Manually
Acq. Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\BIOGAS.M
Last changed : 10/5/2017 7:47:09 AM by AdeM
(modified after loading)
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\BIOGAS.M
Last changed : 10/6/2017 8:26:30 AM by AdeM
(modified after loading)
Metodo para determinacion de Metano en Biogas
Columna HP-PLOT Q 30mx 0.32mm 20um
temperatura inicial 60 C 2 min,30 C/min hasta 240 C 1 min
Temperatura del inyector 100 C
Temperatura del detector 250 C(TCD y FID)
Vol inyeccion 500ul

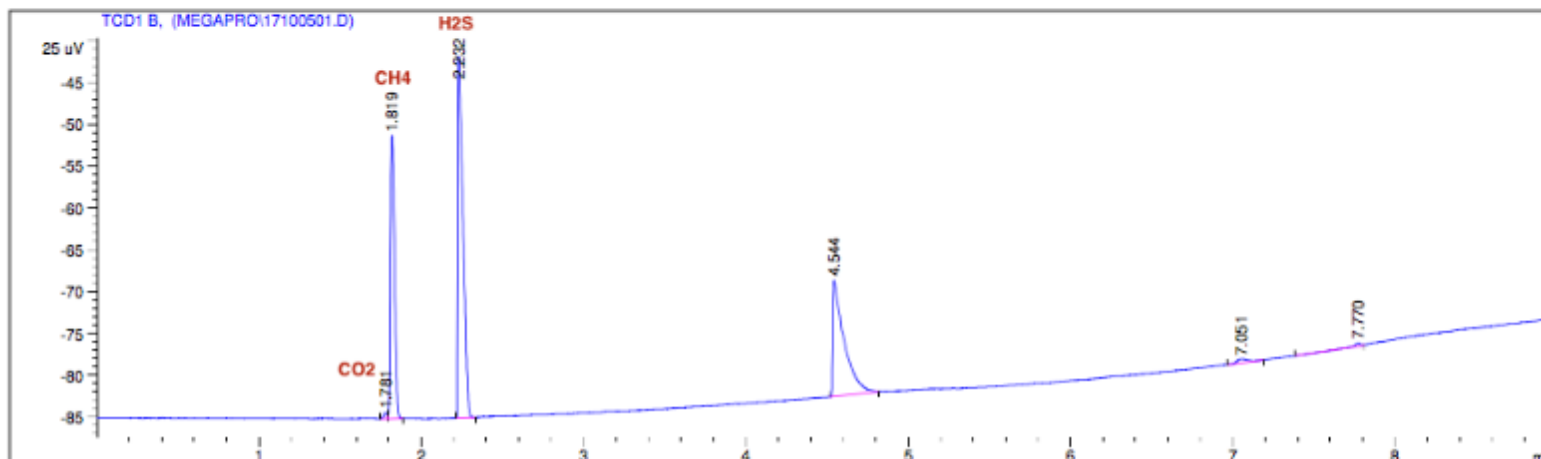


Figura 90: Cromatograma biogás RD

=====
Injection Date : 10/5/2017 9:26:24 AM
Sample Name : Mu D1 Location : -
Acq. Operator : AdeM Inj : 1
Acq. Instrument : Instrument 1 Inj Volume : Manually
Acq. Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\BIOGAS.M
Last changed : 10/5/2017 7:47:09 AM by AdeM
(modified after loading)
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\BIOGAS.M
Last changed : 10/6/2017 8:24:54 AM by AdeM
(modified after loading)
Metodo para determinacion de Metano en Biogas
Columna HP-PLOT Q 30mx 0.32mm 20um
temperatura inicial 60 C 2 min,30 C/min hasta 240 C 1 min
Temperatura del inyector 100 C
Temperatura del detector 250 C(TCD y FID)
Vol inyeccion 500ul

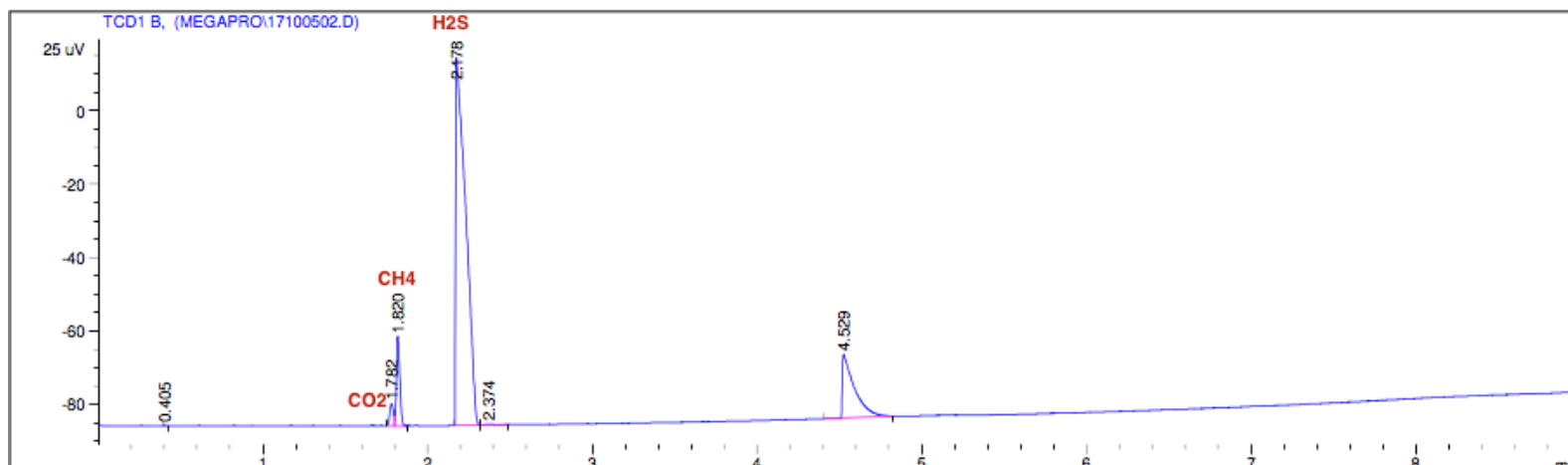
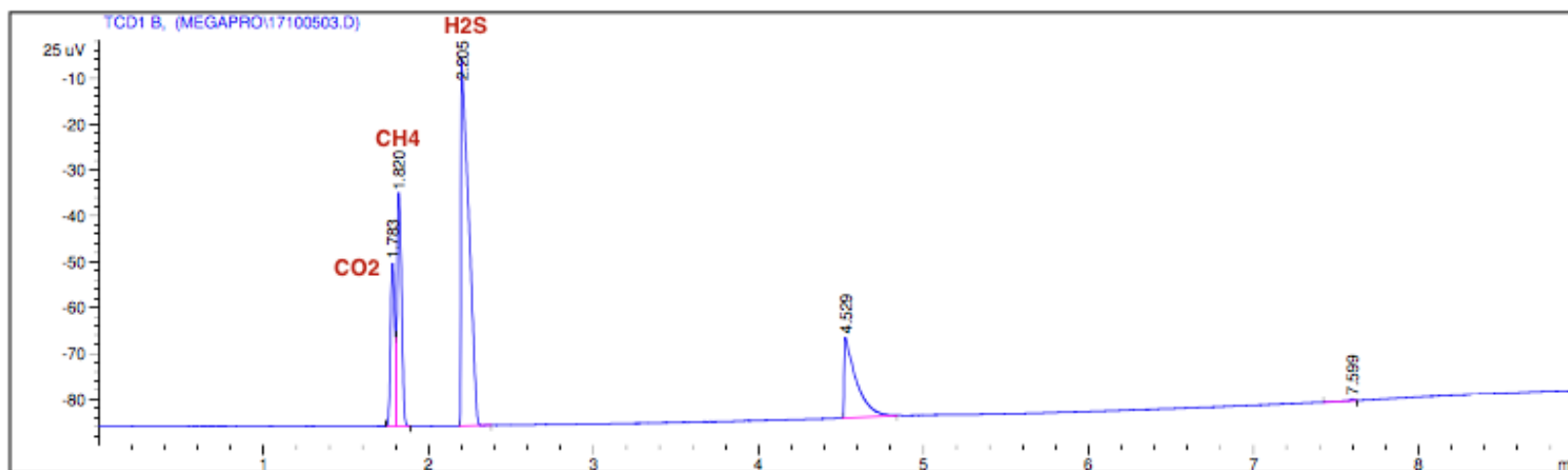


Figura 91: Cromatograma biogás RD muestra 2

Injection Date : 10/5/2017 10:10:56 AM
Sample Name : Mu D2 Location : -
Acq. Operator : AdeM Inj : 1
Acq. Instrument : Instrument 1 Inj Volume : Manually
Acq. Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\BIOGAS.M
Last changed : 10/5/2017 7:47:09 AM by AdeM
(modified after loading)
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\BIOGAS.M
Last changed : 10/6/2017 8:24:54 AM by AdeM
(modified after loading)
Metodo para determinacion de Metano en Biogas
Columna HP-PLOT Q 30mx 0.32mm 20um
temperatura inicial 60 C 2 min,30 C/min hasta 240 C 1 min
Temperatura del inyector 100 C
Temperatura del detector 250 C(TCD y FID)
Vol inyeccion 500ul



4. Datos calculados

Cuadro 204: Densidad calculada de materia prima

Densidad [g/mL]	Promedio [g/mL]	Desviación estándar [g/mL]
0.9591 ± 0.0436	0.9941 ± 0.0208	0.0232
1.0085 ± 0.0240		
0.9864 ± 0.0164		
0.9970 ± 0.0122		
1.0197 ± 0.0102		

Cuadro 205: Sólidos totales calculados de materia prima

No. Corrida	ST [mg/L]	Promedio ST [mg/L]	Desviación estándar ST [mg/L]
1	228,074.31 ± 10,955.33 (22.81 ± 0.11 %)	227,737.712 ± 444.78 (22.77 ± 0.04 %)	385.19 (0.04 %)
2	227,821.23 ± 12,567.00 (22.78 ± 0.13 %)		
3	227,317.62 ± 9,476.58 (22.73 ± 0.09 %)		

Cuadro 206: Sólidos volátiles calculados de materia prima

No. Corrida	SV [mg/L]	Promedio SV [mg/L]	Desviación estándar SV [mg/L]
1	965,332.58 ± 21,052.41 (96.53 ± 2.11 %)	964,500.08 ± 6,095.65 (96.45 ± 0.61%)	5,278.99 (0.53%)
2	969,313.35 ± 22,818.42 (96.93 ± 2.28 %)		
3	958,854.31 ± 19,619.65 (95.89 ± 1.96 %)		

Cuadro 207: Sólidos totales calculados de material de entrada

No. Corrida	ST [mg/L]	Promedio ST [mg/L]	Desviación estándar ST [mg/L]
1	175,814.96 ± 7,411.50 (17.58 ± 0.07 %)	173,557.24 ± 3,425.46 (17.36 ± 0.34%)	2,966.54 (0.30 %)
2	170,197.38 ± 6,941.78 (17.02 ± 0.07 %)		
3	174,659.39 ± 6,996.07 (17.47 ± 0.07 %)		

Cuadro 208: Sólidos volátiles calculados de material de entrada

No. Corrida	SV [mg/L]	Promedio SV [mg/L]	Desviación estándar SV [mg/L]
1	961,624.09 ± 18,248.15 (96.16 ± 1.83 %)	937,040.61 ± 27,848.20 (93.70 ± 2.78 %)	19,537.43 (2.41 %)
2	913,318.34 ± 19,137.08 (91.34 ± 1.91 %)		
3	936,079.39 ± 17,731.86 (93.61 ± 1.77 %)		

Cuadro 209: Sólidos totales calculados de material de salida

No. Corrida	ST [mg/L]	Promedio ST [mg/L]	Desviación estándar ST [mg/L]
1	73,219.41 ± 2,902.43 (7.32 ± 0.03 %)	84,475.99 ± 7,001.33 (8.45 ± 0.70 %)	8,574.84 (0.86 %)
2	73,683.63 ± 2,646.35 (7.37 ± 0.03 %)		
3	90,665.27 ± 4,795.69 (9.07 ± 0.05 %)		
4	90,992.32 ± 4,211.42 (9.10 ± 0.04 %)		
5	89,015.00 ± 4,490.07 (8.90 ± 0.04 %)		
6	89,280.33 ± 3,873.80 (8.03 ± 0.04 %)		

Cuadro 210: Sólidos volátiles calculados de material de salida

No. Corrida	SV [mg/L]	Promedio SV [mg/L]	Desviación estándar SV [mg/L]
1	426,038.63 ± 8,376.49 (42.60 ± 0.84 %)	451,542.62 ± 21,677.64 (45.15 ± 2.17 %)	26,549.58 (2.65 %)
2	446,003.51 ± 8,343.99 (44.60 ± 0.83 %)		
3	495,441.86 ± 8,651.79 (49.54 ± 0.87 %)		
4	570,428.70 ± 11,570.37 (46.11 ± 0.94 %)		
5	457,307.25 ± 9,570.32 (45.73 ± 0.96 %)		
6	423,397.08 ± 8,644.19 (42.34 ± 0.86 %)		

Cuadro 211: DQO, ST y SV removidos y porcentajes de reducción

Parámetro	Removido [mg/L]	Porcentaje reducción
DQO	885.67 ± 53.04	53.86 ± 2.90 %
ST	89,081.25 ± 7,794.39	51.33 ± 4.37 %
SV	485,497.99 ± 35,290.82	50.95 ± 2.88 %

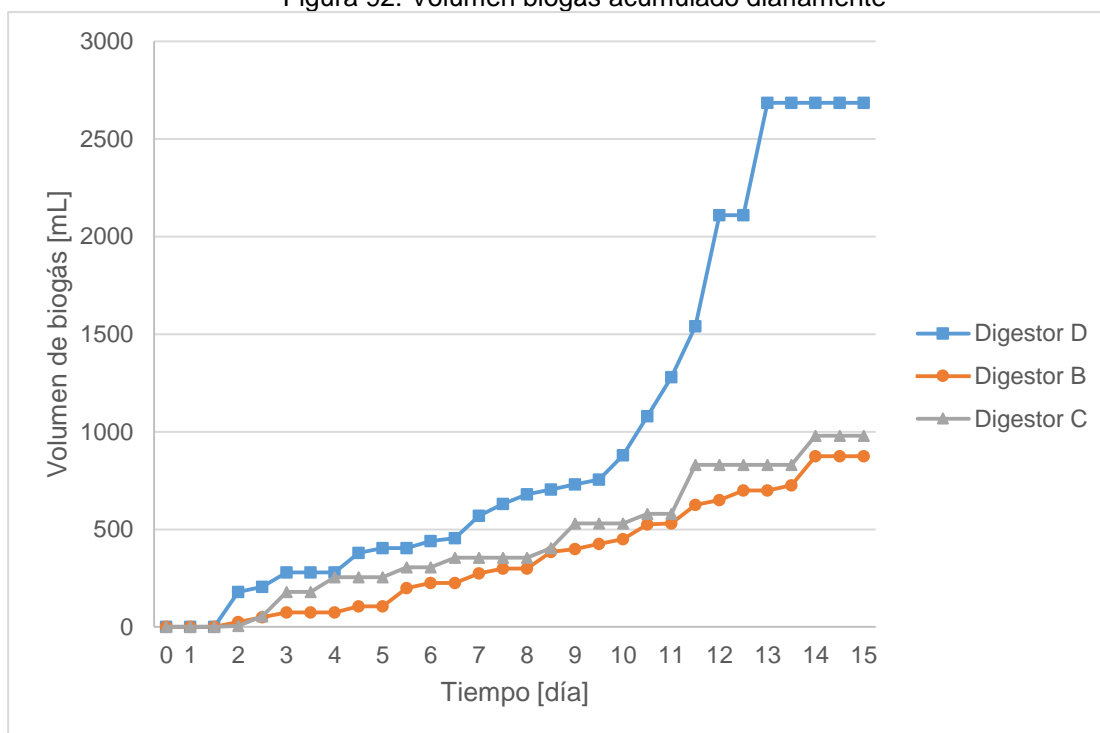
Cuadro 212: Volumen de biogás acumulado

No. Medición	RB	RC	RD
1	0	0	0
2	0	0	0
3	25	5	180
4	50	55	205
5	75	180	280
6	75	180	280
7	75	255	280
8	105	255	380
9	105	255	405
10	200	305	405
11	225	305	440
12	225	355	455
13	275	355	570
14	300	355	630
15	300	355	680
16	385	405	705
17	400	530	730
18	425	530	755
19	450	530	880
20	525	580	1080
21	530	580	1280
22	625	830	1540
23	650	830	2110
24	700	830	2110
25	700	830	2685

No. Medición	RB	RC	RD
26	725	830	2685
27	875	980	2685
28	875	980	2685
29	875	980	2685

* Nota: La incertidumbre de las mediciones es ± 50 mL

Figura 92: Volumen biogás acumulado diariamente



Cuadro 213: Valores de IPM calculados a partir de DQO y SV

Parámetro	RD	RB	RC	Promedio	Desviación estándar
IPM [mL CH ₄ /g DQO]	656.91 \pm 20.47	206.94 \pm 10.24	229.23 \pm 10.52	364.36 \pm 13.74	253.60
IPM [mL CH ₄ /kg SV]	1,152.75 \pm 41.03	363.14 \pm 19.06	402.25 \pm 19.71	639.38 \pm 26.58	445.02

Cuadro 214: Estimaciones de generación de biogás

Estimación volumen		Estimación energética	
Biogás [m ³]	1.543 ± 0.066	Energía eléctrica [kWh]	5.550 ± 0.239
Metano [m ³]	1.080 ± 0.047	Energía térmica [kWh]	7.929 ± 0.341

Cuadro 215: Proyecciones de generación de material orgánico del complejo

Año	Cantidad orgánico mensual [kg/mes]	Cantidad orgánico diario [kg/día]
2016-2017	2656.6	88.6
2018	3214.5	107.1
2019	3889.5	129.7
2020	4706.3	156.9
2021	5694.7	189.8
2022	6890.5	229.7
2023	8337.6	277.9
2024	10088.4	336.3
2025	12207.0	406.9
2026	14770.5	492.3
2027	17872.3	595.7

Cuadro 216: Estimaciones de generación de biogás para datos actuales y proyectados del complejo

Volumen estimado	Actualidad	Proyección
Biogás [m ³]	0.137 ± 0.006	0.925 ± 0.040
Metano [m ³]	0.096 ± 0.004	0.647 ± 0.028

Cuadro 217: Estimaciones energéticas para datos actuales y proyectados del complejo

Parámetro	Actualidad	Proyección
Energía [MJ]	5.086 ± 0.219	34.215 ± 1.473
Energía [kWh]	1.413 ± 0.061	9.504 ± 0.409
Energía eléctrica [kWh]	0.493 ± 0.021	3.326 ± 0.143
Energía térmica [kWh]	0.706 ± 0.030	4.752 ± 0.205

5. Cálculos

Cálculo 1. Volumen de biogás generado

$$\text{Volumen biogás en digestor} = \text{Nivel de agua día 15} - \text{Nivel de agua día 0}$$

$$\text{Volumen biogás} = 1200 \pm 50 \text{ mL} - 875 \pm 50 \text{ mL} = 875 \pm 50 \text{ mL biogás generado}$$

Ejemplificación de cálculo para volumen generado de biogás en RB; de esta manera se realizó también para RC y RD.

Cálculo 2. Volumen metano generado

$$\text{Volumen metano} = \%CH_4 \text{ en gas} \times \text{Volumen biogás} = 612 \pm 50 \text{ mL metano generado}$$

$$\text{Volumen metano} = (0.7)(875 \pm 50 \text{ mL biogás generado}) = 612 \pm 50 \text{ mL metano generado}$$

Ejemplificación de cálculo para volumen generado de metano en RB; de esta manera se realizó también para RC y RD.

Cálculo 3. Sólidos totales

$$\% ST = \frac{39,174.30 \text{ mg} - 39,174.30 \text{ mg}}{44,539.6 \text{ mg} - 39,174.30 \text{ mg}} * 100 = 17.58 \pm 0.07\% \quad [\text{Ec. 3}]$$

$$ST = \frac{40,117.6 \text{ mg} - 39,174.30 \text{ mg}}{44,539.6 \text{ mg} - 39,174.30 \text{ mg}} * 1,000,000 = 175,814.96 \pm 7,411.50 \frac{\text{mg ST}}{\text{L material}} \quad [\text{Ec. 4}]$$

Ejemplificación de cálculo para ST de material de entrada, utilizando la ecuación 2 y 3 (ver Sección de Marco teórico). El cálculo fue aplicado a todas las corridas del material de entrada; material de salida en cada reactor.

Cálculo 4. Sólidos volátiles

$$\% SV = \frac{40,117.6 \text{ mg} - 39,210.5 \text{ mg}}{40,117.6 \text{ mg} - 39,174.3 \text{ mg}} * 100 = 96.16 \pm 1.83\% \quad [\text{Ec. 5}]$$

$$SV = \frac{40,117.6 \text{ mg} - 39,210.5 \text{ mg}}{40,117.6 \text{ mg} - 39,174.3 \text{ mg}} * 1,000,000 = 961,624.09 \pm 18,248.15 \frac{\text{mg SV}}{\text{L material}} \quad [\text{Ec. 6}]$$

Ejemplificación de cálculo para SV de material de entrada, utilizando la ecuación 2 y 3 (ver Sección de Marco teórico). El cálculo fue aplicado a todas las corridas del material de entrada; material de salida en cada reactor.

Cálculo 5. Porcentaje de reducción de DQO

$$\% \text{ Reducción DQO} = \frac{DQO_{\text{inicial}} - DQO_{\text{final}}}{DQO_{\text{inicial}}}$$

$$\% \text{ Reducción DQO} = \frac{1,644 \pm 39.87 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 722.67 \pm 0.67 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{1,644 \pm 39.87 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} = 56.05 \pm 1.36 \%$$

Ejemplificación de cálculo para eficiencia de reducción de DQO en RD; de esta manera se realizó también para RB y RC.

Cálculo 6. Porcentaje de reducción de SV

$$\% \text{ Reducción SV} = \frac{SV_{\text{inicial}} - SV_{\text{final}}}{SV_{\text{inicial}}}$$

$$\% \text{ Reducción SV} = \frac{937,040.61 \pm 27,848.20 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 426,038.63 \pm 8,376.49 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{937,040.61 \pm 27,848.20 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} = 54.53 \pm 1.94 \%$$

Ejemplificación de cálculo para eficiencia de reducción de SV en RD; de esta manera se realizó también para RB y RC.

Cálculo 7. Índice de Producción de Metano (IPM) de acuerdo a DQO

$$IPM = \frac{1,880 \pm 50 \text{ mL metano generado}}{\left(1,644.33 \pm 39.87 \frac{\text{mg DQO}}{\text{L material}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}}\right) (1.74 \pm 0.03 \text{ L material})} = 656.91 \pm 20.47 \frac{\text{mL CH}_4}{\text{g DQO}} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Ejemplificación de cálculo para IPM en RD, utilizando la ecuación 1 (ver Sección de Marco teórico). El cálculo fue aplicado también para RB y RC.

Cálculo 8. Índice de Producción de Metano (IPM) de acuerdo a DQO

$$IM = \frac{1,880 \pm 50 \text{ mL metano generado}}{\left(937,040.61 \pm 27,848.20 \frac{\text{mg SV}}{\text{L material}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}\right) (1.74 \pm 0.03 \text{ L material})} = 1,152.75 \pm 41.03 \frac{\text{mL CH}_4}{\text{kg SV}} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Ejemplificación de cálculo para IPM en RD, utilizando la ecuación 2 (ver Sección de Marco teórico). El cálculo fue aplicado también para RB y RC.

Cálculo 9. Estimación de generación de metano

$$\text{Volumen metano} = \text{Volumen matrial} \times DQO_{\text{inicial}} \times IPM$$

$$\text{Volumen}_{\text{CH}_4} = 1000 \text{ L material} \left(1,644 \pm 39.87 \frac{\text{mg DQO}}{\text{L material}}\right) \left(\frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}}\right) \left(\frac{656.91 \pm 20.47 \text{ mL CH}_4}{1 \text{ g DQO}}\right) \left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}\right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}\right) = 1.080 \pm 0.047 \text{ m}^3 \text{CH}_4$$

$$\text{Volumen metano} = \text{Volumen material} \times SV_{\text{inicial}} \times IPM$$

$$\text{Volumen}_{\text{CH}_4} = 1000 \text{ L material} \left(937,040.61 \pm 27,848.20 \frac{\text{mg SV}}{\text{L material}}\right) \left(\frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}}\right) \left(\frac{1,152.75 \pm 41.03 \text{ mL CH}_4}{1 \text{ kg SV}}\right) \left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}\right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}\right) = 1.080 \pm 0.034 \text{ m}^3 \text{CH}_4$$

Ejemplificación de cálculo para generación de metano en RD; de esta manera se realizó también para RB y RC.

Cálculo 10. Estimación de generación de biogás

$$\text{Volumen biogás} = \frac{1.08 \text{ m}^3 \text{CH}_4}{0.7} = 1.543 \pm 0.066 \text{ m}^3 \text{ biogás}$$

Ejemplificación de cálculo para generación de biogás de un metro cúbico de materia; de esta manera se realizó también para RB y RC.

Cálculo 11. Estimación de generación de metano y biogás diaria para panorama actual en complejo estudiado

$$\text{Volumen}_{\text{CH}_4} = \frac{88.75 \text{ kg material}}{\text{día}} \left(1,644 \pm 39.87 \frac{\text{mg DQO}}{\text{L material}}\right) \left(\frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}}\right) \left(\frac{656.91 \pm 20.47 \text{ mL CH}_4}{1 \text{ g DQO}}\right) \left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}\right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}\right) = \frac{0.096 \pm 0.003 \text{ m}^3 \text{CH}_4}{\text{día}}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen}_{\text{CH}_4} &= \frac{88.75 \text{ kg material}}{\text{día}} \left(937,040.61 \pm 27,848.20 \frac{\text{mg SV}}{\text{L material}}\right) \left(\frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}}\right) \left(\frac{1,152.75 \pm 41.03 \text{ mL CH}_4}{1 \text{ kg SV}}\right) \left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}\right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}\right) \\ &= \frac{0.096 \pm 0.004 \text{ m}^3 \text{CH}_4}{\text{día}} \end{aligned}$$

$$\text{Volumen biogás} = \frac{0.096 \text{ m}^3 \text{CH}_4}{0.7} = \frac{0.137 \pm 0.006 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}}$$

Ejemplificación de cálculo para generación de metano y biogás, según la capacidad de material orgánico diario del complejo.

Cálculo 12. Estimación de generación de metano y biogás para panorama proyectado en complejo estudiado

$$Volumen_{CH_4} = \frac{388.21 \text{ kg material}}{\text{día}} \left(1,644 \pm 39.87 \frac{\text{mg DQO}}{\text{L material}} \right) \left(\frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \right) \left(\frac{656.91 \pm 20.47 \text{ mL } CH_4}{1 \text{ g DQO}} \right) \left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right) = \frac{0.367 \pm 0.016 \text{ m}^3 CH_4}{\text{día}}$$

$$\begin{aligned} Volumen_{CH_4} &= \frac{388.21 \text{ kg material}}{\text{día}} \left(937,040.61 \pm 27,848.20 \frac{\text{mg SV}}{\text{L material}} \right) \left(\frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \right) \left(\frac{1,152.75 \pm 41.03 \text{ mL } CH_4}{1 \text{ kg SV}} \right) \left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right) \\ &= \frac{0.367 \pm 0.019 \text{ m}^3 CH_4}{\text{día}} \end{aligned}$$

$$Volumen \text{ biogás} = \frac{0.367 \text{ m}^3 CH_4}{0.7} = \frac{0.525 \pm 0.023 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}}$$

Ejemplificación de cálculo para generación de metano y biogás, según la capacidad de material orgánico diario que tendrá el complejo en 10 años, tomando 14.34% de crecimiento de residuos anual.

Cálculo 13. Estimaciones energéticas del complejo comercial

$$E_{eléctrica} = \frac{0.137 \pm 0.006 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}} \left(\frac{37 \text{ MJ}}{1 \text{ m}^3 \text{ biogás}} \right) \left(\frac{1 \text{ kWh}}{3.6 \text{ MJ}} \right) (0.3) = 0.494 \pm 0.021 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$E_{térmica} = \frac{0.137 \pm 0.006 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}} \left(\frac{37 \text{ MJ}}{1 \text{ m}^3 \text{ biogás}} \right) \left(\frac{1 \text{ kWh}}{3.6 \text{ MJ}} \right) (0.3) = 0.706 \pm 0.030 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

Ejemplificación de cálculo para generación de energía, según la capacidad de material orgánico diario del complejo. De esta manera se realizó para la proyección.

6. Imágenes

Figura 93: Diagrama de bloques proceso



* Nota: El diagrama indica el proceso llevado a cabo desde la recepción de la materia prima hasta la obtención de biogás

Figura 94: Balanza de humedad marca OHAUS



* Nota: Este equipo fue utilizado para las mediciones de humedad realizadas

Figura 95: Reactor marca Hach Company



* Nota: Este equipo fue utilizado para la digestión de las muestras en la determinación de DQO

Figura 96: Potenciómetro marca Fisher Scientific



* Nota: Este equipo fue utilizado para mediciones de pH

Figura 97: Colorímetro marca Hach Company



* Nota: Este equipo fue utilizado para mediciones de DQO

Figura 98: Estufa magnética marca Thermo Scientific



* Nota: Este equipo fue utilizado para agitación de muestras y homogeneizar

Figura 99: Balanza analítica marca BOECO Germany



* Nota: Este equipo fue utilizado para mediciones de masa

Figura 100: Cromatógrafo de gases



Figura 101: Construcción de trampa de biogás



Figura 102: Mufla marca Thermo Scientific



Figura 103: Lodo ingresado a biodigestor



* Nota: Lodo compuesto de verduras y frutas trituradas, mezcladas con agua en relación 1:1

Figura 104: Montaje de digestores y trampa de gas



Figura 105: Digestores al final de la experimentación



Anexo C: Módulo 3 Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiesel

1. Caracterización

a. Aceite usado

1) Datos originales

i) Densidad

Cuadro 218: Datos originales de las pruebas de densidad.

Lote	Muestra	Masa picnómetro (± 0.0001 g)	Masa de agua (± 0.0001 g)	Masa de aceite (± 0.0001 g)
1	1	28.3096	26.2211	23.9974
	2	28.3089	26.3190	24.0014
	3	28.3163	26.2557	24.0920
2	1	20.5791	25.1272	23.0715
	2	20.6370	25.0200	23.0276
	3	20.6272	25.0369	23.0521
3	1	24.4444	25.6742	23.5345
	2	24.4730	25.6695	23.5145
	3	24.4718	25.6463	23.5721

ii) pH.

Cuadro 219: Datos originales de las pruebas de pH.

Lote	Muestra	pH (± 0.005)
1	1	4.966
	2	4.996
	3	4.984
2	1	4.506
	2	4.541
	3	4.613
3	1	4.736
	2	4.769
	3	4.799

iii) Humedad y materiales volátiles

Cuadro 220: Datos originales de las pruebas de humedad.

Lote	Muestra	Masa de agua inicial (± 0.1 g)	Masa de agua final (± 0.1 g)
1	1	10.0	9.6
	2	10.0	9.6
	3	10.0	9.5
2	1	10.0	9.5
	2	10.0	9.4
	3	10.0	9.4
3	1	10.0	9.6
	2	10.0	9.5
	3	10.0	9.5

iv) Viscosidad

Cuadro 221: Datos originales de las pruebas de viscosidad.

Lote	Muestra	Tiempo (± 0.03 s)	Constante
1	1	433.90	0.09572
	2	458.89	0.09572
	3	445.40	0.09572
2	1	505.38	0.09572
	2	484.45	0.09572
	3	497.00	0.09572
3	1	469.64	0.09572
	2	471.67	0.09572
	3	471.20	0.09572

v) Número ácido

Cuadro 222: Datos originales de las pruebas de índice de acidez.

Lote	Muestra	Masa de aceite (± 0.0001 g)	Masa Hidróxido de Potasio (± 0.0001 g)	Volumen solución (± 0.5 mL)	Cantidad de Hidróxido de potasio (± 0.05 mL)
1	1	7.0676	0.1222	20.0	0.50
	2	7.0984	0.1222	20.0	0.55
	3	7.0670	0.1222	20.0	0.49
2	1	7.0634	0.1222	20.0	0.49
	2	7.0594	0.1222	20.0	0.48
	3	7.0636	0.1222	20.0	0.49
3	1	7.0655	0.1222	20.0	0.49
	2	7.0789	0.1222	20.0	0.52
	3	7.0653	0.1222	20.0	0.49

vi) Agua y sedimentación

Cuadro 223: Datos originales de las pruebas de agua y sedimentación.

Lote	Muestra	Masa de aceite (± 0.01 g)
1	1	10.0
	2	9.9
	3	9.8
2	1	10.0
	2	10.0
	3	9.8
3	1	10.0
	2	9.9
	3	10.0

3) Datos calculados

i) Densidad

Cuadro 224: Datos calculados de las pruebas de densidad.

Lote	Muestra	Densidad de agua (g/mL)	Volumen (± 0.0001 mL)	Densidad aceite (g/mL)		
					\pm	
1	1	0.9963	26.3182	0.9118	\pm	5.1421E-06
	2	0.9963	26.4165	0.9086	\pm	5.1147E-06
	3	0.9963	26.3529	0.9142	\pm	5.1414E-06
2	1	0.9963	25.2203	0.9148	\pm	5.3739E-06
	2	0.9963	25.1127	0.9170	\pm	5.4027E-06
	3	0.9963	25.1296	0.9173	\pm	5.4001E-06
3	1	0.9963	25.7692	0.9133	\pm	5.2554E-06
	2	0.9963	25.7646	0.9127	\pm	5.2548E-06
	3	0.9963	25.7413	0.9157	\pm	5.2676E-06

ii) Humedad y materiales volátiles

Cuadro 225: Datos calculados de las pruebas de humedad y materiales volátiles.

Lote	Muestra	Humedad y materiales volátiles (± 0.1 g)	Porcentaje de humedad
			(± 0.1 %)
1	1	0.4	4.0%
	2	0.4	4.0%
	3	0.5	5.0%
2	1	0.5	4.6%
	2	0.6	6.0%
	3	0.6	5.7%
3	1	0.4	4.3%
	2	0.5	5.0%
	3	0.5	5.4%

iii) Viscosidad

Cuadro 226: Datos calculados de las pruebas de viscosidad.

Lote	Muestra	Viscosidad (cSt)		
1	1	41.5329	±	0.0029
	2	43.9250	±	0.0029
	3	42.6337	±	0.0029
2	1	48.3750	±	0.0029
	2	46.3716	±	0.0029
	3	47.5728	±	0.0029
3	1	44.9539	±	0.0029
	2	45.1483	±	0.0029
	3	45.1033	±	0.0029

iv) Número ácido

Cuadro 227: Datos calculados de las pruebas de índice de acidez.

Lote	Muestra	Índice de acidez (± 0.0001 mg KOH/g)
1	1	0.3969
	2	0.4347
	3	0.3890
2	1	0.3876
	2	0.3822
	3	0.3879
3	1	0.3923
	2	0.4085
	3	0.3885

b. Biodiésel

1) Datos originales

i) Densidad biodiésel lavado

Cuadro 228: Datos originales de las pruebas de densidad del biodiésel lavado.

Lote	Muestra	Masa picnómetro (± 0.0001 g)	Masa de agua (± 0.0001 g)	Masa de biodiésel (± 0.0001 g)
1	1	20.5868	25.0574	22.0486
	2	20.5863	25.0558	22.0529
	3	20.6136	25.0076	22.0246
2	1	20.5935	25.0748	23.0571
	2	20.6973	24.9300	22.9673
	3	20.5982	25.0659	23.0811
3	1	20.5902	25.0661	22.5529
	2	20.6418	24.9929	22.5101
	3	20.6059	25.0368	22.5529

ii) Densidad biodiésel no lavado

Cuadro 229: Datos originales de las pruebas de densidad del biodiésel no lavado.

Lote	Muestra	Masa picnómetro (± 0.0001 g)	Masa de agua (± 0.0001 g)	Masa de biodiésel (± 0.0001 g)
1	1	20.5883	25.0235	22.0128
	2	20.6103	25.0343	21.9930
	3	20.5993	25.0289	22.0029
2	1	20.5938	25.0834	22.0445
	2	20.5274	24.8598	22.0454
	3	20.5982	24.6392	22.1505
3	1	20.6345	25.0535	22.0287
	2	20.5938	24.9471	22.0192
	3	20.5274	24.8341	22.0767

iii) pH

Cuadro 230: Datos originales de las pruebas de pH.

Lote	Muestra	pH (± 0.005)
1	1	7.170
	2	7.150
	3	7.650
2	1	8.300
	2	7.220
	3	7.830
3	1	7.735
	2	7.185
	3	7.740

iv) Prueba 3/27.

Cuadro 231: Datos originales de las pruebas 3/27.

Lote	Muestra	¿Reaccionó?
1	1	sí
	2	sí
	3	sí
2	1	sí
	2	sí
	3	sí
3	1	sí
	2	sí
	3	sí

3) Viscosidad.

Cuadro 232: Datos originales de las pruebas de viscosidad.

Lote	Muestra	Tiempo (± 0.03 s)	Constante
1	1	52.00	0.09572
	2	51.00	0.09572
	3	50.00	0.09572
2	1	45.00	0.09572
	2	30.00	0.09572
	3	34.00	0.09572
3	1	48.50	0.09572
	2	40.50	0.09572
	3	42.00	0.09572

4) Número ácido

Cuadro 233: Datos originales de las pruebas de índice de acidez.

Lote	Muestra	Peso aceite (± 0.0001 g)	Cantidad de KOH (± 0.05 ml)
1	1	0.0462	0.21
	2	0.0458	0.20
	3	0.0433	0.20
2	1	0.0463	0.21
	2	0.0400	0.20
	3	0.0433	0.20
3	1	0.0463	0.21
	2	0.0429	0.20
	3	0.0433	0.20

5) Agua y sedimentación

Cuadro 234: Datos originales de las pruebas de agua y sedimentación.

Lote	Muestra	Observaciones
1	1	No hay sólidos
	2	No hay sólidos
	3	No hay sólidos
2	1	No hay sólidos
	2	No hay sólidos
	3	No hay sólidos
3	1	No hay sólidos
	2	No hay sólidos
	3	No hay sólidos

6) Datos calculados.

i) Densidad biodiésel lavado.

Cuadro 235: Datos calculados de las pruebas de densidad del biodiésel lavado.

Lote	Muestra	Densidad de agua (g/mL)	Volumen (± 0.0001 mL)	Densidad de biodiésel (g/mL)		
1	1	0.9963	25.1502	0.8767	±	5.2877E-06
	2	0.9963	25.1486	0.8769	±	5.2887E-06
	3	0.9963	25.1002	0.8775	±	5.3003E-06
2	1	0.9963	25.1677	0.9161	±	5.3887E-06
	2	0.9963	25.0223	0.9179	±	5.4247E-06
	3	0.9963	25.1587	0.9174	±	5.3941E-06
3	1	0.9963	25.1589	0.8964	±	5.3379E-06
	2	0.9963	25.0855	0.8973	±	5.3560E-06
	3	0.9963	25.1295	0.8975	±	5.3470E-06

ii) Densidad biodiésel no lavado.

Cuadro 236: Datos calculados de las pruebas de densidad del biodiésel no lavado.

Lote	Muestra	Densidad Agua (g/mL)	Volumen (± 0.0001 mL)	Densidad de biodiésel (g/mL)
1	1	0.9963	25.1162	0.8764 \pm 5.2943E-06
	2	0.9963	25.1270	0.8753 \pm 5.2889E-06
	3	0.9963	25.1216	0.8759 \pm 5.2916E-06
2	1	0.9963	25.1763	0.8756 \pm 5.2794E-06
	2	0.9963	24.9519	0.8835 \pm 5.3479E-06
	3	0.9963	24.7305	0.8957 \pm 5.4284E-06
3	1	0.9963	25.1462	0.8760 \pm 5.2868E-06
	2	0.9963	25.0394	0.8794 \pm 5.3182E-06
	3	0.9963	24.9260	0.8857 \pm 5.3592E-06

iii) Viscosidad

Cuadro 237: Datos calculados de las pruebas de viscosidad.

Lote	Muestra	Viscosidad (cSt)		
1	1	4.9774	\pm	0.0029
	2	4.8817	\pm	0.0029
	3	4.7860	\pm	0.0029
2	1	4.3074	\pm	0.0029
	2	2.8716	\pm	0.0029
	3	3.2545	\pm	0.0029
3	1	4.6424	\pm	0.0029
	2	3.8767	\pm	0.0029
	3	4.0202	\pm	0.0029

iv) Número ácido

Cuadro 238: Datos calculados de las pruebas de índice de acidez.

Lote	Muestra	Número ácido (mg KOH/g)
1	1	0.03
	2	0.02
	3	0.03
2	1	0.03
	2	0.03
	3	0.03
3	1	0.03
	2	0.03
	3	0.03

2. Especificaciones de cristalería y equipos

A continuación, se detallan las especificaciones de la cristalería y equipos utilizados para la caracterización del aceite y del biodiésel.

Cuadro 239: Especificaciones técnicas de la cristalería utilizada.

Cristalería	Especificación
Picnómetro	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: BRAND • Volumen nominal: 25 ml
Viscosímetro de Oswald	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: CANNON • Muestra mínima: 7 ml • Para líquidos Newtonianos claros
Beaker 100 ml	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: SUPERIOR • Incertidumbre: ± 5 ml
Beaker 50 ml	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: SUPERIOR • Incertidumbre: ± 5 ml
Bureta 50 ml	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Pyrex • Incertidumbre: ± 0.05 ml
Pipeta volumétrica 50 ml	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Fisher • Incertidumbre: ± 0.05 ml

Cristalería	Especificación
Pipeta graduada 10 ml	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Pyrex • Incertidumbre: ± 0.05 ml
Erlenmeyer 150 ml	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Pyrex • Incertidumbre: ± 25 ml
Tubos de ensayo	No aplica.

Cuadro 240: Especificaciones técnicas de los equipos utilizados.

Equipo	Especificación
Balanza analítica	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: BOECO • Valor máximo: 220 g • Incertidumbre: ± 0.0001 g
Estufa con agitación	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Thermo Scientific • Rango de temperatura: 5 – 540 °C • Rango de velocidad de agitación: 50 – 1200 RPM
Baño térmico	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: PolyScience • Rango de temperatura: 0 – 135 °C • Incertidumbre: ± 0.01 °C
Potenciómetro	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Fisher Scientific • Rango: 0 – 14 pH • Electrodo de Ag/AgCl • Resolución: 0.1, 0.01 o 0.001 pH
Centrifugadora	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Cole-Parmer • Rango de velocidad: 0–4000 RPM • Rango de tiempo: 0–30 min • Incertidumbre: ± 0.063 RMP
Cronómetro	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Casio • Rango: No aplica • Incertidumbre: ± 0.016 s
Soporte universal	No aplica.
Pinza mariposa	No aplica.
Pinza	No aplica.
Agitador magnético	No aplica.
Vial	No aplica.

Anexo D: Producción de biodiesel a nivel laboratorio

Cuadro 241: Cantidad de materia prima utilizada experimentalmente para la producción de biodiésel a nivel laboratorio.

No de corrida	Cantidad de aceite usado (± 0.5 g)	Cantidad de metanol (± 0.5 g)	Cantidad de hidróxido de sodio (± 0.5 g)
1	11600.0	2900.0	96.6
2	11610.0	2920.0	96.6
3	11640.0	2900.0	96.6
Promedio	11616.7	2906.7	96.6

Cuadro 242: Cantidad de subproductos obtenidos de la producción de biodiésel a nivel laboratorio.

No de corrida	Cantidad de biodiésel crudo (± 0.01 kg)	Cantidad de metanol recuperado (± 0.01 kg)	Cantidad de glicerina (± 0.01 kg)	Cantidad de agua de lavado (± 0.01 kg)
1	9.66	0.74	3.28	9.54
2	9.46	0.72	2.14	9.52
3	9.48	0.79	2.71	9.51
Promedio	9.53	0.75	2.71	9.53

Anexo E: Cálculos de muestra

1. Caracterización aceite

a. Densidad

Ecuación 40: Volumen del picnómetro

$$V_{\text{picnómetro}} = \frac{\rho_{\text{agua}}}{m_{\text{agua}}}$$

$$V_{\text{picnómetro}} = \frac{(26.2211 \pm 0.0001 \text{ g})}{\left(0.9963 \frac{\text{g}}{\text{ml}}\right)} = 26.3182 \pm 0.0001 \text{ ml}$$

Ecuación 41: Densidad de aceite de cocina usado

$$\rho_{\text{aceite}} = \frac{m_{\text{aceite}}}{V_{\text{picnómetro}}}$$

$$\rho_{\text{aceite}} = \left(\frac{23.9974 \pm 0.0001 \text{ g}}{26.3188 \pm 0.0001 \text{ ml}}\right) = 0.9118 \pm 5.1421 \times 10^{-6} \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

b. Viscosidad

Ecuación 42: Viscosidad

$$\mu = k * t$$

$$\mu = (0.09572)(433.90 \pm 0.003 \text{ s}) = 41.5329 \pm 0.0029 \text{ cSt}$$

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

c. Humedad y materiales volátiles

Ecuación 43: Porcentaje de humedad y materiales volátiles

$$\%H = (m_{inicial} - m_{final}) * 100$$

$$\%H = (10.0 - 9.6) \pm 0.1 g * 100 = 4.0 \pm 0.1\%$$

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

d. Número ácido

Ecuación 44: índice de acidez del aceite de cocina usado

$$\text{Índice de acidez} = \frac{V_{NaOH} [NaOH] * 56.1}{m_{aceite}}$$

$$\% \text{ Índice de acidez} = \frac{(0.50 \pm 0.05 \text{ mL})(0.1 \text{ N})(56.1)}{(7.0670 \pm 0.0001 \text{ g})} = 0.3969 \pm 0.0001 \frac{\text{mg KOH}}{\text{g}}$$

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

2. Caracterización biodiésel

a. Densidad

Ecuación 45: Volumen del picnómetro

$$V_{picnómetro} = \frac{\rho_{agua}}{m_{agua}}$$

$$V_{picnómetro} = \frac{(25.6442 \pm 0.0001 \text{ g})}{\left(0.9963 \frac{\text{g}}{\text{mL}}\right)} = 25.1502 \pm 0.0001 \text{ mL}$$

Ecuación 46: Densidad del biodiésel

$$\rho_{Biodiésel} = \frac{m_{Biodiésel}}{V_{picnómetro}}$$

$$\rho_{Biodiésel} = \left(\frac{22.0486 \pm 0.0001 \text{ g}}{25.1502 \pm 0.0001 \text{ mL}} \right) = 0.8767 \pm 5.2877 \times 10^{-6} \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

b. Viscosidad

Ecuación 47: Viscosidad del biodiésel

$$\mu = k * t$$

$$\mu = (0.09572)(52 \pm 0.003 \text{ s}) = 4.9774 \pm 0.0029 \text{ cSt}$$

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

c. Número ácido

$$\text{Índice de acidez} = \frac{V_{NaOH}[NaOH] * 56.1}{m_{aceite}}$$

(Ver Ecuación No. 36)

$$\% \text{ Índice de acidez} = \frac{(0.21 \pm 0.05 \text{ ml})(0.1 \text{ N})(56.1)}{(0.0462 \pm 0.0001 \text{ g})} = 0.03 \pm 0.01 \frac{\text{mg KOH}}{\text{g}}$$

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

Anexo F: Cantidad de materia prima requerida para la producción de un lote.

Se toma como base de cálculo un lote de 0.151 m³ de aceite usado. Por otra parte, se trabaja con valores tomados experimentalmente, tanto de la caracterización del aceite como de las corridas para la producción de biodiésel a nivel laboratorio.

a. Masa de aceite usado

Ecuación 48: Masa de aceite de cocina usado

$$m_{aceite} = V_{aceite}\rho_{aceite}$$

$$m_{aceite} = (150 L) \left(0.913 \pm 5.261 \times 10^{-6} \frac{kg}{L} \right) = 136.95 \pm 0.08 kg$$

b. Volumen de metanol

Ecuación 49: Volumen de metanol

$$V_{metanol} = m_{aceite} relación_{metanol/aceite} \rho_{metanol}$$

$$m_{metanol} = (136.95 \pm 0.08 kg \text{ aceite}) \left(\frac{2.91 \pm 0.01 kg \text{ metanol}}{11.62 \pm 0.01 kg \text{ aceite}} \right) = 34.30 \pm 0.12 kg$$

$$V_{metanol} = (34.30 \pm 0.12 kg) \left(\frac{1 m^3}{792 kg} \right) \left(\frac{1000 L}{1 m^3} \right) = 43.30 \pm 0.15 L$$

d. Masa de hidróxido de sodio

Ecuación 50: Masa de hidróxido de sodio

$$m_{NaOH} = m_{aceite} relación_{NaOH/aceite}$$

$$m_{NaOH} = (136.95 \pm 0.08 kg \text{ aceite}) \left(\frac{0.0966 \pm 0.0005 kg \text{ metanol}}{11.62 \pm 0.01 kg \text{ aceite}} \right) = 1.139 \pm 0.006 kg$$

Anexo G: Características de distintas plantas a nivel mundial

Las distintas plantas de producción de biodiésel a baja escala, de distintos países a nivel mundial se detallan a continuación:

Cuadro 243: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta RENOV 200-2017.

Transporte	Costo	Aspectos técnicos
La entrega del equipo se da vía terrestre hasta la frontera.	<ul style="list-style-type: none"> - El costo de la planta es de \$ 20,000.00 pesos mexicanos (\$1118.58). - El envío tendría un costo de \$ 1,200 – \$2,000 pesos (\$111.86). 	<ul style="list-style-type: none"> - Posee una capacidad de producción de 0.2 m³ diarios en un turno de seis horas. - El tamaño de la planta es de 0.63 m de ancho, 1.30 m de largo y 1.77 m de alto. - Cumplen con las normas internacionales ASTM D6751-08. - El equipo incluye equipos auxiliares (bombas, niveladores, calentadores, llaves de globo, termómetro, entre otros). - Todos los equipos y partes de la planta poseen una garantía de tres años. - No incluye instalación por parte de la empresa. - Trabaja con catálisis alcalina.

Cuadro 244: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta 100 LPB.

Transporte	Costo	Aspectos técnicos
La entrega se hace en aproximadamente seis a ocho semanas después de la compra.	El costo EXW de la planta es de \$21510.00.	<ul style="list-style-type: none"> - Posee una capacidad de producción de 0.098 m³ por lote. - El calor es administrado de manera eléctrica. - La planta ocupa un área de 10x6 pulgadas. - Es una planta que opera de manera semi continua. - Es una planta que trabaja con catálisis alcalina. - El producto cumple con las especificaciones europeas EN 14214 y las especificaciones americanas ASTM D6751.

Cuadro 245: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta 1895.

Transporte	Costo	Aspectos técnicos
No se cuenta con información.	No se cuenta con información	<ul style="list-style-type: none"> - La planta tiene la capacidad de producir 0.098 m³ por hora. - El manejo de las materias primas se realiza automáticamente por un panel de control. - La tubería, conexiones y válvulas son de acero inoxidable. - Posee sensores de nivel para el alcohol y aceite. - El tanque de metóxido es de polipropileno de alta calidad, capaz de regular la concentración del mismo con precisión. - Posee un filtro para el aceite, con tamiz un de 50 micras. - Es una planta que trabaja con catálisis alcalina.

Cuadro 246: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta PULSAR- CT805

Transporte	Costo	Aspectos técnicos
La entrega se hace 12 semanas después de haber depositado el 50% del costo de la planta.	<ul style="list-style-type: none"> - La planta de biodiésel tiene un costo EXW de \$12,800.00. - El tanque de separación de glicerina y biodiésel tiene un costo de \$700.00. 	<ul style="list-style-type: none"> - La capacidad de la planta es de 0.049 – 0.068 m³ por hora. - Las dimensiones de la planta son de 1800X1650X1700 mm. - El control de la cantidad de materia prima se controla automáticamente. - Su eficiencia de proceso máxima es de 30 Kwh/m³. - Es una planta que opera de manera continua. - El tanque de separación de la glicerina se vende por separado. - Es una planta que trabaja con catálisis alcalina. - Posee garantía de un año.

Cuadro 247: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta 40 gallon survivor fueler.

Transporte	Costo	Aspectos técnicos
No se cuenta con información.	<ul style="list-style-type: none"> - El precio de la planta es de \$3895.00 - Con la planta se estaría produciendo biodiésel a menos de \$0.70 por galón. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es una planta que trabaja con catálisis alcalina. - Tiene una capacidad de 0.15 m³ por lote. - El equipo posee un filtro con un tamiz de 200 micras. - La tubería es de acero inoxidable, al igual que las válvulas de globo. - Posee un lavado en forma de niebla para lavar fácilmente el biodiésel. - Puede trabajar con aceites y grasas usados. - Requiere dejar la reacción aproximadamente treinta minutos para producir aproximadamente 0.15 m³. - Las dimensiones de equipo son 48 in de largo, 24 in de ancho y 62 in de alto.

Cuadro 248: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta BioPro TM 190.

Transporte	Costo	Aspectos técnicos
No se cuenta con información.	El precio de la planta es de \$10,995.00.	<ul style="list-style-type: none"> - Es una planta completamente automática que trabaja por lotes. - Tiene una capacidad de 0.189 m³ por lote. - El tiempo de producción es de 48 horas por lote. - El material de planta es de acero inoxidable. - Está construida con motores de las bombas a prueba de explosiones. - Está certificado por CE para seguridad. - Posee un año de garantía y soporte técnico. - El método de reacción es una esterificación con catálisis alcalina. - El tamaño de la planta es de 66.1 in de alto y 21.0 in de ancho. - El lavado y secado del producto terminado está completamente automatizado y no requiere equipo extra.

Cuadro 249: Aspectos técnicos y económicos analizados para la planta FuelPod 3.

Transporte	Costo	Aspectos técnicos
El envío es hasta el puerto de preferencia por parte del cliente.	El costo de la planta es de \$6.366.10.	<ul style="list-style-type: none"> - La reacción se realiza con catálisis alcalina. - Posee una capacidad de producción de 0.098 m³ al día. - Sus dimensiones son de 600 mm de diámetro y 1780 mm de alto. - Para trabajar lo realiza con un voltaje de 230 V y una corriente de 13 Amperios. - La filtración final se efectúa con un tamiz de 10 micras. - Posee garantía completa por un año.

Anexo H: Costo de producción

1. Caracterización de aceite.

a. Densidad

$$\text{Costo}_{\text{agua destilada}} = (0.0067 \text{ gal}) \left(\frac{Q 20.00}{5 \text{ gal}} \right) = Q 0.03$$

(Ver Ecuación No. 22)

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

b. Humedad y materiales volátiles

$$\text{Costo}_{\text{electricidad}} = (12V)(0.5 A) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 W} \right) (0.5 h) \left(\frac{Q 1.89}{1 \text{ kWh}} \right) = Q 0.01$$

(Ver Ecuación No. 23)

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

c. Viscosidad

$$\text{Costo}_{\text{electricidad}} = (12V)(0.5 A) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 W} \right) (0.25 h) \left(\frac{Q 1.89}{1 \text{ kWh}} \right) = Q 0.003$$

(Ver Ecuación No. 23)

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

d. pH

$$Costo_{electricidad} = (12V)(0.5 A) \left(\frac{1 kW}{1000 W} \right) (0.17 h) \left(\frac{Q 1.89}{1 kWh} \right) = Q 0.002$$

(Ver Ecuación No. 23)

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

e. Agua y sedimentación

$$Costo_{electricidad} = (12V)(0.5 A) \left(\frac{1 kW}{1000 W} \right) (0.17 h) \left(\frac{Q 1.89}{1 Kwh} \right) = Q 0.002$$

(Ver Ecuación No. 23)

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

f. Número ácido

$$Costo_{agua\ destilada} = (0.0011\ gal) \left(\frac{Q20.00}{5\ gal} \right) = Q 0.04$$

$$Costo_{Hidróxido\ de\ potasio} = (0.22\ g) \left(\frac{1\ kg}{1000\ g} \right) \left(\frac{Q162.40}{1\ kg} \right) = Q 0.04$$

$$Costo_{Metanol} = (0.0013\ gal) \left(\frac{Q1,705.00}{55\ gal} \right) = Q 0.41$$

$$Costo_{fenolftaleína} = (0.002\ L) \left(\frac{Q1,104.32.00}{1\ L} \right) = Q 2.21$$

(Ver Ecuación No. 22)

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

2. Caracterización de biodiesel

a. Densidad

$$Costo_{agua\ destilada} = (0.0067\ gal) \left(\frac{Q20.00}{5\ gal} \right) = Q\ 0.03$$

(Ver Ecuación No. 22)

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

b. Prueba 3/27

$$Costo_{Metanol} = (0.007\ gal) \left(\frac{Q1,705.00}{55\ gal} \right) = Q\ 0.22$$

(Ver Ecuación No. 22)

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

c. Viscosidad

$$Costo_{electricidad} = (12V)(0.5\ A) \left(\frac{1\ kW}{1000\ W} \right) (0.083\ h) \left(\frac{Q\ 1.89}{1\ kWh} \right) = Q\ 0.001$$

(Ver Ecuación No. 23)

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

d. pH

$$Costo_{electricidad} = (12V)(0.5\ A) \left(\frac{1\ kW}{1000\ W} \right) (0.17\ h) \left(\frac{Q\ 1.89}{1\ kWh} \right) = Q\ 0.002$$

(Ver Ecuación No. 23)

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

e. Agua y sedimentación

$$Costo_{electricidad} = (12V)(0.5 A) \left(\frac{1 kW}{1000 W} \right) (0.17 h) \left(\frac{Q 1.89}{1 kWh} \right) = Q 0.002$$

(Ver Ecuación No. 23)

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

f. Número ácido

$$Costo_{agua\ destilada} = (0.0011 gal) \left(\frac{Q20.00}{5 gal} \right) = Q 0.04$$

$$Costo_{Hidróxido\ de\ potasio} = (0.22 g) \left(\frac{1 kg}{1000 g} \right) \left(\frac{Q162.40}{1 kg} \right) = Q 0.04$$

$$Costo_{Metanol} = (0.0013 gal) \left(\frac{Q1,705.00}{55 gal} \right) = Q 0.41$$

$$Costo_{fenolftaleína} = (0.002 L) \left(\frac{Q1,104.32.00}{1 L} \right) = Q 2.21$$

(Ver Ecuación No. 22)

* Se efectuaron los mismos cálculos para todas las muestras analizadas.

3. Freedom BioFuelers LLC

1) Costo de producción por lote

a) Materia prima.

$$Costo_{Hidróxido\ de\ sodio} = (1,139 g) \left(\frac{1 kg}{1000 g} \right) \left(\frac{Q170}{25 kg} \right) = Q 7.75$$

$$Costo_{Metanol} = (11.44 gal) \left(\frac{Q1,705.00}{55 gal} \right) = Q 354.60$$

(Ver Ecuación No. 22)

b) Energía eléctrica.

$$\text{Costo}_{\text{electricidad, planta}} = (4000W) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 W} \right) (8 \text{ h}) \left(\frac{Q 1.89}{1 \text{ Kwh}} \right) = Q 151.20$$

$$\text{Costo}_{\text{electricidad, r.metanol}} = (3000W) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 W} \right) (5 \text{ h}) \left(\frac{Q 1.89}{1 \text{ Kwh}} \right) = Q 56.70$$

(Ver Ecuación No. 23)

c) Consumo de agua.

$$\text{Costo}_{\text{agua}} = (0.14 \text{ m}^3) \left(\frac{Q 2.16}{1 \text{ m}^3} \right) = Q 0.31$$

(Ver Ecuación No. 24)

d) Mano de obra directa.

$$\text{Pago}_{\text{hora ordinaria}} = (48 \text{ h}) \left(\frac{Q 10.86}{1 \text{ hora}} \right) = Q 521.28$$

(Ver Ecuación No. 25)

$$\text{Pago}_{\text{hora extraordinaria}} = (4 \text{ h})(1.5) \left(\frac{Q 10.86}{1 \text{ hora}} \right) = Q 65.16$$

(Ver Ecuación No. 26)

$$\text{Pago}_{\text{hora extra extraordinaria}} = (8 \text{ h})(2) \left(\frac{Q 10.86}{1 \text{ hora}} \right) = Q 173.76$$

(Ver Ecuación No. 27)

$$\text{Pago}_{7 \text{ mo día}} = \frac{Q 521.28 + Q 65.16 + 173.76}{6} = Q 126.70$$

(Ver Ecuación No. 28)

$$\text{Pago}_{\text{mensual}} = (Q 521.28 + Q 65.16 + 173.76 + Q 126.70) * 4 = Q 3,547.60$$

(Ecuación No. 19)

$$\begin{aligned} \text{Pago}_{\text{lote}} &= \left(\frac{Q3,547.60}{1 \text{ mes}} \right) \left(\frac{1 \text{ mes}}{4 \text{ semana}} \right) \left(\frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ días}} \right) (2 \text{ días por lote}) \\ &= Q253.40 \end{aligned}$$

(Ecuación No. 20)

e) Mantenimiento.

$$\text{Costo mantenimiento} = 30\% \frac{Q28,403.51 + Q33,508.12}{81 \text{ lotes anuales}} = Q22.86$$

(Ecuación No. 21)

2) Egresos anuales

a) Materia prima

$$\text{Costo}_{\text{Hidróxido de sodio}} = (1,139 \text{ g}) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) \left(\frac{Q170}{25 \text{ kg}} \right) * 81 \frac{\text{lotes}}{\text{año}} = Q 629.22$$

$$\text{Costo}_{\text{Metanol}} = (11.44 \text{ gal}) \left(\frac{Q1,705.00}{55 \text{ gal}} \right) * 81 \frac{\text{lotes}}{\text{año}} = Q 28,807.55$$

(Ver Ecuación No. 22)

b) Energía eléctrica

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{\text{electricidad, planta}} &= (4000W) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 W} \right) (8 \text{ h}) \left(\frac{Q 1.89}{1 \text{ Kwh}} \right) * 81 \frac{\text{lotes}}{\text{año}} \\ &= Q 2,426.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{\text{electricidad, r.metanol}} &= (3000W) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 W} \right) (5 \text{ h}) \left(\frac{Q 1.89}{1 \text{ Kwh}} \right) * 81 \frac{\text{lotes}}{\text{año}} \\ &= Q3,808.29 \end{aligned}$$

(Ver Ecuación No. 23)

c) Consumo de agua.

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{\text{agua}} &= \left((0.14 \text{ m}^3) \left(\frac{Q 2.16}{1 \text{ m}^3} \right) * 81 \frac{\text{lotes}}{\text{año}} \right) + \left(10.27 * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} \right) \\ &= Q 350.19 \end{aligned}$$

(Ver Ecuación No. 24)

d) Mano de obra directa.

$$Pago_{hora\ ordinaria} = (48\ h) \left(\frac{10.86}{1\ hora} \right) = Q\ 521.28$$

(Ver Ecuación No. 25)

$$Pago_{hora\ extraordinaria} = (4\ h)(1.5) \left(\frac{Q10.86}{1\ hora} \right) = Q\ 65.16$$

(Ver Ecuación No. 26)

$$Pago_{hora\ extra\ extraordinaria} = (8\ h)(2) \left(\frac{Q10.86}{1\ hora} \right) = Q\ 173.76$$

(Ver Ecuación No. 27)

$$Pago_{7mo\ día} = \frac{Q521.28 + Q65.16 + 173.76}{6} = Q126.70$$

(Ver Ecuación No. 28)

$$Pago_{mensual} = (Q521.28 + Q65.16 + 173.76 + Q126.70) * 4 = Q3,547.60$$

(Ver Ecuación No. 19)

$$Pago_{anual} = \left(\frac{Q3,547.60}{1\ mes} \right) \left(\frac{12\ mes}{1\ año} \right) = Q42,571.20$$

(Ver Ecuación No. 20)

e) Mantenimiento.

$$\text{Costo mantenimiento} = 30\%(Q28,403.51 + Q33,508.12) = Q1,857.35$$

(Ver Ecuación No. 21)

f) Depreciación.

$$\text{Depreciación} = \frac{Q\ 61,911.63}{5\ \text{años}} = Q\ 12,382.33$$

(Ver Ecuación No. 29)

3) Ingresos anuales

a) Biodiésel usado como combustible.

$$\text{Ingreso}_{\text{Biodiésel,vehículo}} = \left((\text{Cantidad de biodiésel mensual}) \left(\frac{Q\ 21.89}{1\ \text{galón}} \right) \right) * 12\ \text{meses}$$

(Ecuación No. 22)

$$\text{Ingreso}_{\text{Biodiésel,vehículo}} = \left((20.32\ \text{gal}) \left(\frac{Q\ 21.89}{1\ \text{galón}} \right) \right) * 12\ \text{meses} = Q\ 5,337.66$$

b) Biodiésel utilizado para la generación de energía eléctrica.

$$\text{Ingreso}_{\text{Biodiésel,generador}} = \left((\text{Cantidad de biodiésel mensual}) \left(\frac{Q\ 21.89}{1\ \text{galón}} \right) \right) * 12\ \text{meses}$$

(Ecuación No. 23)

Cantidad de biodiésel requerida para operar el generador eléctrico durante cinco horas al día.

$$\text{Ingreso}_{\text{Biodiésel,generador}} = \left((429.02\ \text{galones}) \left(\frac{Q\ 21.89}{1\ \text{galón}} \right) \right) * 12\ \text{meses} = Q112,693.75$$

* Se efectuó el mismo cálculo para las veinticuatro horas del día.

4. Springboard Biodiésel

i. Costo de producción por lote

a) Materia prima.

$$Costo_{Hidróxido\ de\ sodio} = (1,520\ g) \left(\frac{1\ kg}{1000\ g} \right) \left(\frac{Q170}{25\ kg} \right) = Q\ 10.34$$

$$Costo_{Metanol} = (10\ gal) \left(\frac{Q1,705.00}{55\ gal} \right) = Q\ 310.00$$

(Ver Ecuación No. 22)

b) Energía eléctrica.

$$Costo_{electricidad,\ planta} = (1,725\ W) \left(\frac{1\ kW}{1000\ W} \right) (5\ h) \left(\frac{Q\ 1.89}{1\ Kwh} \right) = Q\ 130.41$$

(Ver Ecuación No. 23)

c) Consumo de agua.

$$Costo_{agua} = (0.17\ m^3) \left(\frac{Q\ 2.16}{1\ m^3} \right) = Q\ 0.37$$

(Ver Ecuación No. 24)

d) Mano de obra directa.

$$Pago_{hora\ ordinaria} = (48\ h) \left(\frac{Q10.86}{1\ hora} \right) = Q\ 521.28$$

(Ver Ecuación No. 25)

$$Pago_{hora\ extraordinaria} = (4\ h)(1.5) \left(\frac{Q10.86}{1\ hora} \right) = Q\ 65.16$$

(Ver Ecuación No. 26)

$$Pago_{hora\ extra\ extraordinaria} = (8\ h)(2) \left(\frac{10.86}{1\ hora} \right) = Q\ 173.76$$

(Ver Ecuación No. 27)

$$Pago_{7mo\ día} = \frac{Q521.28 + Q65.16 + 173.76}{6} = Q126.70$$

(Ver Ecuación No. 28)

$$Pago_{mensual} = (Q521.28 + Q65.16 + 173.76 + Q126.70) * 4 = Q3,547.60$$

(Ecuación No. 19)

$$Pago_{lote} = \left(\frac{Q3,547.60}{1\ mes} \right) \left(\frac{1\ mes}{4\ semanas} \right) \left(\frac{1\ semana}{7\ días} \right) (2\ días\ por\ lote) \\ = Q253.40$$

(Ecuación No. 20)

e) Mantenimiento.

$$Costo\ mantenimiento = 30\% \frac{Q80,178.84}{65\ lotes\ anuales} = Q37.01$$

(Ecuación No. 21)

2) Egresos anuales.

a) Materia prima.

$$Costo_{Hidróxido\ de\ sodio} = (1,520\ g) \left(\frac{1\ kg}{1000\ g} \right) \left(\frac{Q170}{25\ kg} \right) * 65 \frac{lotes}{año} = Q\ 671.76$$

$$Costo_{Metanol} = (10\ gal) \left(\frac{Q1,705.00}{55\ gal} \right) * 65 \frac{lotes}{año} = Q\ 20,147.52$$

(Ver Ecuación No. 22)

b) Energía eléctrica.

$$Costo_{electricidad,\ planta} = (1,725\ W) \left(\frac{1\ kW}{1000\ W} \right) (5\ h) \left(\frac{Q\ 1.89}{1\ Kwh} \right) 65 \frac{lotes}{año} \\ = Q\ 1,182.69$$

(Ver Ecuación No. 23)

c) Consumo de agua.

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{\text{agua}} &= \left((0.92 \text{ m}^3) \left(\frac{Q 2.16}{1 \text{ m}^3} \right) * 65 \frac{\text{lotes}}{\text{año}} \right) + \left(10.27 * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} \right) \\ &= Q 350.19 \end{aligned}$$

(Ver Ecuación No. 24)

d) Mano de obra directa.

$$\text{Pago}_{\text{hora ordinaria}} = (48 \text{ h}) \left(\frac{Q10.86}{1 \text{ hora}} \right) = Q 521.28$$

(Ver Ecuación No. 25)

$$\text{Pago}_{\text{hora extraordinaria}} = (4 \text{ h})(1.5) \left(\frac{Q10.86}{1 \text{ hora}} \right) = Q 65.16$$

(Ver Ecuación No. 26)

$$\text{Pago}_{\text{hora extra extraordinaria}} = (8 \text{ h})(2) \left(\frac{Q10.86}{1 \text{ hora}} \right) = Q 173.76$$

(Ver Ecuación No. 27)

$$\text{Pago}_{7 \text{ mo día}} = \frac{Q521.28 + Q65.16 + 173.76}{6} = Q126.70$$

(Ver Ecuación No. 28)

$$\text{Pago}_{\text{mensual}} = (Q521.28 + Q65.16 + 173.76 + Q126.70) * 4 = Q3,547.60$$

(Ver Ecuación No. 19)

$$\text{Pago}_{\text{anual}} = \left(\frac{Q3,547.60}{1 \text{ mes}} \right) \left(\frac{12 \text{ mes}}{1 \text{ año}} \right) = Q42,571.20$$

(Ver Ecuación No. 20)

e) Mantenimiento.

$$\text{Costo mantenimiento} = 30\%(Q80,178.84) = Q 2,405.37$$

(Ver Ecuación No. 21)

f) Depreciación.

$$\text{Depreciación} = \frac{Q\ 80,178.84}{5\ \text{años}} = Q\ 16,035.77$$

(Ver Ecuación No. 29)

3) Ingresos anuales

a) Biodiésel usado como combustible.

$$\text{Ingreso}_{\text{Biodiésel,vehículo}} = \left((\text{Cantidad de biodiésel mensual}) \left(\frac{Q\ 21.89}{1\ \text{galón}} \right) \right) * 12\ \text{meses}$$

(Ver Ecuación No. 22)

$$\text{Ingreso}_{\text{Biodiésel,vehículo}} = \left((20.32\ \text{gal}) \left(\frac{Q\ 21.89}{1\ \text{galón}} \right) \right) * 12\ \text{meses} = Q\ 5,337.66$$

b) Biodiésel utilizado para la generación de energía eléctrica.

$$\text{Ingreso}_{\text{Biodiésel,generador}} = \left((\text{Cantidad de biodiésel mensual}) \left(\frac{Q\ 21.89}{1\ \text{galón}} \right) \right) * 12\ \text{meses}$$

(Ver Ecuación No. 23)

Cantidad de biodiésel requerida para operar el generador eléctrico durante cinco horas al día.

$$\text{Ingreso}_{\text{Biodiésel,generador}} = \left((429.02\ \text{galones}) \left(\frac{Q\ 21.89}{1\ \text{galón}} \right) \right) * 12\ \text{meses} = Q112,693.75$$

* Se efectuó el mismo cálculo para las veinticuatro horas del día.

Anexo I: Cotizaciones

1. Materia prima

a. QUIMIPROVA.



Tengo el agrado de cotizar los siguientes productos:

COTIZACION

PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Hidróxido de Sodio	1 lbs.	Q.7.00	Q.7.00
Acido Sulfúrico	Garrafa de 35 kg	Q.210.00	Q.210.00
Metanol	1 Galón	Q.35.00	Q.35.00

NOTA:

ANTES DE HACER SU PEDIDO SIEMPRE VERIFICAR EXISTENCIA Y SI AUN SEGUIMOS TRABAJANDO CON DICHS PRECIOS...

QUIMIPROVA
QUIMICOS Y PRODUCTOS VARIOS

Desde 1986

b. SOLMER



Droguería y Representaciones
 8ª calle 9-60 zona 1
 Tels: 2251 3012 y 2251 3013
 Tel/Fax: 2251 9924
 Guatemala, C.A.
drogueria.solmer@gmail.com
 Nit. 293791-3

Cotización

2017-01

Patente de Comercio 132845-171-106

Guatemala, 20 de septiembre del 2017							
Cliente: Angeles Cifuentes						Nit. -----	
Dirección: Ciudad							
No.	Cant.	Descripción	Disponibilidad	Código	Marca	Precio Unitario (Q)	Precio Total (Q)
1	2	Sodio Hidroxido en Lentejas. P.a. 1kg	Disponible	1064981000	Merck	Q 230.00	Q 460.00
2	1	Metanol for analysis EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur. CAS 67-56-1, chemical formula CH ₂ OH, molar mass 32.04 g/mol 1 Litro	Disponible	1060091000	Merck	Q 264.00	Q 264.00
3	1	Acido Sulfurico 95-97% p.a. 2.5 Litros	Disponible	1007312500	Merck	Q 245.00	Q 245.00
Total en Numeros:							Q 969.00
Ver columna de Disponibilidad / Entrega de 2-3 Dias Hábiles							
MONTO MINIMO DE ENVIO Q.700.00							

Alma Andrea Lemus
 Departamento de Ventas

SOLMER
 Droguería y Representaciones
 8ª Calle 9-60, Zona 1, Guatemala, Guatemala
 Tel: 2251 3012 Fax: 2251 9924
solmer@solmer.com

2. Equipo de protección personal.

a. Guantes

Cuadro 250: Costo de guantes desechables de nitrilo de NA35.

Precio	Unidades
Q 87.51	50

(ITEMS Industriales, 2017)

b. Mascarillas



Km. 14.5 Carretera a El Salvador
 Centro Comercial Gran Plaza Bodega 103
 Santa Catarina Pinula, Guatemala
 Tel: + 502 6625-0000 Fax: +502 6685-2434
 Email: ventas@itemsind.com

Cotización No. JMO0000270

Fecha: 20/09/2017 Cliente No.

Nombre: ANGELES CIFUENTES

NIT:

Telefono:

Contacto:

Celular:

Email:

Vendedor: JENNY MORALES

Telefono: 4761-1468

Email: jlmorales@itemsind.com

	No.	Codigo	Cantidad	Descripcion	Precio	Total
	1	0808117U	50	RESPIRADOR DESECHABLE,N95,90-9530N,CAJA. [CAJA DE 20 U.]	90.00	4,500.00
	2	0808121U	50	MASCARILLA DESECHABLE,90-5020,UN ELASTICO. [CAJA DE 50 U.]	40.00	2,000.00

Notas: _____ Total: 6,500.00

Forma de pago: _____ Tiempo de entrega: _____

Válido hasta: 30/09/2017

Entrega a domicilio dentro del perímetro de la Capital Q. 650.00 en adelante
 Visitenos en: www.itemsind.com o en Facebook: <https://www.facebook.com/ItemsIndustrialessa>

Página 1/1

3. Servicios.

a. Costo agua.

Cuadro 251: Costo del agua por consumo mensual en zona 16 de la Ciudad de Guatemala.

Consumo (m ³)	Costo (Q/m ³)
0 – 20	2.16
21 – 40	3.39
41 – 60	4.31
61 – 120	8.63
Tarifa fija	27.19

(EMPAGUA, 2017)

b. Costo electricidad.

Cuadro 252: Costo de la electricidad por consumo mensual en zona 16 de la Ciudad de Guatemala.

Consumo (kWh)	Costo (Q/ kWh)
0 – 60	0.5
61 – 81	0.75
89 – 100	1.89
101 – 300	1.89
301 – 400	1.89
Tarifa fija	10.27

(EEGSA, 2017)

4. Repuestos de instalación eléctrica.

Cuadro 253: Costo de repuestos para la instalación eléctrica.

Repuestos de instalación eléctrica	Marca	Costo
Flipon 15 amperios (unidad)	General Electric	Q29.00
Cable THHN calibre 12 (metro)	VIANKON/ CONDUMEX	Q 4.20
Canal eléctrica plástica (59x22 mm x 2 m)	TECHNIK	Q 28.75
Mano de obra		Q 500.00

5. Equipos de limpieza.

Cuadro 254: Costo de equipos de limpieza.

Equipo	Costo	Cotización
Manguera reforzada 5/8x100 pies (unidad)	Q500.00	NOVEX, 2017
Detergente 123 (900 gramos)	Q 12.55	LA TORRE, 2017

a. Procedimientos

1) Aceite usado

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PA	01	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba del número ácido

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de número ácido, con motivo de verificar la calidad del aceite.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de aceite.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:

1. En un beaker de 250ml colocar una muestra, pesada, y colocar los siguientes datos en una tabla:

Prueba número ácido		
Número ácido	Tamaño de la muestra (g)	Sensibilidad del peso (g)

2. Añadir 125 ml del solvente de titulación
 3. Preparar los electrodos
 - a. Limpiar ambos electrodos (vidrio y calomel)
 - b. Humedecer con un poco de electrolito
 - c. Lavar el electrodo con agua
 - d. Previo a cada titulación, colocar los electrodos en agua por al menos 5 minutos
 - e. Remover el exceso de agua
 4. Colocar el beaker con la muestra en una posición en la que los electrodos puedan estar sumergidos casi a la mitad.
 5. Iniciar agitación
 6. Seleccionar una bureta apropiada y llenarla con la solución 0.1N de KOH
 - a. Colocar la bureta en posición para titular
 - b. Tener cuidado que la punta de la bureta quede inmersa a unos 25mm en el líquido.
 - c. Tomar las lecturas iniciales de la bureta y del potenciometro
 7. Titular
 8. Lavar bien los electrodos y la punta de la bureta con solvente de titulación
 - a. Lavar nuevamente con alcohol isopropilico
 - b. Lavar con agua de grado reactivo
 - c. Dejar los electrodos en agua por al menos 5 minutos antes de volver a utilizarlos
 9. Para cada set de muestras, hacer un blanco de 125ml de solvente de titulación
 - a. Agregar solución 0.1N de KOH en aumento de 0.05ml
 - i. Esperar a tener un potencial de celda constante
 - ii. Anotar lectura de bureta y potenciometro (para cada aumento)
 - b. Agregar solución 0.1N de HCl en aumentos de 0.05ml y operar igual que con la solución de KOH
 - i. Número ácido (mg KOH/g) = $A \times N \times 56.1/W$
 1. A= cantidad de KOH (ml)
 2. N= normalidad de KOH
 3. W= peso de aceite
- Las soluciones utilizadas en el procedimiento son las siguientes:
 - SOLVENTE DE TITULACIÓN
 1. 500ml de tolueno
 2. 5ml de agua
 3. 495ml de alcohol isopropilico anhidro

- SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE POTASIO (0.1N)
 1. 6g de hidróxido de potasio (KOH) en aproximadamente 1L de alcohol isopropílico anhidro
- SOLUCIÓN DE ÁCIDO CLORHÍDRICO
 1. Mezclar 9ml de ácido clorhídrico (HCl) con 1L de alcohol isopropílico anhidro

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID Documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO ACID -1	Presidente del Comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PA	02	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de viscosidad

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de viscosidad, con motivo de verificar la calidad del aceite.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de aceite.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 - Para líquidos transparentes:
 1. Llenar el viscosímetro de la forma que lo indica el manual del mismo. (Esto se debe hacer una vez calibrado el instrumento).
 1. Si la muestra contiene partículas sólidas, se debe filtrar antes de llenar el viscosímetro.

*Con productos que muestran un comportamiento gelatinosa, se debe tener cuidado de que la medición se realice a altas temperaturas, para que el material fluya libremente.

*Al utilizar un baño para colocar varios viscosímetros, se debe tener en cuenta que no se debe meter, ni sacar un viscosímetro, mientras se están realizando estudios en otro, dentro del baño.

*Cuando el diseño del viscosímetro lo requiere, se debe ajustar el volumen de la muestra a la marca.

1. Usar:

1.1 Succión: si la muestra contiene constituyentes no volátiles

1.2 Presión: para ajustar el nivel de la muestra a una posición en el brazo capilar del instrumento, aproximadamente 5mm por encima de la primera marca de distribución.

1.3 Dejando fluir la muestra libremente, medir en segundos el tiempo requerido para que el menisco pasa de la primera marca a la segunda.

*Si el tiempo de flujo es menor al mínimo especificado, se debe seleccionar un viscosímetro con un capilar de menor diámetro y se debe repetir la operación.

2. Repetir nuevamente el proceso 2, para realizar una segunda medida del tiempo de flujo.

* Si con dos mediciones están dentro del 0.2%; usar el promedio para calcular la viscosidad y reportarla.

3. Si las medidas no están de acuerdo, repetir el procedimiento; después de limpiar y secar el viscosímetro y filtrar la muestra.

o Para líquidos opacos:

1. Calentar en el contenedor original, en un horno a 60+2°C por una hora.

a. Agitar la muestra con una varilla de longitud suficiente para alcanzar el fondo del recipiente.

2. Continuar agitando hasta que ya no haya lodo o cera adherido a la varilla.

a. Tapar el recipiente y agitar durante 1 minuto para completar el mezclado.

3. Llenar 2 viscosímetros, de la manera que el manual del instrumento lo indique.

4. Los viscosímetros que se llenan antes de insertarlos o sumergirlos en el baño, pueden necesitar que se precalienten en un horno antes de introducir la muestra; para asegurar que la muestra no se enfríe por debajo de la temperatura de muestreo.

5. Después de 10 minutos, ajustar el volumen de la muestra para que coincida con la marca de llenado en el viscosímetro.

*Al utilizar un baño para colocar varios viscosímetros, se debe tener en cuenta que no se debe meter ni sacar un viscosímetro, mientras se realizan pruebas en otro, dentro del mismo baño.

6. Dejar fluir la muestra libremente, tomar el tiempo (s), con precisión de 0.2s, en que el anillo de contacto pase de la primera

7. Calcular la viscosidad media $\bar{\nu}$, en centistokes ($\frac{m}{s}$), de las dos corridas

*Para aceites combustibles, las dos corridas deben no diferir en más de 1.7% de $\bar{\nu}$ a 50°C y 1.1% de $(\bar{\nu}+8)$ a 80 y 100°C

**Si las dos corridas exceden estos límites se debe repetir el procedimiento

8. Para otros fluidos opacos, que podrían no ser Newtonianos, la precisión no esta determinada.

9. Reportar el promedio de las dos corridas como la viscosidad del fluido.

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO VISC -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PA	03	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba para agua y sedimentación

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de agua y sedimentación, con motivo de verificar la calidad del aceite.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de aceite.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 1. Control de temperatura
 - 1.1 Dejar que el frasco de muestra y su contenido lleguen a un equilibrio de temperatura entre 70-90°F (21-32°C)
 - 1.2 Se debe mantener la temperatura del combustible dentro de los

límites ya propuestos, durante toda la prueba.

2. Llenar el tubo de centrifugación hasta la marca de 100ml, con una muestra tomada directo del frasco de muestra.
3. Colocar el tubo en un orificio opuesto a otro que también contenga un tubo lleno, para establecer una condición de equilibrio
 - 3.1 Hacer girar durante 10 minutos a la velocidad calculada por la ecuación:

$$\text{rpm} = 265 * \sqrt{\frac{\text{rcf}}{\text{d}}}$$

Donde:

rcf= fuerza de centrifugación relativa

d= diámetro (in), entre los tubos opuestos en su posición de rotación.

- 3.2 Velocidad suficiente para producir una fuerza de centrifugación relativa entre 500-800

- 1.1.1 Para obtener la relación entre los cambios de diámetro, rcf y rpm consultar la tabla 1 de la guía

2. Registrar la cantidad de agua combinada con sedimento, al fondo del tubo, con una precisión de 0.005ml

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	<u>LAB_BIO</u> AGUA -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PA	04	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Sílvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de pH

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de pH, con motivo de verificar la calidad del aceite.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de aceite.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 - Calibración:
 1. Presionar la tecla "mode" y soltar hasta que la pantalla digital indique el modo de pH. Esta tecla cambia entre los modos de pH, mV y mV Rel.
 2. Presione el botón "setup" dos veces y después presione "enter", para eliminar una estandarización ya existente.
 3. Sumergir los electrodos dentro del buffer del grupo seleccionado
 - 3.1 Agitar moderadamente
 4. Presionar "std" para acceder al modo de estandarización
 - 4.1 El grupo de buffer seleccionado aparece brevemente
 - 2.1.1 Para seleccionar el tipo de buffer a utilizar, presione la tecla "setup", para acceder al menú de estandarización de pH, luego debe presionar nuevamente la tecla "setup" para desplegar el icono de "clear buffer" junto con los buffers introducidos previamente.
 - 2.1.2 Presionar la tecla "enter" para eliminar los buffers existentes.
 - 2.1.3 Presionar la tecla "enter" para confirmar la selección , o la tecla "mode" para salir de la selección, o la tecla "setup" para acceder a otras opciones de setup
 - 2.1.4 Para seleccionar el grupo de pH buffer, se debe acceder desde la pantalla de mediciones de pH, presionando el botón "setup" y se desplegará la pantalla de "buffer select".
 - 2.1.5 Presionar "enter" para aceptar el grupo y regresar a la pantalla de mediciones o presionar "setup" hasta que aparezca el grupo de buffers que se desea.
 - 3. Esperar para que se establezca la lectura.
 - 4. Presionar "std" nuevamente para iniciar la estandarización
 - 4.1 El potenciómetro regresa de una vez a la pantalla de medición
 - 4.2 Presionar "mode" mientras está en el modo de normalización, para volver a las mediciones, sin aceptar la calibración.

5. Repetir los pasos 3-6 con un segundo buffer y subsecuentes.

*Es bueno estandarizar el potenciómetro usando al menos 2 buffers

**Cuando el potenciómetro acepta el segundo buffer, se despliega el porcentaje de pendiente asociado al rendimiento del electrodo.

**90-102%: aparece el mensaje "Goodelectrode" y regresa a la pantalla de medición.

**No en el rango: mensaje "Electrodeerror" y no regresa a la pantalla de medición. Para regresar a la pantalla de medición se debe presionar "enter"

○ Procedimiento:

1. Introducir el electrodo (junto con la sonda de temperatura, si está disponible) en la solución muestra.

1.1 Agitar moderadamente

1.1.1 Asegurarse que el potenciómetro está en modo de medición

2. Cuando el potenciómetro sienta que la lectura se ha estabilizado, el icono de estable ("stable") aparecerá debajo de la lectura.

*La agitación con un agitador magnético proporciona una respuesta más rápida del electrodo.

3. Reportar la lectura del potenciómetro.

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO pH -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PA	05	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de densidad

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba densidad, con motivo de verificar la calidad del aceite.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de aceite.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 1. Pesar el picnómetro limpio y seco
 2. Llenar con agua destilada y volver a pesar (obtener la masa de agua contenida en el picnómetro)
 3. Vaciar y llenar con el líquido problema (lavar una vez o dos con el líquido problema, antes de colocar la muestra)
 4. Pesar nuevamente (obtener masa del líquido problema)
 5. Se calcula el volumen del picnómetro:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Donde:

m= masa de agua

ρ = densidad del agua

5. Se puede obtener la densidad del líquido con:

$$\rho_l = \frac{w_p}{V}$$

Donde:

w_p = peso del líquido problema

V= volumen del picnómetro

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO DENS -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PA	06	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta Gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de humedad y materiales volátiles

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de humedad y materiales volátiles, con motivo de verificar la calidad del aceite.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de aceite.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- Los pasos a realizarse para esta prueba utilizando una estufa son los siguientes:
 1. En un beaker de 250mL pesar 10 g de la muestra de aceite.
 2. Calentar en una estufa hasta con agitación ligera hasta que pare de formar espuma y comience a producir humo.
 - a. La diferencia de peso es la humedad y materiales volátiles.
- Los pasos a realizarse para la prueba utilizando un horno de aire son:
 1. En un beaker de 250mL, seco y tarado de humedad, pesar 5 g de la muestra de aceite.
 2. Meter al horno de aire por 30 minutos a una temperatura de $101\pm 1^{\circ}\text{C}$.
 3. Repetir hasta que el peso sea constante.
 - a. La diferencia de peso es la humedad y materiales volátiles.

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO DENS -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	01	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión		Aprobado por
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0		Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano

Procedimiento Prueba 3/27

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba 3/27, con motivo de verificar que la reacción haya sido completa.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 - i. En un vial, colocar 27ml de metanol
 - ii. A esos 27ml de metanol agregar 3ml del combustible a analizar
 - iii. Agitar vial
 1. Reacción completa: se puede observar que el combustible se ha disuelto completamente en el metanol
 2. Reacción incompleta: se puede observar que el combustible no se ha disuelto en el metanol; se puede ver un poco opaco (brumoso)
 - iv. Después de 5 minutos se puede volver a observar la muestra para comprobar que siga sin disolverse o que siga totalmente claro (disuelto)

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO 3.27-1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	02	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba del número ácido

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de número ácido, con motivo de verificar la calidad del biodiesel.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 1. En un beaker de 250ml colocar una muestra, pesada, y colocar los siguientes datos en una tabla:

Prueba número ácido		
Número ácido	Tamaño de la muestra (g)	Sensibilidad del peso (g)

2. Añadir 125 ml del solvente de titulación
 3. Preparar los electrodos
 - a. Limpiar ambos electrodos (vidrio y calomel)
 - b. Humedecer con un poco de electrolito
 - c. Lavar el electrodo con agua
 - d. Previo a cada titulación, colocar los electrodos en agua por al menos 5 minutos
 - e. Remover el exceso de agua
 4. Colocar el beaker con la muestra en una posición en la que los electrodos puedan estar sumergidos casi a la mitad.
 5. Iniciar agitación
 6. Seleccionar una bureta apropiada y llenarla con la solución 0.1N de KOH
 - a. Colocar la bureta en posición para titular
 - b. Tener cuidado que la punta de la bureta quede inmersa a unos 25mm en el líquido.
 - c. Tomar las lecturas iniciales de la bureta y del potenciómetro
 7. Titular
 8. Lavar bien los electrodos y la punta de la bureta con solvente de titulación
 - a. Lavar nuevamente con alcohol isopropilico
 - b. Lavar con agua de grado reactivo
 - c. Dejar los electrodos en agua por al menos 5 minutos antes de volver a utilizarlos
 9. Para cada set de muestras, hacer un blanco de 125ml de solvente de titulación
 - a. Agregar solución 0.1N de KOH en aumento de 0.05ml
 - i. Esperar a tener un potencial de celda constante
 - ii. Anotar lectura de bureta y potenciómetro (para cada aumento)
 - b. Agregar solución 0.1N de HCl en aumentos de 0.05ml y operar igual que con la solución de KOH
 - i. Número ácido (mg KOH/g)= $A \times N \times 56.1/W$
 1. A= cantidad de KOH (ml)
 2. N= normalidad de KOH
 3. W= peso de biodiesel
- Las soluciones utilizadas en el procedimiento son las siguientes:
 - SOLVENTE DE TITULACIÓN
 1. 500ml de tolueno

2. 5ml de agua
 3. 495ml de alcohol isopropilico anhidro
- SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE POTASIO (0.1N)
 1. 6g de hidróxido de potasio (KOH) en aproximadamente 1L de alcohol isopropílico anhidro
 - SOLUCIÓN DE ÁCIDO CLORHÍDRICO
 1. Mezclar 9ml de ácido clorhídrico (HCl) con 1L de alcohol isopropílico anhidro

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO ACID -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	03	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de viscosidad

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de viscosidad, con motivo de verificar la calidad del biodiesel.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 - Para líquidos transparentes:
 1. Llenar el viscosímetro de la forma que lo indica el manual del mismo. (Esto se debe hacer una vez calibrado el instrumento).
 1. Si la muestra contiene partículas sólidas, se debe filtrar antes de llenar el viscosímetro.

*Con productos que muestran un comportamiento gelatinosa, se debe tener cuidado de que la medición se realice a altas temperaturas, para que el material fluya libremente.

*Al utilizar un baño para colocar varios viscosímetros, se debe tener en cuenta que no se debe meter, ni sacar un viscosímetro, mientras se están realizando estudios en otro, dentro del baño.

*Cuando el diseño del viscosímetro lo requiere, se debe ajustar el volumen de la muestra a la marca.

1. Usar:

1.1 Succión: si la muestra contiene constituyentes no volátiles

1.2 Presión: para ajustar el nivel de la muestra a una posición en el brazo capilar del instrumento, aproximadamente 5mm por encima de la primera marca de distribución.

1.3 Dejando fluir la muestra libremente, medir en segundos el tiempo requerido para que el menisco pasa de la primera marca a la segunda.

*Si el tiempo de flujo es menor al mínimo especificado, se debe seleccionar un viscosímetro con un capilar de menor diámetro y se debe repetir la operación.

2. Repetir nuevamente el proceso 2, para realizar una segunda medida del tiempo de flujo.

* Si con dos mediciones están dentro del 0.2%; usar el promedio para calcular la viscosidad y reportarla.

3. Si las medidas no están de acuerdo, repetir el procedimiento; después de limpiar y secar el viscosímetro y filtrar la muestra.

o Para líquidos opacos:

1. Calentar en el contenedor original, en un horno a $60 \pm 2^\circ\text{C}$ por una hora.

a. Agitar la muestra con una varilla de longitud suficiente para alcanzar el fondo del recipiente.

2. Continuar agitando hasta que ya no haya lodo o cera adherido a la varilla.

a. Tapar el recipiente y agitar durante 1 minuto para completar el mezclado.

3. Llenar 2 viscosímetros, de la manera que el manual del instrumento lo indique.

4. Los viscosímetros que se llenan antes de insertarlos o sumergirlos en el baño, pueden necesitar que se precalienten en un horno antes de introducir la muestra; para asegurar que la muestra no se enfríe por debajo de la temperatura de muestreo.

5. Después de 10 minutos, ajustar el volumen de la muestra para que coincida con la marca de llenado en el viscosímetro.

*Al utilizar un baño para colocar varios viscosímetros, se debe tener en cuenta que no se debe meter ni sacar un viscosímetro, mientras se realizan pruebas en otro, dentro del mismo baño.

6. Dejar fluir la muestra libremente, tomar el tiempo (s), con precisión de 0.2s, en que el anillo de contacto pase de la primera a la segunda marca.
7. Calcular la viscosidad media v , en centistokes (m^2/s), de las dos corridas
 - *Para aceites combustibles, las dos corridas deben no diferir en más de 1.7% de v a 50°C y 1.1% de $(v+8)$ a 80 y 100°C
 - **Si las dos corridas exceden estos límites se debe repetir el procedimiento
8. Para otros fluidos opacos, que podrían no ser Newtonianos, la precisión no esta determinada.
9. Reportar el promedio de las dos corridas como la viscosidad del fluido.

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO VISC -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	04	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba para agua y sedimentación

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de agua y sedimentación, con motivo de verificar la calidad del biodiesel.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 1. Control de temperatura
 - 1.1 Dejar que el frasco de muestra y su contenido lleguen a un equilibrio de temperatura entre 70-90°F (21-32°C)

- 1.2 Se debe mantener la temperatura del combustible dentro de los límites ya propuestos, durante toda la prueba.
2. Llenar el tubo de centrifugación hasta la marca de 100ml, con una muestra tomada directo del frasco de muestra.
3. Colocar el tubo en un orificio opuesto a otro que también contenga un tubo lleno, para establecer una condición de equilibrio
 - 3.1 Hacer girar durante 10 minutos a la velocidad calculada por la ecuación:

$$\text{rpm} = 265 * \sqrt{\frac{\text{rcf}}{\text{d}}}$$

Donde:

rcf= fuerza de centrifugación relativa

d= diámetro (in), entre los tubos opuestos en su posición de rotación.

- 3.2 Velocidad suficiente para producir una fuerza de centrifugación relativa entre 500-800

- 1.1.1 Para obtener la relación entre los cambios de diámetro, rcf y rpm consultar la tabla 1 de la guía

2. Registrar la cantidad de agua combinada con sedimento, al fondo del tubo, con una precisión de 0.005ml

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO AGUA -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	05	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de pH

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de pH, con motivo de verificar la calidad del biodiesel.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 - Calibración:
 1. Presionar la tecla "mode" y soltar hasta que la pantalla digital indique el modo de pH. Esta tecla cambia entre los modos de pH, mV y mV Rel.
 2. Presione el botón "setup" dos veces y después presione "enter", para eliminar una estandarización ya existente.
 3. Sumergir los electrodos dentro del buffer del grupo seleccionado
 - 3.1 Agitar moderadamente
 4. Presionar "std" para acceder al modo de estandarización
 - 4.1 El grupo de buffer seleccionado aparece brevemente
 - 2.1.1 Para seleccionar el tipo de buffer a utilizar, presione la tecla "setup", para acceder al menú de estandarización de pH, luego debe presionar nuevamente la tecla "setup" para desplegar el icono de "clear buffer" junto con los buffers introducidos previamente.
 - 2.1.2 Presionar la tecla "enter" para eliminar los buffers existentes.
 - 2.1.3 Presionar la tecla "enter" para confirmar la selección , o la tecla "mode" para salir de la selección, o la tecla "setup" para acceder a otras opciones de setup
 - 2.1.4 Para seleccionar el grupo de pH buffer, se debe acceder desde la pantalla de mediciones de pH, presionando el botón "setup" y se desplegará la pantalla de "buffer select".
 - 2.1.5 Presionar "enter" para aceptar el grupo y regresar a la pantalla de mediciones o presionar "setup" hasta que aparezca el grupo de buffers que se desea.
 - 3. Esperar para que se establezca la lectura.
 - 4. Presionar "std" nuevamente para iniciar la estandarización
 - 4.1 El potenciómetro regresa de una vez a la pantalla de medición
 - 4.2 Presionar "mode" mientras está en el modo de normalización, para volver a las mediciones, sin aceptar la calibración.

5. Repetir los pasos 3-6 con un segundo buffer y subsecuentes.

*Es bueno estandarizar el potenciómetro usando al menos 2 buffers

**Cuando el potenciómetro acepta el segundo buffer, se despliega el porcentaje de pendiente asociado al rendimiento del electrodo.

**90-102%: aparece el mensaje "Goodelectrode" y regresa a la pantalla de medición.

**No en el rango: mensaje "Electrodeerror" y no regresa a la pantalla de medición. Para regresar a la pantalla de medición se debe presionar "enter"

○ Procedimiento:

1. Introducir el electrodo (junto con la sonda de temperatura, si está disponible) en la solución muestra.

1.1 Agitar moderadamente

1.1.1 Asegurarse que el potenciómetro está en modo de medición

2. Cuando el potenciómetro sienta que la lectura se ha estabilizado, el icono de estable ("stable") aparecerá debajo de la lectura.

*La agitación con un agitador magnético proporciona una respuesta más rápida del electrodo.

3. Reportar la lectura del potenciómetro.

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO pH -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Anexo J: Módulo 4 Evaluación y propuesta de la instalación de un generador eléctrico operado con biodiésel para carga de vehículos eléctricos

A. Cotizaciones

PROEQUIPSA

Provisión de Equipos y Servicios. S.A-PROEQUIPSA

División de Maquinaria y Equipo

División Repuestos y Componentes

División Servicios y Talleres

Guatemala, 09 de Octubre 2017.

Señores:

Universidad del Valle

~~Atta. Srta.~~ Brenda Girón

Estimados Señores:

Estimados señores a continuación les envió la cotización de Una Planta Eléctrica diesel **GMS95C6** con motor **CUMMINS** motor diesel enfriado por agua , marca **POWERLINK SIN CABINA** la cual tiene la capacidad de suministrar **90KW/110KVA**, de potencia **PRIME**, **100KW/121KVA** en potencia **STAND BY** el generador es marca **STAMFORD** y proporciona **120/220** voltios, **reconectable**, **TRIFASICA**, **60 HZ**, todo montado sobre una base estructural acerada.

MOTOR TURBO CARGADO MARCA CUMMINS

- De 6 cilindros.
- Enfriado por agua.
- 4 tiempos.
- Rejilla de protección en las partes móviles.
- Con filtros de aire, diesel y aceite.
- Alternador para la carga de la batería en 12 voltios.
- Con gobernación electrónica
- Radiador tropical izado con ventilador tipo empuje.

GENERADOR MARCA STAMFORD :

- Acoplado directamente al motor.
- Sin escobillas con factor de potencia de 0.8.
- Con regulador de voltaje externo transistor izado el cual mantiene la variación del voltaje entre vacío y plena carga a +/- 1%.
- A 3800 RPM, 60 Hz.
- Aislamiento NEMA, CLASE H con barnices, a prueba de goteo, provisto con un ventilador para su enfriamiento.

EQUIPO

- Silenciador tipo Industrial.
- Baterías de ácido con cables.
- Tanque para diesel instalado en la base de 65 Galones. Alimentación, retorno, llenado para diesel, salida para purga y ventilación.

Diagramas eléctricos y manuales de: servicio, montaje y cimentación.

PROEQUIPSA

Provisión de Equipos y Servicios. S.A-PROEQUIPSA

División de Maquinaria y Equipo

División Repuestos y Componentes

División Servicios y Talleres

Panel ANALOGO/ DIGITAL:

PROTECCIONES INTERNAS

- 1 Baja presión de aceite
- 2 Alta temperatura del agua
- 3 Sobre-velocidad
- 4 Sobre-arranque

INSTRUMENTACIÓN

- 1 Voltaje del generador
- 2 Frecuencia del generador
- 3 Corriente del generador
- 4 Precisión de aceite
- 5 Temperatura del agua
- 6 Voltaje de la batería
- 7 Velocidad del motor
- 8 Horas de operación

CONSUMOS: 97KW. 100% 6.34 GALONES, 75% 4.78, 50% 3.17

PRECIO PLANTA 100kw.....: **\$ 15,800.00**

PRECIO ASTS.....: **\$ 2,500.00**

Forma de Pago: CONTADO PREVIA ENTREGA.

Tiempo de la Garantía: 12 meses o 1000 Horas lo que ocurra primero (se Cubren desperfectos de fabricación no daños Ocasionados por el uso Inapropiado) para efectos De garantía, TECNIDIESEL S.A. deberá realizar El arranque inicial el cual tiene costo adicional.

Tiempo de Entrega: INMEDIATA (2 En stock)

Sostenimiento de la Oferta: 10 días.

Atentamente,

Ing. David Arrechea H.
Asesor en venta y Renta.
Celular. 5733-2717.
PBX. 2316-2000.

... LA FUERZA QUE CAMBIA SU MUNDO.

GMS95C6/S**POWERINK****3-Phase, 60Hz@1800RPM**

Standby Power	kVA	121
	kW	97
Prime Power	kVA	110
	kW	88
Voltage	V	480/277
Ampere (A)	480V	132.3
	208V	305.3
Fuel Tank Capability (L)	8 hours (Standard)	224
	24 hours (Optional)	671
Noise Level at 7 meters (dBA)	Open Type	91.2
	Silent Type	68.2

Notes:

- 1) Ambient reference conditions: 1,000 mbar, 27°C, 30% relative humidity;
- 2) Also available in the following voltages: 440/254V-418/240V-220/127V-208-120V;
- 3) ESP (Standby Power): the maximum power available under varying loads. Only for standby and emergency use. No overload is permissible.
PRP (Prime Power): the maximum power available under varying loads for continuous operation. A 10% overload is permissible for 1 hour every 12 hours.

Features	Benefits
<ul style="list-style-type: none"> Tightly structure, excellent design and craft Designed with safety in mind Earth leakage protection Quick fix electrical power connections Extensive option list Well enclosed canopies with high protection against water and dust 	<ul style="list-style-type: none"> Beautiful appearance Low operating cost results in optimal economy Ease of installation, operation, and maintenance Customization Good quality ensure

Performance Specification and Craftwork			
Performance Specification		Telephone Interference, Electromagnetism	
Efficiency of Rated Power	96.3%	TIF	≤50
Time needed from start-up to full load (inductive)	125 seconds	THF	≤2%
Time needed from start-up to 50% load (inductive) allowed	8 seconds	Radio interference in compliance with BS800 and VED LEVELS G and N.	
1.1 times overload operation time (hour)	1	Craftwork	
2.0 time overload operation time (minute)	1	<ul style="list-style-type: none"> • Steel base frame with AV mounting • standard 8h fuel tank with flexible rubber fuel tube, fuel level indicator and drainage • Overall sprayed powder coating • Whole set documents, including Installation Manual, Operation Manual, Spare Parts Catalog, Circuit Diagram 	
Voltage Regulation, steady state	±1%	Criterion	
Voltage Regulation, transient state	20%-15%	<ul style="list-style-type: none"> • ISO3046, ISO8528, BS4999, BS5514, • BS5000PT99, AS1359, IEC34 • UTE5100, VDE0530 • ISO9001:2000 	
Voltage Settle Time	≤5 seconds		
Voltage Fluctuation Ratio	0.5%		
Frequency Regulation, steady state	±0.5% adjustable		
Frequency Regulation, transient state	±5%		
Frequency Settle Time	5 seconds		
Frequency Fluctuation Ratio	0.5%		
Recovery Time	0.5 seconds		

GMS95C6/S

Engine Specification			Alternator Specification		
Brand	Cummins		Brand	Stamford	Leroy Somer
Model	6BT5.9G2		Model	UC1274C	LSA44.2VS3
No. of Cylinders and Cycle	6L, 4 Stroke		Rated Output (kVA)	125	115
Induction System	TC		Rated current (A)	480V	132.3
				208V	305.3
Compression Ratio	16.8: 1		Exciter	Brushless	
Displacement (L)	5.9		THF (BS EN60034- 1)	<2%	
Bore x Stroke (mm)	102 x 120		Bearing number	Single	
Torque (N.m)	548		Windings	100% Copper	
Speed RPM	1500		Connection Type	Star Connection	
Piston speed (m/s)	6		Insulation Class	H	
Air intake flow (L/s)	100		Winding Pitch	2/3	
Exhaust flow (L/s)	250		Amortisseur Winding	Full	
Net weight (kg)	411		A.V.R. Model	SX460	R438
Starting System	Electronic		Voltage Regulation (no load- full load)	± 1.0%	± 0.5%
Engine coolant flow (L/s)	2		Underspeed Protection	Standard	
Base Output power (kW)	86		Protection	IP23	
Fuel Consumption (L/h)	110% load	22	Phase Sequence	A(U), B(V), C(W)	
	100% load	17	TIF (NEMA MG 1-22)	<50	
	75% load	11	Excitation System	Self-excited, PMG optional	
	50% load	7	Ambient Temp. (°C)	40	
Governor Type	Electronic		Stator Rated Temp. (°C)	125	

Cooling System		Fuel System	
Max. coolant cycling resistance exterior engine (kPA)	28	Fuel injection pump model	pump with GAC governor
Thermostat adjusting temperature (°C)	82-95	Max. fuel input resistance of transfer pump (mmHg)	102
Min. opening pressure of radiator cap (kPA)	69	Max. overflow fuel resistance at overflow pipe of injector (mmHg)	254
Coolant capacity-engine only (L)	9.9	Total fuel overflow amount (L/h)	30
Exhaust System		Lubricating System	
Max. Back Pressure (kPA)	10.2	Normal oil pressure range	
Electrical System		Low idle (kPA)	207
Starter (V)	12/24	Rated speed (kPA)	345
Battery charging system (A)	63/40	Max. oil temperature permitted in oil pan (°C)	121
		Lubrication system Min. capacity (L)	16.4

GMS95C6/S



Control System

PLC-702HC

PLC-702HC key manual start module is a manual engine control module designed to control the engine via a key switch and push buttons on the front panel. The module is used to start and stop the engine and indicate fault conditions, automatically shutting down the engine and giving a true first up fault condition of an engine failure.

Standard Control Function

- Manual Engine Control Module
- Low Oil Pressure
- High Engine Temperature
- Auxiliary Shutdown
- Overspeed Protection
- Protection hold-off timer
- Charge Failure warning



PLC-5220

Microprocessor control, with high stability and credibility
Mains supply and generator operation monitoring
Indicating operation status and fault conditions
Multiple protections; multiple parameters display, like pressure, temp.
Manual and automatic work mode selectable
Real time clock for time and date display, overall runtime display, 99 log entries
Overall power output display
Integral speed/frequency detecting, telling status of start, rated operation, overspeed
Communication with PC via RS485 OR RS232 interface, using MODBUS protocol.



PLC-1F

Engine Control

- Start preparation (preheating or prelubrication)
- Start/stop sequences with selectable number of start attempts
- Fuel solenoid selection (coil type)
- Idle speed control
- Local or remote start/stop
- Stop sequence with cooling down
- Running speed detection selectable
 - Generator Hz/V
 - Charger alternator input (W terminal)
 - Binary input (D+)
 - Oil pressure

Generator Protection(ANSI)

- Over-/undervoltage
- Over-/underfrequency
- Overcurrent
- Reverse power
- voltage unbalance
- phase sequence error

Clear Text Display

- 128 x 64 pixel backlight STN
- Graphic symbol messaging
- Clear text alarm messages
- Clear text diagnostics for both hardwired inputs and CANbus messages (J1939)
- Log book holding 150 log entries
- Real time clock for time and date



Generator Monitoring

- 3-phase or single phase generator monitoring
 - Voltage /current /frequency /power /reactive power

Dimension and Weight

			
GMS95C6 (Open Type)		GMS95C6S (Silent Type)	
Length × Width × Height, mm	Weight (kg)	Length × Width × Height, mm	Weight (kg):
Type A: 2050 × 924 × 1495	1130	2900 × 1250 × 1725	1680
Type B: 2385 × 924 × 1470	1210		

GMS95C6/S



Optional

Engine	Alternator	Generator Set	Fuel System	Canopy
<ul style="list-style-type: none"> • Coolant heater 	<ul style="list-style-type: none"> • Space heater • AVR PMG with regulator • Anti-damp and anti-corrosion treatment • Anti-condensation heater 	<ul style="list-style-type: none"> • Tools with the machine 	<ul style="list-style-type: none"> • Low fuel level alarm • Automatic fuel feeding system • 24 hours fuel tank 	<ul style="list-style-type: none"> • Canopy • Trailer • Container
Lubricating System	Exhaust System	Cooling System	Control Panel	Voltages
<ul style="list-style-type: none"> • Oil with the machine 	<ul style="list-style-type: none"> • Protection board from hotness • Low frequency silencer 	<ul style="list-style-type: none"> • Front heat protection • 50°C radiator • Coolant (-30°C) 	<ul style="list-style-type: none"> • Remote control panel • Automatic paralleling control panel • Automatic Transfer Switch (ATS) 	<ul style="list-style-type: none"> • 440/254V • 416/240V • 220/127V • 208-120V



Power Link Machine (Shanghai) Co., Ltd.

No. 576, Guanghua Road, Songjiang Science & Technology Park, Shanghai, China
 Tel: 086-21- 57858485 Fax: 086-21- 57858750
 E-mail: info@powerlink.cn

*Specification may change without prior notice.
 For more info., please contact Power Link or your local distributors.*

Local Distributor

Guatemala, 09 de Octubre del 2017.

Señores:
 Atención: **Sr. Edwin Marroquin.**
 Presente.

Estimado Ingeniero, por este medio le envié la cotización de la Generador Eléctrico **GMS95C6** con motor **CUMMINS** diésel enfriado por agua, marca **POWER LINK**, la cual tiene la capacidad de suministrar **72kW/72kVA** en potencia **STAND BY** el generador es marca **STAMFORD** y proporciona **120/240** voltios reconectable, **MONOFASICA**, 60 HZ, todo montado sobre una base estructural.

MOTOR CUMMINS 6BT5.9-G2



- De 4 cilindros.
- Enfriado por agua.
- 4 tiempos.
- Rejilla de protección en las partes móviles.
- Con filtros de aire, diésel y aceite.
- Alternador para la carga de la batería en 24 voltios.
- Con gobernación mecánica
- Radiador tropicalizado con ventilador tipo empuje.
- Aspiración Turbo Cargado.

GENERADOR STAMFORD



- Acoplado directamente al motor.
- Sin escobillas con factor de potencia de 0.8.
- Con regulador de voltaje externo transistorizado el cual mantiene la variación del voltaje entre vacío y plena carga a +/- 1%.
- A 1800 RPM, 60 Hz.
- Aislamiento NEMA, CLASE H con barnices, a prueba de goteo, provisto con un ventilador para su enfriamiento.

EQUIPO

- Silenciador tipo Industrial.
- Baterías de ácido con cables.
- Tanque para diesel instalado en la base de 60 galones. Alimentación, retorno, llenado para diesel, salida para purga y ventilación.
- Diagramas eléctricos y manuales de servicio, montaje y cimentación.

Panel de Control DIGITAL: DSE Genset

Este Panel DEEP SEA 7420 se integra a la parte frontal del tablero. Es un controlador basado en el funcionamiento de un microprocesador, está protegido contra ambiente eléctrico hostil por técnicas de aislamiento óptico, supresores de transitorios y blindaje. Opera con alimentación de 12 V.C.D. para el control de máquina.

Cuenta con las siguientes funciones:

- Sensor trifásico de falla de alimentación de la Compañía suministradora ya sea por pérdida total o por bajo voltaje de alguna de las fases. El sensor opera en un rango ajustable de 70% a 100% del voltaje nominal.
- Retardador ajustable de arranque de la máquina.
- Retardador ajustable de transferencia.
- Retardador ajustable de re transferencia.
- Retardador ajustable de enfriamiento de máquina (en vacío).
- Sistema que permite 3 ó 5 intentos de arranque del motor de combustión interna.
- Frecuencímetro digital integrado con pantalla de lectura.
- Contador de tiempo de operación de la planta (horómetros) con lectura acumulada y actual.
- Contador de arranques.
- Selector de operación: manual, fuera y automático.
- Botón de prueba.
- Botón de transferencia manual.
- Protecciones en el equipo (con bloqueo y señalización visual).
 - . Largo arranque. Alta temperatura de agua. Baja presión de aceite.
 - . Sobre velocidad. Baja velocidad. Sobre carga en generador.
 - . No generación de máquina.

La señalización se lleva a cabo a través de la pantalla de cristal líquido. Además de las señaladas se incluyen:

- . Alimentación normal.
- . Alimentación de emergencia.
- . Posición de transferencia.
- . Posición de selector de operación.

Este módulo arranca al motor y se realiza la transferencia al recibir la señal de falla de la Compañía suministradora y manda señal de paro y re transferencia al restablecerse el servicio o bien cuando exista una falla por baja presión de aceite, sobre velocidad, baja velocidad, alta temperatura de agua.

El módulo de control es auxiliado en su operación por un juego de relevadores con contactos secos que reciben las señales de los elementos sensores instalados en el motor de combustión interna.

Conectividad.

- Ethernet, Modbus, RS232.
- Software exclusivo de DEEP SEA Electrónicos. 86XX
- Operación vía ordenador o red.
- Visualización ordenador y Tablero.
- Referencias motor Mitsubishi mediante MDEC.
- Revoluciones.
- Temperaturas.
- Condición actual del motor.

Referencias Eléctricas:

- Voltaje L1, L2, L3 y N Generador.
- Voltaje L1, L2, L3 y N Empresa suministradora.
- Frecuencia (Generador y empresa suministradora).



ACCESORIOS NO ESTANDAR YA INCLUIDOS:

1. Cargador estático de baterías
2. Switch corta baterías.

CANTIDAD	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	Generador Eléctrico POWER LINK de 72KW, con motor CUMMINS 6BT5.9-G2, diésel, trifásico, abierto, 60Hz, voltaje 480/277.	Q 122,800.00	Q 122,800.00
		TOTAL	Q 122,800.00

Emitir Orden de Compra y Cheque a nombre de:Nombre: **NESGA, S.A.**

Nit: 9230490-7

Dirección Fiscal: 7 Avenida 12-23 Zona 9, Edificio ETISA, Nivel 05 Oficina 5.1 Guatemala.

Forma de Pago: Contado.

Tiempo de la Garantía: 12 meses o 1000 horas lo que ocurra primero (se cubren desperfectos de fabricación no daños ocasionados por el uso inapropiado), para efectos de garantía, TECNIGROUP S.A. deberá realizar El arranque inicial el cual tiene costo adicional.

Tiempo de Entrega: Inmediata/ Salvo Previa Venta.

NOTA: No incluye transporte, ni instalación.

Eddy Moraga
División Generación y Proyectos
Cel. 3135-6589
emoraga@tecnigroupca.com

Guatemala, 9 de Octubre del 2017

Brenda Giron
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Presente.

Estimado(a) Señor(a) :

Reciba un cordial saludo de nuestra empresa, a continuación tenemos el agrado de presentarle la siguiente propuesta solicitada.




LA COTIZACIÓN INCLUYE

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
MARCA	CATERPILLAR
FAMILIA	ENGINE - GENERATOR SET
MODELO	DE88E0
CANTIDAD	1
EQUIPO	Nuevo

NOTA: LA FOTOGRAFÍA PUEDE MOSTRAR ACCESORIOS NO INCLUIDOS EN LA COTIZACIÓN

Planta Eléctrica **72 / 80 kw, en trabajo Principal / emergencia**, equipada con motor marca CATERPILLAR, modelo C4.4, diésel enfriado por agua, 4 cilindros en línea, 4.4 litros de desplazamiento, 1800 rpm, gobernador mecánica, turbo cargado.

Generador autoexcitado, **90/100 KVA, en trabajo Principal / Emergencia**, 120/208/277/480 voltios, 60Hz, factor de potencia de 0.8, aislamiento clase H, trifásico, alternador de 12 voltios, cables para batería, tablero de control digital, EMCP 4.1 montado sobre la estructura del grupo motor generador, equipado con arranque automático-manual, pulsador tipo hongo para paro de emergencia, interruptor magnético de 3 polos.

Indicaciones en el Panel de Control:

- Amperaje
- Voltaje
- Frecuencia

▶ **CIUDAD DE GUATEMALA.**
 Calzada Aguilar Batres 54-41,
 zona 12, Guatemala, C.A
 01012 PBX: 2328-9000,
 ventas@gentrac.com.gt

▶ **QUETZALTENANGO**
 9a calle 0-67 zona 7,
 Periférico Quetzaltenango
 Tels.: 7767-0712 y 7767-0713
 sucursal.xela@gentrac.com.gt

▶ **IZABAL.**
 Km. 244.3, Ave. Simón Bolívar
 Aldea La Ruidosa, Morales Izabal
 Tels: 3034-7778 / 3034-8938
 sucursal.morales@gentrac.com.gt

▶ **ZACAPA**
 Barrio El Paraíso, Km. 121
 Ruta al Atlántico Teculután, Zacapa
 Tels: (502)7934-7815
 sucursal.teculutan@gentrac.com.gt

WWW.GENTRAC.COM.GT / ÚNICO DISTRIBUIDOR CATERPILLAR EN GUATEMALA

PRIME-0002180-MDI
Página 2

GENTRAC **CAT**

UNA EMPRESA FERREYCORP

- Horometro
- Carga de Batería
- Presión de Aceite
- Temperatura de Motor

Paradas con luces de advertencia individual:

- Falla de Arranque
- Baja Presión de Aceite
- Alta Temperatura de Motor
- Sobre Velocidad

Equipada con silenciador industrial, cargador de batería tipo estático 5Amp. , 120 VAC y 12 Voltios VDC, base tipo tanque de 57.9 galones US de capacidad, líneas flexibles para combustible, bomba de transferencia de combustible.

CONDICIONES	
Lugar de entrega:	Bodegas Gentrac.
Garantía:	1 año sin límite de horas.
Forma de Pago:	Contado
Vigencia de la cotización:	30 días
Disponibilidad:	10 días

Precio de Lista	\$	20,700.00
Descuento	\$	800.00
Precio de Venta	\$	19,900.00
* Los valores mostrados ya incluyen IVA		

RESPALDO AL PRODUCTO

En Gentrac ofrecemos un respaldo completo en repuestos originales **Caterpillar** y servicios para todos los productos que vendemos.

► **CIUDAD DE GUATEMALA.**
Calzada Aguilar Batres 54-41,
zona 12, Guatemala, C.A
01012 PBX: 2328-9000,
ventas@gentrac.com.gt

► **QUETZALTENANGO**
9a calle 0-67 zona 7,
Periférico Quetzaltenango
Tels.: 7767-0712 y 7767-0713
sucursal.xela@gentrac.com.gt

► **IZABAL.**
Km. 244.3, Ave. Simón Bolívar
Aldea La Ruidosa, Morales Izabal
Tels: 3034-7778 / 3034-8938
sucursil.morales@gentrac.com.gt

► **ZACAPA**
Barrio El Paraíso, Km. 121
Ruta al Atlántico Teculután, Zacapa
Tels: (502)7934-7815
sucursal.teculutan@gentrac.com.gt

WWW.GENTRAC.COMGT / ÚNICO DISTRIBUIDOR CATERPILLAR EN GUATEMALA



MAQUINARIA TOPKE, S.A.

Vía 4, 5-52 Zona 4, Guatemala, 01004, C.A. - Apartado Postal 678 NIT: 66984-9
Tels. (502) 2277-5777 Fax. (502) 2277-5701 http://www.topke.com info@topke.com

COTIZACION

Cliente:	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA	Cotización:	35408
Dirección:	11 CALLE 15-79 ZONA 15, VISTA HERMOSA III	Fecha:	09/10/2017
Atención:		NIT:	0001751758-3
		Referencia	

Agradecemos su interés por nuestros productos, a continuación nos permitimos cotizarle lo siguiente:

#	Código	Descripción	Cantidad	Precio Qtz.	Importe Qtz.
1	IN-AII0075622T	PLANTA ELECTRICA INMESOL MODELO AI-075, MONOFASICA ABIERTA	1.00	95,000.00000	95,000.00
	AII0075622T3110250M	Grupo electrógeno abierto modelo AI-075, Gama Industrial. Motor Iveco/FPT Diesel N45SM1A y alternador MeccAlte ECP32-2M4B. Potencia 66kVA PRP-72kVA LPT, 60HZ trifásico 220/127V, DSE 3110, interruptor magnetotérmico de 250A 3 polos y protección diferencial. OPCIÓN RECONEXION DE VOLTAJE / DE 220/127V 60HZ, OPCIÓN DE CAMBIO CENTRAL DE CONTROL DSE 3110 A DSE 6020 MKII CUADRO DIGITAL.			
2	IN-II075	GRUPO ELECTRÓGENO INMESOL MODELO II-075, 60HZ, 1800RPM, VOLTAJE 127/220V CON CABINA	1.00	115,000.00000	115,000.00
		GRUPO ELECTRÓGENO INSONORIZADO INMESOL MODELO II-075, GAMA EMERGENCIA 60HZ, 1800RPM, VOLTAJE 127/220V, TRIFÁSICO (68kVA PRP/75kVA LPT) PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA CENTRAL DE CONTROL DSE 6020 ,KII, MOTOR IVECO MOD. N45SM1A, COMBUSTION DIESEL, REFRIGERACIÓN LÍQUIDA, ALTERNADOR AISLAMIENTO H. GRADO DE PROTECCIÓN IP21			
3	IN-IV-110	PLANTA ELECTRICA INMESOL IV-110, 97KW, TAD531GE, C/CABINA, 120/240V, 60HZ, 2 FASES, 3 POLOS	1.00	155,000.00000	155,000.00
		GRUPO ELECTRÓGENO INSONORIZADO INMESOL, MODELO IV110, GAMA EMERGENCIA 60HZ, 1800RPM, VOLTAJE 127/220V, TRIFÁSICO, MOTOR VOLVO MOD. TAD 531 GE, ALTERNADOR AISLAMIENTO H., GRADO PROTECCIÓN IP21, CENTRAL CONTROL DSE 6020 MKII			

Observaciones: Validez de oferta 15 días, salvo previa venta. PLANTAS INMESOL ENTREGA INMEDIATA	Subtotal	Qtz.	365,000.00
	Descuento	%	Qtz. 0.00
	Total	Qtz.	365,000.00

Terminos de Negociación: IVA INCLUIDO Vencimiento de la oferta 09/11/2017	Especialista: Especialista: MAQ - Boris Giovanni de Leon email: bdeleon@topke.com Celular: 56517841	Elaboración de Orden de Compra: A Nombre de: Maquinaria Topke, S.A. Dirección: Vía 4, 5-52 Zona 4 NIT: 66984-9
_____ Especialista	_____ Gerente Centro Productivo	_____ Aceptado Cliente



Señores
UVG
Ciudad

Guatemala, 6 de Octubre del 2,017
Ref.: Cotización Generador Emergencia 75 KW Monofásico
Atención: Srita. Brenda Girón

Estimada Brenda...buen día!

A continuación nos permitimos enviar la propuesta económica del suministro del Generador de Emergencia 75 KW Monofásico solicitado y los servicios asociados a la marca, equipo ensamblado por una empresa líder mundial fabricante de generadores de voltaje con motores de combustión interna.

Justifique la adquisición - ¿Por qué comprar a ODISA?

El generador de voltaje es una inversión a largo plazo que deberá cumplir con las expectativas de duración superior a 25 años de trabajo...

*El generador ofrecido indica por medio de sus accesorios la temperatura del motor, lo cual es un dato importante para la integridad del equipo

*Se tiene la opción de poder revisar la presión interna de aceite en el motor; la cual es un índice del régimen de trabajo en el que se encuentra el generador, al indicar presión positiva o negativa en el sistema de lubricación.

*El equipo cuenta con un sistema de seguridad que evitará la aceleración excesiva del generador al estar trabajando en alta demanda de energía, entregando 75 KW continuos.

*La válvula de llenado de combustible permite obtener muestras para futuros controles de mantenimiento preventivo

*El generador tiene un visor indicador del nivel de combustible, lo cual asegura que el personal de mantenimiento pueda comprobar la continuidad en la operación del motor media vez tenga suficiente diésel en el tanque.

*Se cuenta con un acceso directo al tanque de diésel incorporado a través de una copla con su respectivo tapón...lo cual permite verter combustible si fuera necesario llenar el depósito en el generador.

*Los generadores tienen protección incorporada opcional en el lado de generación; que protegerán toda la estructura de las bobinas y del núcleo al momento de un corto circuito externo o una falla catastrófica interna.

12 Calle 2-04 Zona 9 Plaza del Sol Of. 225 · Guatemala, Ciudad 01009
Tels.: 2332-2271 · 2334-5164 · 2339-4152 · 2334-5165 Fax: (502) 2332-2271
E-mail: contacto@odisagt.com · www.odisagt.com



- Transformadores Secos Y Pad Mount
- Calidad de Energía
- Instalaciones Eléctricas
- Controles Eléctricos
- Diseño de Sistemas de Control
- Tierra Física Certificadas
- Montaje de Subestaciones Eléctricas
- Transferencias Automáticas De Energía Eléctrica
- Tableros de capacitores para Corregir factor de potencia
- Monitores Ambientales
- Monitores Digitales para Redes
- Mano de obra Calificada
- Supervisión

ODISA

INGENIERIA
ELECTROMECHANICA

2/5

*Al ser ensamblado según normas de los Estados Unidos de América, se efectúan pruebas eléctricas y mecánicas, las cuales garantizan que el generador y motor, cumplen los parámetros básicos según las normas de trabajo.

*El generador cumple con normas ANSI y NEMA, básicas para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente.

*La parte frontal del generador tiene su radiador e incluye un silenciador a nivel industrial, batería, cargador de batería, aceite y filtro de aceite.

*Existe un separador de agua en el filtro de combustible instalado en la maquinaria; lo cual asegura la calidad del diésel que ingresa al motor

*Se traen las conexiones eléctricas de las tres fases, neutro y tierra física en forma individual y aislada dentro del generador eléctrico.

*¿Conozco el costo por hora de tener la fábrica detenida por daños o defectos en la red eléctrica? Al adquirir el generador se garantizan un equipo de primera calidad.

*¿Cuánto tiempo nos llevaría resolver una falla en el suministro normal y emergencia? y a qué costo?

Resumen Técnico del Generador

Equipo: Generador Eléctrico de Emergencia

Tipo: Industrial motor-Generador

Marca: AKSA, motor Cummins

Fabricación: Hecho con normas de los Estados Unidos de América

Normas: ANSI y NEMA

Calidad: Nuevo ensamblado en Europa

Controlador: Seagate

Potencia: 75 KW standby

Voltaje Primario: 277/480 VAC

Conexión Primaria: estrella

Voltaje Secundario: 120/240 VAC monofásico

Generador Eléctrico: Marathon o similar

Protección lado Primario: Afirmativo

Tanque combustible incorporado: Afirmativo

Silenciador: Afirmativo

Batería y cargador de batería: Afirmativo

Eficiencia: Normal

Accesorios: Indicador de presión aceite, indicador de temperatura, controlador digital de carga, alarmas normales de sobre velocidad, paro emergencia, baja presión aceite, alta temperatura, velocidad 1800 RPM del motor diésel, etc.



- Transformadores Secos Y Pad Mount
- Calidad de Energía
- Instalaciones Eléctricas
- Controles Eléctricos
- Diseño de Sistemas de Control
- Tierra Física Certificadas
- Montaje de Subestaciones Eléctricas
- Transferencias Automáticas De Energía Eléctrica
- Tableros de capacitores para Corregir factor de potencia
- Monitores Ambientales
- Monitores Digitales para Redes
- Mano de obra Calificada
- Supervisión

12 Calle 2-04 Zona 9 Plaza del Sol Of. 225 · Guatemala, Ciudad 01009
Tels.: 2332-2271 · 2334-5164 · 2339-4152 · 2334-5165 Fax: (502) 2332-2271
E-mail: contacto@odisagt.com · www.odisagt.com

Tanque de combustible incorporado a la estructura.
Medidas: 2.15 mts largo 1.0 mt ancho 1.45 mt alto
Peso: 2,800 libras Aprox



Imagen con fin ilustrativo



- Transformadores Secos Y Pad Mount
- Calidad de Energía
- Instalaciones Eléctricas
- Controles Eléctricos
- Diseño de Sistemas de Control
- Tierra Física Certificadas
- Montaje de Subestaciones Eléctricas
- Transferencias Automáticas De Energía Eléctrica
- Tableros de capacitores para Corregir factor de potencia
- Monitores Ambientales
- Monitores Digitales para Redes
- Mano de obra Calificada
- Supervisión

Resumen Financiero del Generador de Voltaje

Tiempo de entrega de 4 semanas por estar en tránsito de aduana

El precio del generador incluyendo el IVA es de US\$15,050.00

El pago es crédito con 3 cuotas

La entrega es en nuestra bodega ubicada en la zona 12

La unidad con cabina insonorizada tiene un costo de US\$17,325.00

Servicios Opcionales

Se sugiere implementar con su empresa el "Círculo Virtuoso del Exito" que lo conforman una serie de servicios de valor agregado que ODISA ofrece en forma opcional como trabajos complementarios, orientadas a facilitar los trabajos:

- *Transporte del equipo al sitio de instalación
- *Montaje físico del transformador,
- *Resolver temas técnicos
- *Efectuar los ajustes para la conexión del equipo a la red
- *Implementar tierra física

Soporte Local

Es sumamente importante contar con un nivel adecuado de soporte local por parte de ODISA que le permita a su empresa solucionar rápidamente las inquietudes que se presenten al personal técnico y administrativo, para lo cual le ofrecemos los siguientes esquemas de soporte:

Soporte Virtual:

Ofrecemos el servicio de asistencia virtual de un ingeniero o técnico electricista para la solución de dudas a través de teléfono o vía skype o similar.

12 Calle 2-04 Zona 9 Plaza del Sol Of. 225 · Guatemala, Ciudad 01009
Tels.: 2332-2271 · 2334-5164 · 2339-4152 · 2334-5165 Fax: (502) 2332-2271
E-mail: contacto@odisagt.com · www.odisagt.com

Soporte Presencial:

Si la actividad de soporte por su naturaleza o extensión de tiempo necesario requiere la visita presencial, lo podemos efectuar programando la fecha para que se presente un Ingeniero Electricista.

Capacitación

Para el uso eficiente y el movimiento del generador es necesario contar con la adecuada base de conocimiento por parte del personal técnico responsable...a fin de obtener el máximo de seguridad en la operación del equipo.

Al momento de tener definido el grupo de trabajo, con gusto podemos trabajar una posible solución en planos del montaje, y la transferencia de tecnología al encargado.

Referencias Locales

A continuación enunciamos algunas de las organizaciones que han confiado en nuestros servicios profesionales, compra de transformadores de voltaje, diseño de tableros y tierras físicas y demás trámites para el montaje de sistemas industriales de electricidad:

- *Almacenadora Integrada S.A. (Banco Industrial) 33 calle zona 12
- *Almacenadora Integrada S.A. (Banco Industrial) 42 calle zona 12
- *Universidad Rafael Landívar, Zona 16, Edificio Central
- *Universidad Rafael Landívar, Zona 16, Edificio TEC
- *Universidad Rafael Landívar, Zona 16, Edificio M
- *Universidad Rafael Landívar, Zona 16, Edificio O
- *Universidad Rafael Landívar, Zona 16, Edificio H
- *Universidad Rafael Landívar, Zona 16, Edificio P
- *Universidad Rafael Landívar, Zona 16, Edificio IARNA
- *Universidad Rafael Landívar, Sucursal Quiché
- *Universidad Rafael Landívar, Sucursal Zacapa
- *Alsera, Zona 17, Carretera al Atlántico
- *Cealsa, Zona 6, Ciudad Guatemala
- *Planesa, Parramos, Chimaltenango
- *Special Fruits and Vegetables, San José Poaquil, Tecpán
- *High Lands Products, Chimaltenango
- *Legumex, Chimaltenango
- *Siesa, Parramos, Chimaltenango
- *Finca Esteromar, Iztapa, Escuintla
- *Finca Tecojate, Tecojate, Escuintla
- *Unispice, Carretera a El Salvador, Guatemala
- *Delicia, Carretera a El Salvador, Guatemala
- *Finca Camarsa, Champerico, Retalhuleu
- *Finca Chapan, Champerico, Retalhuleu



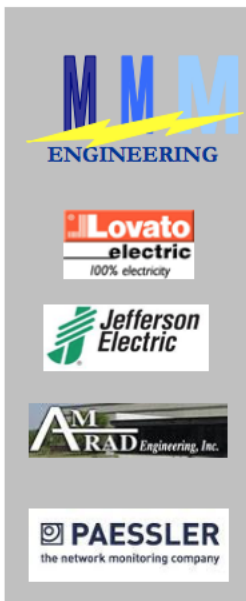
- Transformadores Secos Y Pad Mount
- Calidad de Energía
- Instalaciones Eléctricas
- Controles Eléctricos
- Diseño de Sistemas de Control
- Tierra Física Certificadas
- Montaje de Subestaciones Eléctricas
- Transferencias Automáticas De Energía Eléctrica
- Tableros de capacitores para Corregir factor de potencia
- Monitores Ambientales
- Monitores Digitales para Redes
- Mano de obra Calificada
- Supervisión

12 Calle 2-04 Zona 9 Plaza del Sol Of. 225 · Guatemala, Ciudad 01009
Tels.: 2332-2271 · 2334-5164 · 2339-4152 · 2334-5165 Fax: (502) 2332-2271
E-mail: contacto@odisagt.com · www.odisagt.com

ODISA

INGENIERIA
ELECTROMECHANICA

5/5



*Finca Sevilla, Puerto San José, Escuintla
 *Antigua Processors, Río Bravo, Suchitepequez
 *Edificio Sixtino, Zona 10, Ciudad de Guatemala
 *Edificio Attica, Zona 14, Ciudad de Guatemala
 *INTECAP, zona 5, Ciudad de Guatemala
 *Banco de los Trabajadores, Agencia Nebaj, Quiche
 *Procesadora Tarjetas de Crédito, Zona 10, Ciudad Guatemala
 *Easy Marketing, Zona 12, Ciudad de Guatemala
 *Procesos del Pacífico S.A., Santa Lucía Cotz, Escuintla
 *Edificio Vistalago, Zona 13, Ciudad de Guatemala
 *Edificio Villalbosque, Zona 14, Ciudad de Guatemala
 *Beneficio de Café PALINSA, Palín, Escuintla
 *Planta de Proceso de Leche TREBOLAC, Escuintla
 *Energías Renovables S.A., Retalhuleu
 *IRTRA, Retalhuleu
 *Cobigua, Puerto San José, Escuintla

Quedo gustosamente a las órdenes para cualquier aclaración sobre el particular

Atentamente

Mario Echeverría
 Ingeniero Electricista
 ODISA

Acerca de ODISA

ODISA es una empresa guatemalteca de Ingenieros Electricistas con más de 20 años de trabajar en el medio, ofreciendo los servicios de diseño, construcción, montaje, importación y puesta en marcha de equipos eléctricos Industriales de alta tecnología...ofreciendo la suficiente solidez y conocimiento profesional que garantizan la continuidad del servicio de su Generador de Emergencia y Subestación.

- Transformadores Secos Y Pad Mount
- Calidad de Energía
- Instalaciones Eléctricas
- Controles Eléctricos
- Diseño de Sistemas de Control
- Tierra Física Certificadas
- Montaje de Subestaciones Eléctricas
- Transferencias Automáticas De Energía Eléctrica
- Tableros de capacitores para Corregir factor de potencia
- Monitores Ambientales
- Monitores Digitales para Redes
- Mano de obra Calificada
- Supervisión

12 Calle 2-04 Zona 9 Plaza del Sol Of. 225 · Guatemala, Ciudad 01009
 Tels.: 2332-2271 · 2334-5164 · 2339-4152 · 2334-5165 Fax: (502) 2332-2271
 E-mail: contacto@odisagt.com · www.odisagt.com



Guatemala,
9 de Octubre de 2017

ERWIN MARROQUIN
CELULAR 4152-7373
Correo ninar.m10@gmail.com

Atentamente ofrecemos planta eléctrica de emergencia de acuerdo a su solicitud
01 Planta eléctrica marca **FG WILSON MODELO P-150-5 de 88 KW en emergencias (Stand By) 220 voltios, monofásica, 60 HZ.**, sin **cabina de atenuación de sonido**, accionada por motor diesel marca **PERKINS**, enfriado por agua, acoplado a un generador **MARELLI**, todo el conjunto motor generador montado sobre base estructural de acero, con las siguientes especificaciones:

MOTOR:

-PERKINS 1106A-70TG1

- Combustible diesel
- 6 cilindros en línea
- Inyección Electrónica
- Aspiración Turbo cargado.
- Con filtros de aceite, diesel y aire
- Radiador tropicalizado para temperaturas tropicales
- Con ventilador tipo empuje
- Rejilla de protección para partes movibles
- Con alternador para carga de la batería

GENERADOR:

MARELLI MJB 225 LA4

- Sin escobillas
- Con regulador de voltaje automático electrónico
- Aislamiento clase H
- Devanados impregnados con barnices resistente al Ácido, aceite y condensación
- Estator de 12 puntas reconectable



PANEL DE CONTROL DIGITAL:

CON MEDICIONES DE:

- Voltaje, Amperaje y Frecuencia, AC de generador y red comercial.
- KW y KVA.
- Voltaje DC.
- Horometro
- Presión de Aceite
- Temperatura de Refrigerante

PROTECCIONES

- Baja presión de Aceite
- Alta Temperatura.
- Bajo Nivel de refrigerante
- Alto y Bajo Voltaje AC de Generador y Red comercial

ACCESORIOS QUE INCLUYE:

- Batería, base y cables.
- **Breaker** de protección instalado en la planta
- Silenciador residencial y flexible
- Cargador de Baterías
- Tanque Diesel integrado en la base de la planta
- Manuales de operación, partes y mantenimiento

PRECIO PLANTA FG WILSON P-150-5 88 KW MONOFASICA 220 VOLTIOS 60HZ SIN CABINA	USD 22,000.00
CABINA DE INSONORIZACION	USD 6,995.00
TRANSFERENCIA AUTOMATICA DE 400 AMPS MONOFASICA	USD 3,000.00


Los precios ya incluyen IVA. No incluyen instalación la cual podemos cotizar sin costo previa visita de nuestro técnico al lugar

Tiempo de entrega:	La planta sin cabina - Inmediata, salvo venta previa Con cabina 2 a 3 semanas
Garantía:	2 años ó 1000 horas, lo que ocurra primero
Forma de pago:	Contado. Financiamiento disponible
Validez de oferta:	15 días.

Atentamente,

Harold Wolley
Celular 4563-4310
Oficina 2328-8888 Ext. 1425

B. Cotizaciones de reactivos para caracterización de biodiésel



QUIMIPROVA
Químicos y Productos Varios
6ª. Av. 22-47 zona 12 La Reformita
TEL. 2226-4300

Desde 1986

Guatemala 20 septiembre de 2017

Tengo el agrado de cotizar los siguientes productos:

COTIZACION

PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<i>Hidróxido de Sodio</i>	<i>1 lbs.</i>	<i>Q.7.00</i>	<i>Q.7.00</i>
<i>Acido Sulfúrico</i>	<i>Garrafa de 35 kg</i>	<i>Q.210.00</i>	<i>Q.210.00</i>
<i>Metanol</i>	<i>1 Galón</i>	<i>Q.35.00</i>	<i>Q.35.00</i>

NOTA:

ANTES DE HACER SU PEDIDO SIEMPRE VERIFICAR EXISTENCIA Y SI AUN SEGUIMOS TRABAJANDO CON DICHSO PRECIOS.....

QUIMIPROVA
QUIMICOS Y PRODUCTOS VARIOS



Droguería y Representaciones

8ª calle 9-60 zona 1

Tels: 2251 3012 y 2251 3013

Tel/Fax: 2251 9924

Guatemala, C.A.

drogueria.solmer@gmail.com

Nit. 293791-3

Cotización

2017-01

Patente de Comercio 132845-171-106

Guatemala, 20 de septiembre del 2017

Cliente: Angeles Cifuentes

Nit. -----

Dirección: Ciudad

No.	Cant.	Descripción	Disponibilidad	Código	Marca	Precio Unitario (Q)	Precio Total (Q)
1	2	Sodio Hidroxido en Lentejas. P.a. 1kg	Disponible	1064981000	Merck	Q 230.00	Q 460.00
2	1	Metanol for analysis EMSURE® ACS,ISO,Reag. Ph Eur. CAS 67-56-1, chemical formula CH ₃ OH, molar mass 32.04 g/mol 1 Litro	Disponible	1060091000	Merck	Q 264.00	Q 264.00
3	1	Acido Sulfurico 95-97% p.a. 2.5 Litros	Disponible	1007312500	Merck	Q 245.00	Q 245.00
Total en Numeros:							Q 969.00

Ver columna de Disponibilidad / Entrega de 2-3 Dias Hábiles

MONTO MINIMO DE ENVIO Q,700.00

Alma Andrea Lemus
Departamento de Ventas

SOLMER
Droguería y Representaciones
8ª Calle 9-60, Zona 1, Ciudad de Guatemala, Guatemala
Tel: 2251-3012 Fax: 2251-9924
drogueria@solmer.com

C. Cotización de aceite lubricante para el motor

Se realizó una cotización vía telefónica a NOVEX, Guatemala. Para solicitar el precio del galón de aceite lubricante marca Castrol, de tipo 15 w-40 API CI-4. El precio del galón fue de Q185.00, para mayor detalle visitar la página oficial (www.novex.com.gt). Con PBX: (502) 2379-5200



NOVEX (502) 2379-5200 Buscar ahora OFERTAS

¡Más que una ferretería!

Renovando a Novex. Inicia sesión Registrarse 0 Item(s) Q0.00

Comprar por Departamento

Buscar por sku, palabra clave, marca

Buscar

Inicio > Automotriz > Lubricación > Aceites para motor

Aceite para motor crb turbo 15w-40 galón

Q185.00 GAL

Cantidad:

- 2 +

AGREGAR AL CARRITO

Nota: imagen con fines ilustrativos para este proyecto. Para mayor información, visitar la página oficial de NOVEX.

Metodología para pruebas básicas de biodiesel

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 - i. En un vial, colocar 27ml de metanol
 - ii. A esos 27ml de metanol agregar 3ml del combustible a analizar
 - iii. Agitar vial
 1. Reacción completa: se puede observar que el combustible se ha disuelto completamente en el metanol
 2. Reacción incompleta: se puede observar que el combustible no se ha disuelto en el metanol; se puede ver un poco opaco (brumoso)
 - iv. Después de 5 minutos se puede volver a observar la muestra para comprobar que siga sin disolverse o que siga totalmente claro (disuelto)

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO 3.27-1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	02	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba del número ácido

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de número ácido, con motivo de verificar la calidad del biodiesel.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:

1. En un beaker de 250ml colocar una muestra, pesada, y colocar los siguientes datos en una tabla:

Prueba número ácido		
Número ácido	Tamaño de la muestra (g)	Sensibilidad del peso (g)

2. Añadir 125 ml del solvente de titulación
 3. Preparar los electrodos
 - a. Limpiar ambos electrodos (vidrio y calomel)
 - b. Humedecer con un poco de electrolito
 - c. Lavar el electrodo con agua
 - d. Previo a cada titulación, colocar los electrodos en agua por al menos 5 minutos
 - e. Remover el exceso de agua
 4. Colocar el beaker con la muestra en una posición en la que los electrodos puedan estar sumergidos casi a la mitad.
 5. Iniciar agitación
 6. Seleccionar una bureta apropiada y llenarla con la solución 0.1N de KOH
 - a. Colocar la bureta en posición para titular
 - b. Tener cuidado que la punta de la bureta quede inmersa a unos 25mm en el líquido.
 - c. Tomar las lecturas iniciales de la bureta y del potenciómetro
 7. Titular
 8. Lavar bien los electrodos y la punta de la bureta con solvente de titulación
 - a. Lavar nuevamente con alcohol isopropilico
 - b. Lavar con agua de grado reactivo
 - c. Dejar los electrodos en agua por al menos 5 minutos antes de volver a utilizarlos
 9. Para cada set de muestras, hacer un blanco de 125ml de solvente de titulación
 - a. Agregar solución 0.1N de KOH en aumento de 0.05ml
 - i. Esperar a tener un potencial de celda constante
 - ii. Anotar lectura de bureta y potenciómetro (para cada aumento)
 - b. Agregar solución 0.1N de HCl en aumentos de 0.05ml y operar igual que con la solución de KOH
 - i. Número ácido (mg KOH/g)= $A \times N \times 56.1/W$
 1. A= cantidad de KOH (ml)
 2. N= normalidad de KOH
 3. W= peso de biodiesel
- Las soluciones utilizadas en el procedimiento son las siguientes:
 - SOLVENTE DE TITULACIÓN
 1. 500ml de tolueno

2. 5ml de agua
 3. 495ml de alcohol isopropilico anhidro
- SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE POTASIO (0.1N)
 1. 6g de hidróxido de potasio (KOH) en aproximadamente 1L de alcohol isopropílico anhidro
 - SOLUCIÓN DE ÁCIDO CLORHÍDRICO
 1. Mezclar 9ml de ácido clorhídrico (HCl) con 1L de alcohol isopropílico anhidro

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO ACID -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	03	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de viscosidad

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de viscosidad, con motivo de verificar la calidad del biodiesel.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 - Para líquidos transparentes:
 1. Llenar el viscosímetro de la forma que lo indica el manual del mismo. (Esto se debe hacer una vez calibrado el instrumento).
 1. Si la muestra contiene partículas sólidas, se debe filtrar antes de llenar el viscosímetro.

*Con productos que muestran un comportamiento gelatinosa, se debe tener cuidado de que la medición se realice a altas temperaturas, para que el material fluya libremente.

*Al utilizar un baño para colocar varios viscosímetros, se debe tener en cuenta que no se debe meter, ni sacar un viscosímetro, mientras se están realizando estudios en otro, dentro del baño.

*Cuando el diseño del viscosímetro lo requiere, se debe ajustar el volumen de la muestra a la marca.

1. Usar:

1.1 Succión: si la muestra contiene constituyentes no volátiles

1.2 Presión: para ajustar el nivel de la muestra a una posición en el brazo capilar del instrumento, aproximadamente 5mm por encima de la primera marca de distribución.

1.3 Dejando fluir la muestra libremente, medir en segundos el tiempo requerido para que el menisco pasa de la primera marca a la segunda.

*Si el tiempo de flujo es menor al mínimo especificado, se debe seleccionar un viscosímetro con un capilar de menor diámetro y se debe repetir la operación.

2. Repetir nuevamente el proceso 2, para realizar una segunda medida del tiempo de flujo.

* Si con dos mediciones están dentro del 0.2%; usar el promedio para calcular la viscosidad y reportarla.

3. Si las medidas no están de acuerdo, repetir el procedimiento; después de limpiar y secar el viscosímetro y filtrar la muestra.

o Para líquidos opacos:

1. Calentar en el contenedor original, en un horno a $60 \pm 2^\circ\text{C}$ por una hora.

a. Agitar la muestra con una varilla de longitud suficiente para alcanzar el fondo del recipiente.

2. Continuar agitando hasta que ya no haya lodo o cera adherido a la varilla.

a. Tapar el recipiente y agitar durante 1 minuto para completar el mezclado.

3. Llenar 2 viscosímetros, de la manera que el manual del instrumento lo indique.

4. Los viscosímetros que se llenan antes de insertarlos o sumergirlos en el baño, pueden necesitar que se precalienten en un horno antes de introducir la muestra; para asegurar que la muestra no se enfríe por debajo de la temperatura de muestreo.

5. Después de 10 minutos, ajustar el volumen de la muestra para que coincida con la marca de llenado en el viscosímetro.

*Al utilizar un baño para colocar varios viscosímetros, se debe tener en cuenta que no se debe meter ni sacar un viscosímetro, mientras se realizan pruebas en otro, dentro del mismo baño.

6. Dejar fluir la muestra libremente, tomar el tiempo (s), con precisión de 0.2s, en que el anillo de contacto pase de la primera a la segunda marca.
7. Calcular la viscosidad media v , en centistokes (m^2/s), de las dos corridas
 - *Para aceites combustibles, las dos corridas deben no diferir en más de 1.7% de v a 50°C y 1.1% de $(v+8)$ a 80 y 100°C
 - **Si las dos corridas exceden estos límites se debe repetir el procedimiento
8. Para otros fluidos opacos, que podrían no ser Newtonianos, la precisión no esta determinada.
9. Reportar el promedio de las dos corridas como la viscosidad del fluido.

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO VISC -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	04	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba para agua y sedimentación

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de agua y sedimentación, con motivo de verificar la calidad del biodiesel.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 1. Control de temperatura
 - 1.1 Dejar que el frasco de muestra y su contenido lleguen a un equilibrio de temperatura entre 70-90°F (21-32°C)

- 1.2 Se debe mantener la temperatura del combustible dentro de los límites ya propuestos, durante toda la prueba.
2. Llenar el tubo de centrifugación hasta la marca de 100ml, con una muestra tomada directo del frasco de muestra.
3. Colocar el tubo en un orificio opuesto a otro que también contenga un tubo lleno, para establecer una condición de equilibrio
- 3.1 Hacer girar durante 10 minutos a la velocidad calculada por la ecuación:

$$\text{rpm} = 265 * \sqrt{\frac{\text{rcf}}{\text{d}}}$$

Donde:

rcf= fuerza de centrifugación relativa

d= diámetro (in), entre los tubos opuestos en su posición de rotación.

- 3.2 Velocidad suficiente para producir una fuerza de centrifugación relativa entre 500-800

1.1.1 Para obtener la relación entre los cambios de diámetro, rcf y rpm consultar la tabla 1 de la guía

2. Registrar la cantidad de agua combinada con sedimento, al fondo del tubo, con una precisión de 0.005ml

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO AGUA -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	05	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de pH

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de pH, con motivo de verificar la calidad del biodiesel.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 - Calibración:
 1. Presionar la tecla "mode" y soltar hasta que la pantalla digital indique el modo de pH. Esta tecla cambia entre los modos de pH, mV y mV Rel.
 2. Presione el botón "setup" dos veces y después presione "enter", para eliminar una estandarización ya existente.
 3. Sumergir los electrodos dentro del buffer del grupo seleccionado
 - 3.1 Agitar moderadamente
 4. Presionar "std" para acceder al modo de estandarización
 - 4.1 El grupo de buffer seleccionado aparece brevemente
 - 2.1.1 Para seleccionar el tipo de buffer a utilizar, presione la tecla "setup", para acceder al menú de estandarización de pH, luego debe presionar nuevamente la tecla "setup" para desplegar el icono de "clear buffer" junto con los buffers introducidos previamente.
 - 2.1.2 Presionar la tecla "enter" para eliminar los buffers existentes.
 - 2.1.3 Presionar la tecla "enter" para confirmar la selección, o la tecla "mode" para salir de la selección, o la tecla "setup" para acceder a otras opciones de setup
 - 2.1.4 Para seleccionar el grupo de pH buffer, se debe acceder desde la pantalla de mediciones de pH, presionando el botón "setup" y se desplegará la pantalla de "buffer select".
 - 2.1.5 Presionar "enter" para aceptar el grupo y regresar a la pantalla de mediciones o presionar "setup" hasta que aparezca el grupo de buffers que se desea.
 - 3. Esperar para que se establezca la lectura.
 - 4. Presionar "std" nuevamente para iniciar la estandarización
 - 4.1 El potenciómetro regresa de una vez a la pantalla de medición
 - 4.2 Presionar "mode" mientras está en el modo de normalización, para volver a las mediciones, sin aceptar la calibración.

5. Repetir los pasos 3-6 con un segundo buffer y subsecuentes.

*Es bueno estandarizar el potenciómetro usando al menos 2 buffers

**Cuando el potenciómetro acepta el segundo buffer, se despliega el porcentaje de pendiente asociado al rendimiento del electrodo.

**90-102%: aparece el mensaje "Goodelectrode" y regresa a la pantalla de medición.

**No en el rango: mensaje "Electrodeerror" y no regresa a la pantalla de medición. Para regresar a la pantalla de medición se debe presionar "enter"

o Procedimiento:

1. Introducir el electrodo (junto con la sonda de temperatura, si está disponible) en la solución muestra.

1.1 Agitar moderadamente

1.1.1 Asegurarse que el potenciómetro está en modo de medición

2. Cuando el potenciómetro sienta que la lectura se ha estabilizado, el icono de estable ("stable") aparecerá debajo de la lectura.

*La agitación con un agitador magnético proporciona una respuesta más rápida del electrodo.

3. Reportar la lectura del potenciómetro.

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO pH -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PA	05	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de densidad

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba densidad, con motivo de verificar la calidad del aceite.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de aceite.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 1. Pesarse el picnómetro limpio y seco
 2. Llenar con agua destilada y volver a pesarse (obtener la masa de agua contenida en el picnómetro)
 3. Vaciar y llenar con el líquido problema (lavar una vez o dos con el líquido problema, antes de colocar la muestra)
 4. Pesarse nuevamente (obtener masa del líquido problema)
 5. Se calcula el volumen del picnómetro:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Donde:

m= masa de agua

ρ = densidad del agua

5. Se puede obtener la densidad del líquido con:

$$\rho_l = \frac{w_p}{V}$$

Donde:

w_p = peso del líquido problema

V= volumen del picnómetro

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO DENS -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

D. Cotización de agua y servicio de electricidad

Para esto se consultaron los precios en la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. (EEGSA), con los datos de cobro específicos para zona 16, que es donde se encuentra ubicado el complejo comercial, y en la Empresa Municipal de Pago de Agua en Guatemala (EMPAGUA).

1) Costo agua

Cuadro 255: Costo del agua por consumo mensual en zona 16 de la Ciudad de Guatemala

Consumo (m ³)	Costo (Q/m ³)
0 – 20	2.16
21 – 40	3.39
41 – 60	4.31
61 – 120	8.63
Tarifa fija	27.19

Nota: estos datos también sirvieron para determinar el costo de utilizar los galones requeridos de agua para el sistema de enfriamiento del generador, pero se incluyen en la sección de Utilidades.

2) Costo electricidad

Cuadro 256: Costo de la electricidad por consumo mensual en zona 16 de la Ciudad de Guatemala

Consumo (Kwh)	Costo (Q/Kwh)
0 – 60	0.5
61 – 81	0.75
89 – 100	1.89
101 – 300	1.89
301 – 400	1.89
Tarifa fija	10.27

1. Datos originales

Cuadro 257: Especificaciones técnicas de los equipos del complejo comercial

No. De vehículos	5	8	2	1	1	6
Tipo	T3 Motion	Segway	Carro eléctrico de ventas	Tomberline 4x4	Carro golf mini	WALLYYS
Tiempo de carga (h/día)	5	3	5	5	5	6
No. Baterías	2	2	6	2	6	N/A
Voltaje individual (V)	48	140	8	6	8	12
Horas de funcionamiento	5	4	5	4	6	7
Amperaje individual	350	2	200	37	37	11
Tipo de conexión (V)	110	110	110	110 a 240	110	220

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 258: Caracterización de biodiésel

Análisis	No.	Lote			Promedio
		1	2	3	
Densidad (kg/m ³)	1	876.676 8 ± 0.005 3	916.139 7 ± 0.005 4	896.415 1 ± 0.005 3	897.07 ± 0.053
	2	876.903 7 ± 0.005 3	917.872 1 ± 0.005 4	897.336 4 ± 0.005 4	
	3	877.466 4 ± 0.005 3	917.418 9 ± 0.005 4	897.465 9 ± 0.005 3	
Viscosidad cinemática (cSt)	1	4.9774 ± 0.002 9	4.3074 ± 0.002 9	4.6424 ± 0.002 9	4.1798 ± 0.029
	2	4.8817 ± 0.002 9	2.8716 ± 0.002 9	3.8767 ± 0.002 9	
	3	4.7860 ± 0.002 9	3.2545 ± 0.002 9	4.0202 ± 0.002 9	
pH	1	7.170 ± 0.005	8.300 ± 0.005	7.735 ± 0.005	7.553 ± 0.005
	2	7.150 ± 0.005	7.220 ± 0.005	7.185 ± 0.005	
	3	7.650 ± 0.005	7.830 ± 0.005	7.740 ± 0.005	
Número ácido (mg KOH/gm)	1	0.03 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.04 ± 0.01
	2	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	
	3	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	

Análisis	No.	Lote			Promedio
		1	2	3	
Agua y Sedimentación	1	No hay sólidos	No hay sólidos	No hay sólidos	No hay sólidos suspendidos
	2	No hay sólidos	No hay sólidos	No hay sólidos	
	3	No hay sólidos	No hay sólidos	No hay sólidos	
Prueba 3/27	1	Sí reaccionó	Sí reaccionó	Sí reaccionó	Sí se llevó a cabo la reacción
	2	Sí reaccionó	Sí reaccionó	Sí reaccionó	
	3	Sí reaccionó	Sí reaccionó	Sí reaccionó	

Todos los análisis efectuados al aceite usado proveniente del complejo comercial, se realizaron a la temperatura dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, la cual fue de 28 °C. Fuente: elaboración propia.

2. Datos calculados

Cuadro 259: Especificaciones técnicas del árbol de Navidad

No. Equipo	1
Tipo	árbol navideño
Número de rollos	6
Número de focos	1000
Potencia de cada bombilla (W)	7
Altura del árbol (m)	17
Número de horas encendido	7
Número de días encendido	60
Potencia para árbol (kW)	42
Requerimiento energético (kWh)	17,640.00
Potencia para árbol con porcentaje de seguridad (kW)	50.40
Potencia para conectar todos los equipos y el árbol de Navidad (kW)	72.00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 260: Matriz de selección de parámetros de mayor importancia para la elección de motor

No.	1	2
Proveedor	Provisión de equipos y Servicios. S. A - (PROEQUIPSA)	TECNI GROUP
Marca motor	Cummins	Cummins
Modelo motor	6BT5.9G2	6BT5.9G2
Consumo de lubricante (L)	16.4	16.4
Diseño	Abierto	Abierto
Capacidad del refrigerante (L)	9.9	9.9
Mantenimiento anual	1	1
Consumo de combustible al 50% carga (L/h)	7	7
Tipo de combustible	Diésel/Biodiésel	Diésel/Biodiésel
Velocidad nominal (RPM)	1800	1800
Potencia nominal motor (kW)	100	100
Potencia salida generador (kW)	72	72
Eficiencia de generación (%)	072	72

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 261: Principales parámetros de selección del generador eléctrico

No.	1	2
Proveedor	Provisión de equipos y Servicios. S. A - (PROEQUIPSA)	TECNI GROUP
Marca generador	Stamford	Stamford
Diseño	Abierto	Abierto
Tipo de combustible	Diésel	Diésel
Consumo de lubricante (L)	16.4	16.4
Consumo de combustible al 50% carga (L/h)	7	7
Marca motor	Cummins	Cummins
Potencia generador (kW)	72	72

No.	1	2
Número de fases	1	1
Voltaje	120/220	120/240
Frecuencia (Hz)	60	60
Tiempo de uso (h)	5	5

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 262: Matriz de selección de Grupo Electrónico

Proveedor	Provisión de equipos y Servicios. S. A - (PROEQUIPSA)	TECNI GROUP
Frecuencia (Hz)	60	60
Voltaje (V)	120/220	120/240
Eficiencia de generación (%)	72	72
Cumple con la potencia demandada (72 kW)	Sí	Sí
Consumo de combustible (L/h)	7	7
Número de fases	1	1
Precio planta (Q)	122,800.00	116,037.89

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 263: Cálculo para el pago de empleados semanal

	L	MA	MI	J	V	S	D	Horas semanales	Pago semanal
Hora ordinaria	8	8	8	8	8	8	0	48	Q521.28
Hora extra ordinaria	0	0	0	0	0	4	0	4	Q65.16
Hora extra extraordinaria	0	0	0	0	0	0	8	8	Q173.76
								7mo. día	Q126.70
									Q886.90

Nota: L=Lunes, MA=Martes, MI=Miércoles, J=Jueves, V=Viernes, S=Sábado y D=Domingo.

Cuadro 264: Flujo de efectivo para Grupo Electrónico Power Links (Tecní Group)

Detalle	Año					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos	Q-	Q228,737.64	Q228,737.64	Q228,737.64	Q228,737.64	Q228,737.64
Inversión inicial	Q130,168.00					
Costos de producción		Q130,029.76	Q130,029.76	Q130,029.76	Q130,029.76	Q130,029.76
Depreciación		-Q26,033.60	-Q26,033.60	-Q26,033.60	-Q26,033.60	-Q26,033.60
Utilidad antes de impuestos	-Q130,168.00	Q72,674.28	Q72,674.28	Q72,674.28	Q72,674.28	Q72,674.28
Impuestos (28%)		-Q20,348.80	-Q20,348.80	-Q20,348.80	-Q20,348.80	-Q20,348.80
Depreciación		Q26,033.60	Q26,033.60	Q26,033.60	Q26,033.60	Q26,033.60
Utilidad neta	-Q130,168.00	Q78,359.09	Q78,359.09	Q78,359.09	Q78,359.09	Q78,359.09

Cuadro 265: Flujo de efectivo para Grupo Electrónico Power Links (PROEQUIPSA)

Detalle	Año					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos	Q-	Q228,737.64	Q228,737.64	Q228,737.64	Q228,737.64	Q228,737.64
Inversión inicial	Q123,000.16					
Costos de producción		Q129,826.89	Q129,826.89	Q129,826.89	Q129,826.89	Q129,826.89
Depreciación		-Q24,600.03	-Q26,033.60	-Q26,033.60	-Q26,033.60	-Q26,033.60
Utilidad antes de impuestos	Q123,000.16	Q74,310.72	Q72,877.15	Q72,877.15	Q72,877.15	Q72,877.15
Impuestos (28%)		-Q20,807.00	-Q20,405.60	-Q20,405.60	-Q20,405.60	-Q20,405.60
Depreciación		Q24,600.03	Q26,033.60	Q26,033.60	Q26,033.60	Q26,033.60
Utilidad neta	Q123,000.16	Q78,103.75	Q78,505.15	Q78,505.15	Q78,505.15	Q78,505.15

Cuadro 266: Resultados de TIR, TMAR, VAN y PRI para los Grupos Electr6genos Power Links (PROEQUIPSA) y Tecni group

No.	Proveedor	TIR	VAN	TMAR	Per6odo de Recuperaci3n de la Inversi3n
1	PROQUIPSA	57%	Q 174,231.20	10%	1.57
2	TECNI ROUP	53%	Q 166,874.58	10%	1.66

Cuadro 267: Detalle de costos para Grupo Electr6geno (Tecni Group)

Inversi3n	
Inversi3n en cabina de insonorizaci3n	Q51,372.47
Inversi3n planta	Q122,800.00
Inversi3n en instalaci3n inicial	Q7,368.00
	Q181,540.47
Egresos	
Caracterizaci3n de biodi6sel y materia prima de fabricaci3n	Q57,057.00
Consumo de agua para sistema de refrigeraci3n	Q329.64
Consumo de aceite para sistema de lubricaci3n	Q925.00
Consumo biodi6sel	Q68,034.12
	Q126,345.76
Utilidades	
Costo agua (Q/m ³)	Q2.16
Cantidad agua mensual (m ³)	1.30
Consumo de agua anual	Q359.87
Costo electricidad (Q/kWh)	Q1.89
Operaci3n	
Costo hora ordinaria	Q10.86
Horas al d6a	10
D6as a la semana	8
Cantidad de personal	1
	Q42,571.20

Mantenimiento	
Mantenimiento del generador	Q3,684.00
Ahorro energético	
Precio de venta por galón	Q21.89
Horas al día	5
Ahorro energético anual	Q228,737.64

Cuadro 268: Detalle de costos para Grupo Electrónico (PROEQUIPSA)

Inversión	
Inversión en cabina de insonorización	Q46,995.34
Inversión planta	Q116,037.89
Inversión en instalación inicial	Q6,962.27
	Q169,995.50
Egresos	
Caracterización de biodiésel y materia prima de fabricación	Q57,057.00
Consumo de agua para sistema de refrigeración	Q329.64
Consumo de aceite para sistema de lubricación	Q925.00
Consumo biodiésel	Q68,034.12
	Q126,345.76
Utilidades	
Costo agua (Q/m ³)	Q2.16
Cantidad agua mensual (m ³)	1.30
Consumo de agua anual	Q359.87
Costo electricidad (Q/Kwh)	Q1.89

Operación	
Costo hora ordinaria	Q10.86
Horas al día	10
Días a la semana	8
Cantidad de personal	1
	Q42,571.20
Mantenimiento	
Mantenimiento del generador	Q3,481.14
Ahorro energético	
Precio de venta por galón	Q21.89
Horas al día	5
Ahorro energético anual	Q228,737.64

Cuadro 269: Modelos propuestos de vehículos eléctricos para conectar al generador

No. de vehículos	1	1	1	1
Marca	Renault Twizy	Luka	Luka	Luka
Modelo	Urban 45	Lighting	Luka-LED	Tryce-Trash
Horas de carga	3.5	8	6	8
Potencia (kW)	4	5.5	0.8	0.8
Requerimiento energético (kWh)	14	44	4.8	6.4
Precio sugerido de uso del generador* (carga total)	Q25.00	Q25.00	Q25.00	Q25.00

Nota: *este es un precio sugerido por el elaborador del proyecto, basado en los precios promedio de carga dados por la Asociación de carros eléctricos de Guatemala. Este cobro podría hacerse para que el complejo comercial recupere un porcentaje de inversión por el generador y tenga un servicio extra para sus visitantes.

E. Ecuaciones utilizadas

1. Tasa Interna de Retorno (TIR), se realizó mediante la planilla electrónica EXCEL, donde se usó la opción: =TIR(flujos de caja del año 0 al año 5 de la Utilidad Neta). Los flujos de caja de observan en los cuadros 258 y 259.
2. Valor Actual Neto (VAN), se realizó mediante la planilla electrónica EXCEL, donde se usó la opción: =VNA(TMAR;flujos de caja del año 1 al año 5 de la Utilidad Neta)+flujo de caja del año 0.

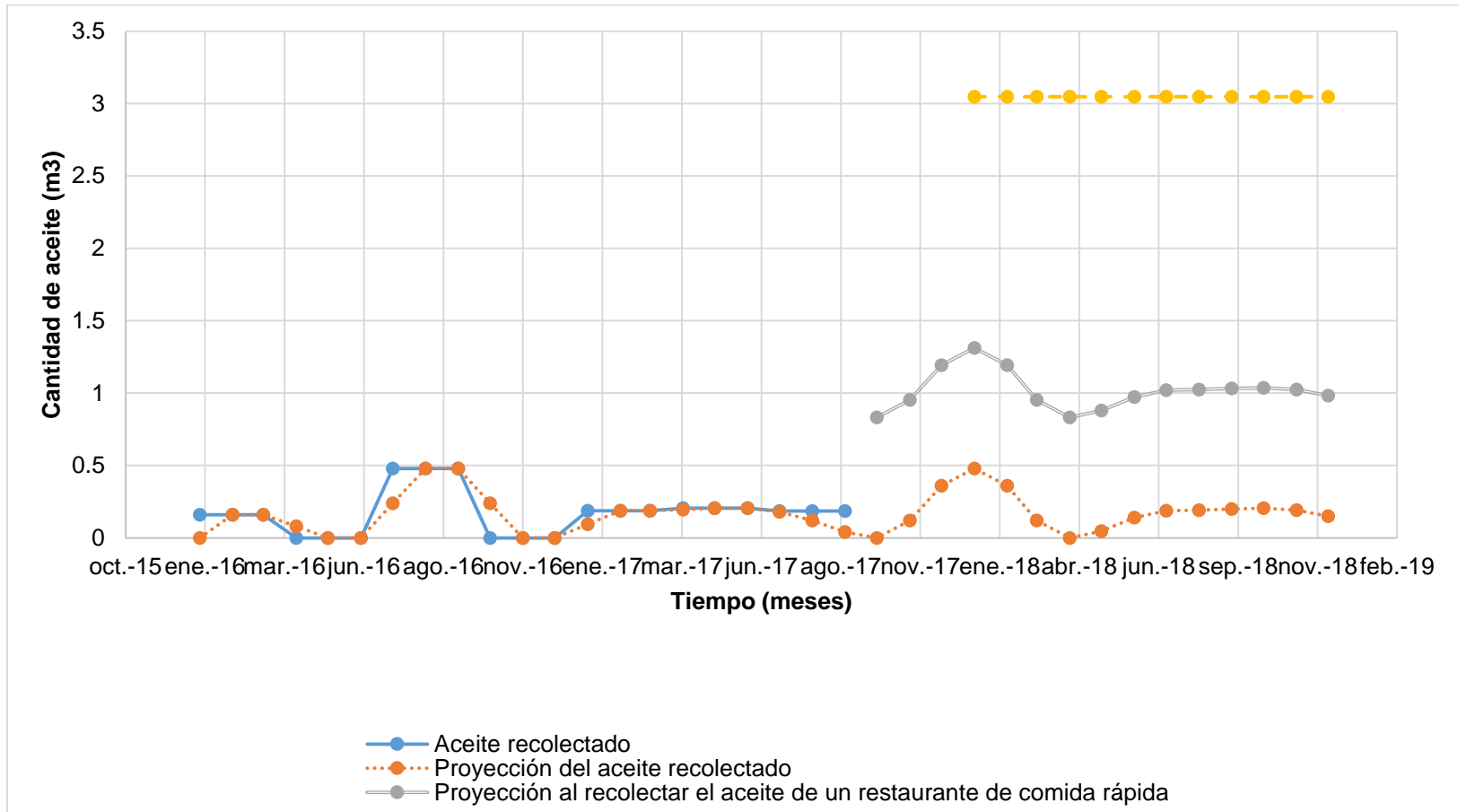
La TMAR utilizada fue del 10% y los flujos de caja de observan en el cuadro 258 y 259.

3. Relación de potencias para eficiencia de generación del grupo electrógeno:

$$\begin{aligned} & \textit{Eficiencia de generación (\%)} \\ & = \frac{\textit{Potencia eléctrica del generador (kW)}}{\textit{Potencia del motor de combustión interna (kW)}} \end{aligned}$$

F. Proyección

Gráfica de aceite recolectado actualmente, con proyecciones actuales y proyección al recolectar el aceite de un restaurante de comida rápida potencial



Nota: los meses inician en marzo 2016 hasta diciembre 2018.

Anexo K: Módulo 5 Evaluación técnica y propuesta para el tratamiento de agua residual de lavado de biodiésel en un complejo comercial

1. Equipo y cristalería

a. Especificaciones de equipo

Cuadro 270: Especificaciones de equipo

Equipo	Marca	Modelo	Rango	Incertidumbre
Balanza analítica	BOECO Germany	-	0-220g	±0.0001 g
Colorímetro	HACH	DR/890	-	-
Turbidímetro	Hanna Instruments	HI98703	-	-
Potenciómetro	Fisher Scientific	Electrodo Ag/AgCl	0-14	- Resolución: 0.1, 0.01 o 0.001 pH
Agitador magnético	Thermo Scientific	-	-	-
Mufla	Thermo Scientific	Thermolyne	-	±0.5
Papel filtro	-	-	-	-
Bulbo	-	-	-	-
Vial de plástico	.	.	0-50 mL	±0.05 mL

b. Especificaciones de cristalería

Cuadro 271: Especificaciones de la cristalería.

Equipo	Marca	Modelo	Rango	Incertidumbre
Beaker	Superior	-	0-50 mL	±5 mL
Pipeta graduada	Pyrex	-	0-10 mL	±0.05 mL
Probeta	AMS	-	00-100 mL	±0.10 mL
Ampolla de decantación	-	-	0-300 mL	-
Vial de vidrio	KIMAX	Kimble	0-1000 mL	-
Erlenmeyer	Pyrex	-	0-125 mL	± 25 mL
Kitasato	KIMAX	-	500 mL	-
Varilla de vidrio	-	-	-	-

2. Lavado de biodiésel

a. Datos originales

Cuadro 272: Cantidad de agua utilizada experimentalmente para el lavado de biodiésel a nivel laboratorio, lote 1 de biodiésel.

Lavada	Muestra	V de biodiésel (± 0.05 mL)	V agua entrada (± 0.05 mL)	V agua salida (± 0.05 mL)
1	1	300	100.00	104.00
	2	300	100.00	102.00
	3	300	100.00	101.00
	Mezcla	-	300.00	307.00
2	1	300	100.00	102.00
	2	300	100.00	102.00
	3	300	100.00	101.00
	Mezcla	-	300.00	305.00
3	1	300	100.00	104.00
	2	300	100.00	102.00
	3	300	100.00	101.00
	Mezcla	-	300.00	307.00

V: volumen

Cuadro 273: Cantidad de agua utilizada experimentalmente para el lavado de biodiésel a nivel laboratorio, lote 2 de biodiésel

Lavada	Muestra	V de biodiésel (± 0.05 mL)	V agua entrada (± 0.05 mL)	V agua salida (± 0.05 mL)
1	1	300	100.00	103.00
	2	300	100.00	102.00
	3	300	100.00	102.00
	Mezcla	-	300.00	307.00
2	1	300	100.00	104.00
	2	300	100.00	101.00
	3	300	100.00	102.00
	Mezcla	-	300.00	307.00
3	1	300	100.00	102.00
	2	300	100.00	102.00
	3	300	100.00	101.00
	Mezcla	-	300.00	305.00

V: volumen

Cuadro 274: Cantidad de agua utilizada experimentalmente para el lavado de biodiésel a nivel laboratorio, lote 3 de biodiésel.

Lavado	Muestra	V de biodiésel (± 0.05 mL)	V agua entrada (± 0.05 mL)	V agua salida (± 0.05 mL)
1	1	300	100.00	102.00
	2	300	100.00	102.00
	3	300	100.00	101.00
	Mezcla	-	300.00	305.00
2	1	300	100.00	103.00
	2	300	100.00	102.00
	3	300	100.00	101.00
	Mezcla	-	300.00	306.00
3	1	300	100.00	103.00
	2	300	100.00	101.00
	3	300	100.00	101.00
	Mezcla	-	300.00	305.00

Nota: V representa volumen

b. Datos calculados

Cuadro 275: Diferencia de volumen de agua de lavado de entrada y salida, lote 1

Lavada	Muestra	Diferencia (± 0.07 mL)	porcentaje de compuestos solubles en agua ± 0.07
1	1	4.00	4.00%
	2	2.00	2.00%
	3	1.00	1.00%
	Mezcla	7.00	2.33%
2	1	2.00	2.00%
	2	2.00	2.00%
	3	1.00	1.00%
	Mezcla	5.00	1.67%
3	1	4.00	4.00%
	2	2.00	2.00%
	3	1.00	1.00%
	Mezcla	7.00	2.33%

Cuadro 276: Diferencia de volumen de agua de lavado de entrada y salida, lote 2

Lavada	Muestra	Diferencia (± 0.07 mL)	porcentaje de compuestos solubles en agua
1	1	3.00	3.00%
	2	2.00	2.00%
	3	2.00	2.00%
	Mezcla	7.00	2.33%
2	1	4.00	4.00%
	2	1.00	1.00%
	3	2.00	2.00%
	Mezcla	7.00	2.33%
3	1	2.00	2.00%
	2	2.00	2.00%
	3	1.00	1.00%
	Mezcla	5.00	1.67%

Cuadro 277: Diferencia de volumen de agua de lavado de entrada y salida, lote 3

Lavada	Muestra	Diferencia (± 0.07 mL)	Porcentaje de compuestos solubles en agua
1	1	2.00	2.00%
	2	2.00	2.00%
	3	1.00	1.00%
	Mezcla	5.00	1.67%
2	1	3.00	3.00%
	2	2.00	2.00%
	3	1.00	1.00%
	Mezcla	6.00	2.00%
3	1	3.00	3.00%
	2	1.00	1.00%
	3	1.00	1.00%
	Mezcla	5.00	1.67%

Cuadro 278: Porcentaje de compuestos solubles en agua presente por lavado de 3 lotes

Lote de biodiésel	Lavado	Promedio de porcentaje de solubles en agua presentes
1	1	2.33%
	2	1.67%
	3	2.33%
	Mezcla	2.11%
2	1	2.33%
	2	2.33%
	3	1.67%
	Mezcla	2.11%
3	1	1.67%
	2	2.00%
	3	1.67%
	Mezcla	1.78%
Promedio		2.00%

3. Caracterización de agua residual de lavado

Todos los análisis efectuados al aceite usado proveniente del complejo comercial, se realizaron a la temperatura dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, la cual fue de 28 °C.

a. Datos originales

1) pH

Cuadro 279: Medición de pH, por lavada, lote 1 de biodiésel.

Lavado	Muestra	pH (± 0.0005)
1	1	12.423
	2	11.989
	3	11.679
	Mezcla	12.145
2	1	12.117
	2	11.867
	3	11.986
	Mezcla	12.053
3	1	11.819
	2	11.611
	3	11.480
	Mezcla	11.762

Cuadro 280: Medición de pH, por lavada, lote 2 de biodiésel

Lavado	Muestra	pH (± 0.0005)
1	1	12.237
	2	12.101
	3	11.986
	Mezcla	12.053
2	1	12.423
	2	11.989
	3	11.679
	Mezcla	12.392
3	1	12.019
	2	11.680
	3	12.262
	Mezcla	11.819

Cuadro 281: Medición de pH, por lavada, lote 3 de biodiésel

Lavado	Muestra	pH (± 0.0005)
1	1	12.012
	2	11.782
	3	11.239
	Mezcla	11.231
2	1	11.546
	2	11.824
	3	11.274
	Mezcla	11.651
3	1	11.873
	2	11.467
	3	11.101
	Mezcla	11.563

2) Turbidez

Cuadro 282: Medición de turbidez, por lavada, lote 1 de biodiésel

Lavado	Muestra	Turbidez (± 0.005 NTU)
1	Blanco	0.28
	1	620.00
	2	189.00
	3	158.00
	Mezcla	463.00
2	Blanco	0.25
	1	624.00
	2	198.00
	3	167.00
	Mezcla	439.00
3	Blanco	0.29
	1	694.00
	2	205.00
	3	160.00
	Mezcla	327.00

Cuadro 283: Medición de turbidez, por lavada, lote 2 de biodiésel

Lavado	Muestra	Turbidez (± 0.005 NTU)
1	Blanco	0.23
	1	704.00
	2	211.00
	3	178.00
	Mezcla	358.00
2	Blanco	0.27
	1	644.00
	2	243.00
	3	165.00
	Mezcla	387.00
3	Blanco	0.30
	1	676.00
	2	350.00
	3	167.00
	Mezcla	461.00

Cuadro 284: Medición de turbidez, por lavada, lote 3 de biodiésel

Lavado	Muestra	Turbidez (± 0.005 NTU)
1	Blanco	0.24
	1	693.00
	2	285.00
	3	194.00
	Mezcla	415.00
2	Blanco	0.23
	1	683.00
	2	199.00
	3	203.00
	Mezcla	439.00
3	Blanco	0.26
	1	701.00
	2	200.00
	3	163.00
	Mezcla	327.00

3) Sólidos suspendidos totales

Cuadro 285: Medición de sólidos suspendidos totales, por lavada, lote 1 de biodiésel

Mezcla	Masa inicial del filtro (± 0.0001 g)	Masa final del filtro (± 0.0001 g)	Solución (± 0.10 mLg)
1	0.4160	0.4603	100
2	0.4292	0.4727	100
3	0.4206	0.4656	100

SST: sólidos suspendidos totales

Cuadro 286: Medición de sólidos suspendidos totales, por lavada, lote 2 de biodiésel

Mezcla	Masa inicial del filtro (± 0.0001 g)	Masa final del filtro (± 0.0001 g)	Solución (± 0.10 mLg)
1	0.4215	0.4651	100
2	0.4192	0.4623	100
3	0.4153	0.4583	100

Cuadro 287: Medición de sólidos suspendidos totales, por lavada, lote 3 de biodiésel

Mezcla	Masa inicial del filtro (± 0.0001 g)	Masa final del filtro (± 0.0001 g)	Solución (± 0.10 mL)
1	0.4132	0.4554	100
2	0.4252	0.4655	100
3	0.4168	0.4634	100

4) DQO

Cuadro 288: Medición de DQO para mezcla de tres lavados de cada lote.

Lote	DQO (± 0.5 mg/L)
1	1562
2	1201
3	1102

DQO: demanda química de oxígeno

5) DBO

Cuadro 289: Datos originales DBO.

Lote	Frasco	Muestra a agregar (mL)	Muestra agregada (± 0.10 mL)	DBO 1 (mg/L)	DBO 2 (mg/L)
1	512054	1.51	1.1	6.69	5.24
2	512058	2.68	1.3	7.08	6.86
3	512063	3.48	3.5	7.14	6.66

4. Determinación de tamaño de partícula de sólidos suspendidos totales

Cuadro 290: Filtración de muestras de agua residual

Lote de biodiésel	Lavado	V muestra (±0.05 mL)	SST inicial (±1 ppm)	SST final (±1 ppm)
1	Mezcla 1	30.00	254	82
	Mezcla 2	30.00	254	76
	Mezcla 3	30.00	258	81
2	Mezcla 1	30.00	254	79
	Mezcla 2	30.00	232	75
	Mezcla 3	30.00	252	82
3	Mezcla 1	30.00	222	80
	Mezcla 2	30.00	225	77
	Mezcla 3	30.00	211	76
Promedio (±13ppm)			240	79

SST: sólidos suspendidos totales

a. Datos calculados

1) pH

Cuadro 291: Promedio de pH del agua de lavado de biodiésel y desviación estándar, por lote

Lote de biodiésel	Lavado	pH (±0.0005)
1	Mezcla 1	12.145
	Mezcla 2	12.053
	Mezcla 3	11.762
2	Mezcla 1	12.053
	Mezcla 2	12.392
	Mezcla 3	11.819
3	Mezcla 1	11.231
	Mezcla 2	11.651
	Mezcla 3	11.563
Promedio (±0.349)		11.852

2) Turbidez

Cuadro 292: Promedio de turbidez del agua de lavado de biodiésel y desviación estándar, por lote

Lote de biodiésel	Lavado	Turbidez (± 0.01 NTU)
1	Mezcla 1	463.00
	Mezcla 2	439.00
	Mezcla 3	327.00
2	Mezcla 1	358.00
	Mezcla 2	387.00
	Mezcla 3	461.00
3	Mezcla 1	415.00
	Mezcla 2	439.00
	Mezcla 3	327.00
Promedio (± 54.22 NTU)		401.78

3) Sólidos suspendidos totales

Cuadro 293: Cantidad de sólidos suspendidos totales lote 1

Mezcla	Masa de sólidos retenidos (± 0.0001 g)	SST (± 0.100 mg/L)
1	0.0443	443
2	0.0435	435
3	0.0450	450

Cuadro 294: Cantidad de sólidos suspendidos totales lote 2

Mezcla	Masa de sólidos retenidos (± 0.0001 g)	SST (± 0.100 mg/L)
1	0.0436	436
2	0.0431	431
3	0.0430	430

Cuadro 295: Cantidad de sólidos suspendidos totales lote 3

Mezcla	Masa de sólidos retenidos (± 0.0001 g)	SST (± 0.100 mg/L)
1	0.0422	422
2	0.0403	403
3	0.0466	466

Cuadro 296: Promedio de sólidos suspendidos totales presentes en el agua de lavado de biodiésel y desviación estándar, por lote

Lote	Promedio SST
1	442.67
2	432.33
3	430.33
Promedio ± 6.62	435.11

4) DQO

Cuadro 297: Promedio de DQO en agua de lavado de biodiésel y desviación estándar, por lote

Lote	DQO
1	1562
2	1201
3	1102
Promedio (± 242 mg/L)	1288

DQO: demanda química de oxígeno

5. Adsorción experimental- isoterma de Freundlich

a. Datos originales

Cuadro 298: Adsorción con carbón activado

Prueba	Solución (± 0.1 mL)	DQO inicial (± 0.5 mg/L)	Carbón activado (± 0.0001 mg)	DQO final (± 0.5 mg/L)
0	100	1201	0.0000	1201
1	100	1201	1034.2000	710
2	100	1201	2051.3000	530
3	100	1201	3112.2000	405
4	100	1201	4069.1000	334

DQO: demanda química de oxígeno

b. Datos calculados

Cuadro 299: Datos de prueba de adsorción de DQO

Prueba	DQO adsorbato (± 0.71 mg/L)	m (mg/L)	C adsorbato residual mg/L	X	X/m
0	0	-	1201	-	
1	491	10.342	710	491	47.476
2	671	20.513	530	671	32.711
3	796	31.122	405	796	25.577
4	867	40.691	334	867	21.307

X: DQO adsorbido, m: masa de carbón en solución

6. Filtración Experimental

a. Datos originales

1) Sólidos suspendidos totales

Cuadro 300: Datos originales de sólidos suspendidos totales en agua residual de lavado de biodiésel después de la prueba en planta piloto

Mezcla	Masa inicial del filtro (± 0.0001 g)	Masa final del filtro (± 0.0001 g)	Solución (± 0.10 mL)
1	0.4153	0.4226	100
2	0.4163	0.4227	100
3	0.4152	0.4217	100

SST: sólidos suspendidos totales

2) Turbidez

Cuadro 301: Medición de turbidez antes y después de pasar a través del lecho de filtración

Mezcla	Turbidez inicial (NTU)	Turbidez final (NTU)
1	235	8.7
2	189	9.4
3	203	8.9

3) pH

Cuadro 302: Mediciones de pH

Lote	pH inicial (± 0.0005)	pH final (± 0.0005)
1	11.425	8.463
2	11.164	8.264
3	11.243	8.573

4) Tasa de filtrado

Cuadro 303: Tiempo que tardó el agua en descender por la columna de filtración

Prueba	Volumen de solución ($\pm 0.5\text{mL}$)	Área transversal $\pm 0.005\text{m}^2$	Tiempo ($\pm 0.3\text{s}$)
1	200	0.567	2.33
2	200	0.567	2.13
3	200	0.567	2.01

b. Datos calculados

1) Sólidos suspendidos totales.

Cuadro 304: Detalle de reducción de sólidos suspendidos totales en lecho experimental.

Mezcla	Masa de sólidos retenidos ($\pm 0.0001\text{ g}$)	SST finales ($\pm 0.100\text{ mg/L}$)	porcentaje de remoción
1	0.0073	73.000	84%
2	0.0064	64.000	85%
3	0.0065	65.000	85%
Promedio ± 4.93		67.333	85%

2) Turbidez

Cuadro 305: Porcentaje de reducción de turbidez en el lecho de adsorción y filtración.

Mezcla	Porcentaje de disminución de turbidez
1	96.30%
2	95.03%
3	95.62%
Promedio $\pm 6\%$	95.65%

3) pH

Cuadro 306: Cálculo de reducción de pH

Lote	Porcentaje de reducción de pH
1	25.926%
2	25.976%
3	23.748%
Promedio ± 0.013	25.217%

4) Tasa de filtrado

Cuadro 307: Tasa de filtrado experimental

Prueba	Tasa de filtrado ($\pm 0.001 \frac{L}{\text{min } m^2}$)
1	3.782
2	4.137
3	4.384
Promedio (± 0.302)	4.101

7. Especificación de los materiales de diseño

Cuadro 308: Información de los materiales utilizados experimentalmente

Característica	Grava	Arena	Carbón activado
Tamaño de partícula	10 mm	1 mm	5.500×10^{-4} m
Densidad	1550	1500	$370 \frac{kg}{m^3}$
Porosidad	40%	25%	40%
Proveedor	El Arenal	El Arenal	Inteniería Integral

Materiales utilizados en las pruebas experimentales y recomendados para el diseño

El Arenal. Av. Petapa 34 Calle, Zona 12. Teléfono 2310-4949 / 3009-5050

Ingeniería Integral. 1era calle "A", 19-59, zona 4 de Mixco, Colonia Valle del Sol. Teléfono 2219-2055 / 5204-1027

8. Plan de mantenimiento del diseño de filtración

Con tasa de filtrado de $6.800 \times 10^{-5} \frac{m}{s}$ ($4.100 \frac{L}{min^2 min}$) se calcula que con 147.52 lotes de 40 galones c/u, se alcanza el tiempo de carrera del filtro. De acuerdo a Romero, el tiempo de carrera de un filtro es mayor de 40 horas de funcionamiento.

Cuadro 309: Tiempos de cambio de filtro de acuerdo a su uso

Situación	Cantidad de lotes mensuales	Tiempo de carrera de filtro (meses)	Tiempo de carrera de filtro (años)
Con restaurante de comida rápida	4.97	29.69	2.5
Con todo el aceite del complejo comercial	12.88	11.46	0.95

De acuerdo a los costos mostrados en la tabla de costos del diseño en la sección VII. De Resultados, el costo de cada mantenimiento consiste en reemplazar los lechos de grava, de arena y de carbón activado con un costo de Q36.24.

9. Estudio actual de planta de tratamiento de agua residual en un complejo comercial

Figura 106: Análisis de afluente de la PTAR instalada

14 avenida 19-50 Condado El Naranjo
Oficinas San Sebastián, Bodega 23,
Zona 4 de Mixco, Guatemala.
PBX: 2416-2916 Fax: 2416-2917
Info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

Soluciones Analíticas
Agricultura • Industria • Ambiente

Entrada PTAR

Lotificación El Belcario, Lote
Carretera al Pacífico, Km. 9
Santa Lucía Cotz., Escuintla
PBX: 7802-242
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS

Número de orden :
Código de muestra :
Fecha de ingreso : 08/04/2017
Fecha del informe : 26/04/2017
Asesor : HUGO MATHUS

Paquete de análisis : AGUAS RESIDUALES

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de Muestreo	: 06 - 07/04/2017	Fecha Inicio de Análisis	: 08/04/2017
Hora de Muestreo	: 12:30 - 12:30	Hora de Ingreso	: 14:07:30
Recipiente	: PLASTICO, VIDRIO Y BOLSA ESTERIL	Temperatura de Ingreso	: 6.4
Tipo de muestra	: AGUA RESIDUAL	Temperatura almacenaje	: 4.0 ± 2 °C
		Responsable de muestreo	: EDDY GIRON / SA

PARAMETROS IN SITU					
PARAMETROS	DIMENSIONALES	VALOR	Rango	Resolución	METODOLOGIA
TEMPERATURA (in situ)	°C	21.6	0 - 100 °C	0.1 °C	Termómetro digital
pH (in situ)	unidades de pH	7	0 - 14	1 pH	pH, tira indicadores

PARAMETROS LABORATORIO				
PARAMETROS	DIMENSIONALES	VALOR	LIMITE DE DETECCION	METODOLOGIA
GRASAS Y ACEITES	mg/L	34	5	EPA 1664
MATERIA FLOTANTE		Ausente		
SOLIDOS EN SUSPENSION TOTALES	mg/L	200	5	SM 2140D
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	91.0E+4	< 1 B	SM 9221 E
COLOR	u PtCo	181	5	HACH 8025
*DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/L O2	903	3	HACH 8000
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/L O2	611	5	SM 5210B
POSFORO	mg/L P	8.4	0.14	SM 3120 B
NITROGENO TOTAL	mg/L N	72.0	0.5	HACH 10071/10072
RELACION DQO/DBO		1.48		
RELACION DBO/DQO		0.68		


*ACREDITADO EN 17821 según OGA-L.E-833-09
Metodología basada en:

EPA "Oil and grease" and "petroleum hydrocarbons" n-hexane extractable material (HEM) and silica gel treated n-hexane extractable material (SGT-HEM) by extraction and gravimetry. Method 1664 (15c)
HACH Biorator digestion method for Chemical Oxygen Demand
Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WWE. 22 ed. 2012

Figura 107: Análisis de efluente de la PTAR instalada

salida PTAR

Carretera 19-50 Loteado El Naranjo
Orhobedegas San Sebastián, Bodega 23,
Zona 4 de Mirco, Guatemala.
PEX: 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com



**Soluciones
Analíticas**
Agricultura • Industria • Ambiente

Lotificación El Relicario, Lote 6
Carretera al Pacífico, Km. 91
Santa Lucía Cortz, Escuintla
PBX: 7082-2428
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS

Poquete de análisis : AGUAS RESIDUALES

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de Muestreo : 06 - 07/04/2017	Fecha Inicio de Análisis : 08/04/2017
Hora de Muestreo : 13:00 - 13:00	Hora de Ingreso : 16:07:39
Recipiente : PLASTICO, VIDRIO Y BOLSA ESTERIL	Temperatura de Ingreso : 6.4
Tipo de muestra : AGUA RESIDUAL	Temperatura almacenaje : 4.8 ± 2 °C
	Responsable de muestreo : EDDY GIRON / SA

Número de orden :
Código de muestra :
Fecha de ingreso : 03/04/2017
Fecha del informe : 26/04/2017
Asesor : HUGO MATHIUS

PARAMETROS IN SITU					
PARAMETROS	DIMENSIONALES	VALOR	Rango	Resolución	METODOLOGIA
TEMPERATURA (in situ)	°C	25.0	0 - 100 °C	0.1 °C	Termómetro digital
pH (in situ)	unidades de pH	7	0 - 14	1 pH	pH, tira indicadora

PARAMETROS LABORATORIO				
PARAMETROS	DIMENSIONALES	VALOR	LIMITE DE DETECCION	METODOLOGIA
GRASAS Y ACEITES	mg/L	10	5	EPA 1664
MATERIA FLUTANTE		Asente		
SOLIDOS EN SUSPENSION TOTALES	mg/L	350	5	SM 2540D
COLIFORMES FECALES	NMP/ 100 mL	35 0E+4	< 1.8	SM 9221 E
COLOR	u PtCo	122	5	HACH 8025
*DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/L O2	667	1	HACH 8000
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/L O2	468	5	SM 5210B
FOSFORO	mg/L P	7.6	0.14	SM 3120 B
NITROGENO TOTAL	mg/L N	78.0	0.5	HACH 10071/10072
RELACION DO/DBO		1.43		
RELACION DBO/DO		0.70		

*ACREDITADO ISO 17025 según DGA-LE-011-09

Metodología basada en:

EPA '81 and grass' and petroleum hydrocarbons' n-Hexane extractable material (HEM) and silica gel treated n-hexane extractable material (SGT-HEM) by extraction and gravimetry. Method 1664-1194

HACH Resazurin digestion method for Chemical Oxygen Demand

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WWP, 22nd ed. 2012

10. Cálculos de muestra

a. Isoterma de Freundlich

1) Adsorbato removido

Para la isoterma de Freundlich, cálculo de adsorbato removido

$$X - C_e = C$$

(Ecuación 10.)

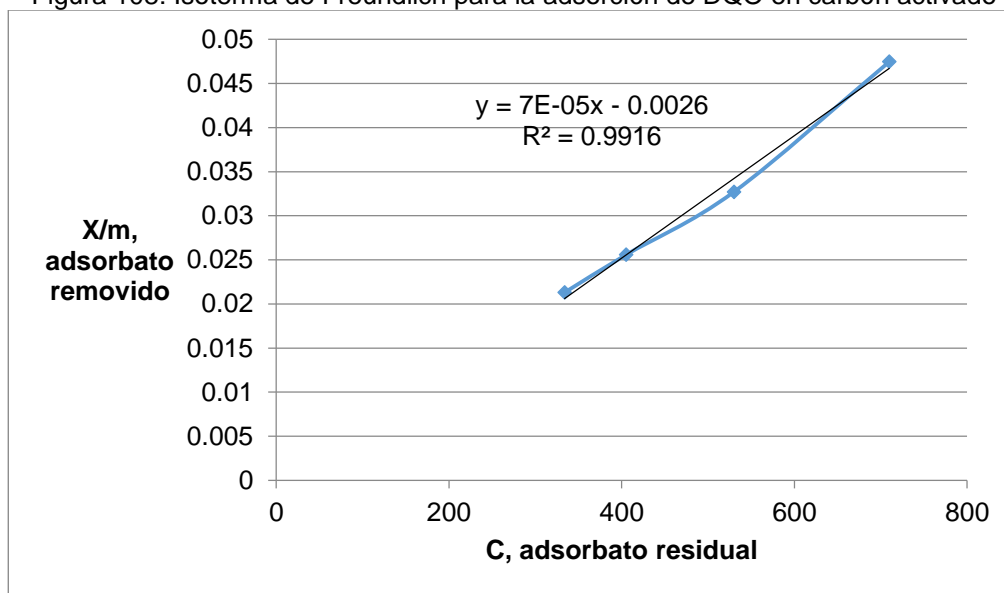
$$X = (1201 - 710) \frac{mg}{L} = 491 \frac{mg}{L}$$

Cuadro 310: Parámetros de comportamiento de adsorción

C (mg de carbón activado/L)	X/m (DQO/mg de carbón activado)
1201	
710	0.0474
530	0.0327
405	0.0255
334	0.0213

De acuerdo a los parámetros a graficar para la obtención de la istoerma de Frenulich en donde C: adsorbato residual

Figura 108: Isotherma de Freundlich para la adsorción de DQO en carbón activado



De acuerdo al modelo matemático de Freundlich:

$$\frac{X}{m} = K * C_e^{\frac{1}{n}}$$

Se procedió a obtener la pendiente del gráfico por medio de la selección de dos puntos y la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{n} = \frac{\log\left(\frac{X}{m}\right)_2 - \log\left(\frac{X}{m}\right)_1}{\log(C_e)_2 - \log(C_e)_1}$$

(Ecuación 8.)

Se encontró que $\frac{1}{n} = 0.91$ y conociendo la constante para el carbón activado de $K=0.0016$ (Romero, 2009), se procedió con determinar la ecuación de adsorción que describe el comportamiento de adsorción de DQO en carbón activado estos se detallan a continuación:

Cuadro 311: Parámetros de Freundlich

Parámetro	Valor
K	0.0026
Pendiente	0.40
Isoterma de Freundlich	$\frac{X}{m} = 0.0026 * C_e^{0.40}$

Se procedió con obtener el caudal, a partir de una carga hidráulica de carbón activado de $3 \frac{m^3}{m^2 h}$, la capacidad de adsorción del filtro, y el volumen del lecho.

Cuadro 312: Masa requerida para la reducción de DQO hasta 100 mg/L

Parámetro	Valor	Unidad
Masa de adsorbente	0.055	kg/L
Volumen de adsorbente	0.25	m^3

Cálculo de la pendiente:

$$\frac{1}{n} = \frac{\log\left(\frac{X}{m_2}\right) - \log\left(\frac{X}{m_1}\right)}{\log(C_2) - \log(C_1)}$$

(Ecuación 8.)

$$\frac{1}{n} = \frac{\log(0.0474) - \log(0.0026)}{\log(710) - \log(1)} = 0.4$$

Cálculo de masa de adsorbente por un adsorbato establecido de 100mg/L

$$\frac{X}{m} = 0.0026C^{0.40}$$

(Ecuación 11.)

$$\frac{X}{m} = \frac{(1201 - 100) \frac{mg}{L}}{0.0026 \left(100 \frac{mg}{L}\right)^{0.4}} = 55199.99 \frac{mg}{L}$$

Cálculo de caudal

$$Q = Q_h * A_t$$

(Ecuación 12.)

Para lechos de adsorción se establece que $Q_h = 3 \frac{m^3}{m^2 h}$ y para un diámetro propuesto de 0.85m, área = $0.567m^2$

$$Q = 3 \frac{m^3}{m^2 h} * 0.567m^2 = 1.701 \frac{m^3}{h}$$

Capacidad de adsorción de filtro

$$Ca = m \left(\text{en } \frac{g}{gal} \right) * Q \left(\text{en } \frac{g}{h} \right)$$

(Ecuación 13.)

$$Ca = 212.3076 \frac{g}{gal} * \frac{449.34 gal}{h} = 93.9027 \frac{kg}{h}$$

a. Cálculo de dimensiones de lecho de adsorción

Ecuación 51: Volumen de lecho de adsorción

$$V = \frac{Ca}{\rho}$$

$$V = \frac{93.9027 \frac{kg}{h}}{370 \frac{kg}{m^3}} = 0.2m^3$$

b. Dimensionamiento de bomba centrífuga.

Se definen las condiciones de operación como:

$$v : 0.00101 \frac{kg}{m s}$$

$$\rho : 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$u : 0.014 \frac{m}{s}$$

$$d_i : 0.045m \text{ (1/2")}$$

Número de Reynolds:

Ecuación 52: Número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho d_i v}{\nu}$$

$$Re = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} * 0.000834 \frac{m}{s} * 0.045m}{0.00101 \frac{kg}{m \cdot s}} = 37.517$$

ρ : densidad ($\frac{kg}{m^3}$)

d_i : diámetro de tubería (m)

v : velocidad $\frac{m}{s}$

ν : viscosidad $\frac{kg}{m \cdot s}$

Pérdidas por fricción en tubería:

Ecuación 53: Pérdidas de fricción en tuberías

$$\Delta P_f = 8f \left(\frac{L}{d_i} \right) \frac{\rho u^2}{2}$$

$$\Delta P_f = 8 + 0.05 \left(\frac{2.51.1mm}{0.045m} \right) \frac{1000 \frac{kg}{m^3} * (0.00083 \frac{m}{s})^2}{2} = 0.216 \frac{Pa}{m} = 3.36x10^{-7} \frac{kPa}{m}$$

ΔP_f = caída de presión, N/m^2

f = factor de fricción

L = largo de la tubería, m

d_i = diámetro interno de la tubería, m

ρ = densidad del fluido, kg/m^3

u = velocidad del fluido, m/s

Pérdida en línea

Ecuación 54: Pérdida de fricción en línea

$$P = \Delta P_f * L = 3.69 \times 10^{-7} \text{ kPa}$$

Succión de bomba centrífuga

Dado el diseño en resultados, los accesorios en succión son:

Accesorios en la succión de bomba centrífuga.

Accesorio / Tubería	kf
Largo de tubería	0.3
1 Válvula de compuerta (abierto total)	0.2
Kf total	0.5

Cálculo de caída de presión en la succión – cabeza dinámica (1)

Ecuación 55: Caída de presión en cabeza dinámica

$$P = \rho * g * kf$$

$$P_1 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.5 = 4905 \text{ Pa} = 4.905 \text{ kPa}$$

Presión de succión

Ecuación 56: Presión total de fricción

$$P_{tot} = \frac{g * \rho * \text{cabeza estática}}{1000}$$

$$P_{tot} = \frac{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1 \text{ m}}{1000} = 9.81 \text{ kPa}$$

Con presión atmosférica de 101.325kPa

Presión 2

$$P_2 = 9.81kPa + 101.325kPa = 111.135kPa$$

Presión de succión:

$$P_{suc} = P_2 - P_1 = 106.230kPa$$

Descarga de la bomba

Dado el diseño, los accesorios en la descarga son:

Accesorio / Tubería	kf
Longitud de tubería	1.1
Válvula de compuerta (abierto total)	0.2
Válvula de cheque	2.5
Codo 90°	0.75
Kf total	4.55

Utilizando la ecuación x.

$$P_{desc} = 1000 \frac{kg}{m^3} * 9.8 \frac{m}{s^2} * 4.55 = 44635.5Pa = 44.636kPa$$

Presión de descarga

$$P_{suc} = P_2 + P_{desc} = 155.771kPa$$

Diferencial de presiones entre succión y descarga

$$\Delta P = 155.771kPa - 106.230kPa = 49.54kPa = 5.05m$$

Utilizando la ecuación de Antoine para agua:

Presión de vapor	
A	16.3872
B	3885.7
C	230.17

Ecuación 57: Antoine para presión del fluido

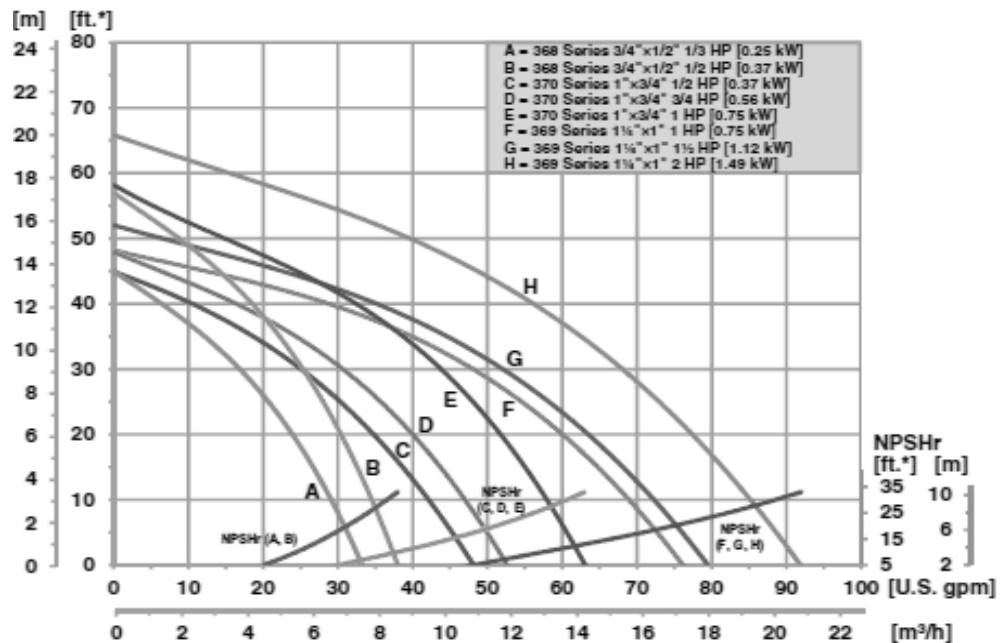
$$\log_{10}P^{vap} = A - \frac{B}{T + C} = 1.160$$

$$e^{\log_{10}P^{vap}} = 3.188kPa$$

$$NPSH = P_{suc} - e^{\log_{10}P^{vap}} = 103.042kPa = 11.700m$$

Con un caudal de 7.489gpm y una cabeza de 11.68m, la bomba ideal para la operación será de 1/3hp

Figura 109: Curva característica de bombas centrífugas



(Burt Process Equipment, 2017)

11. Manuales de operación y procedimientos.

1. Caracterización de aceite.

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PA	01	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba del número ácido

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de número ácido, con motivo de verificar la calidad del aceite.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de aceite.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:

1. En un beaker de 250ml colocar una muestra, pesada, y colocar los siguientes datos en una tabla:

Prueba número ácido		
Número ácido	Tamaño de la muestra (g)	Sensibilidad del peso (g)

2. Añadir 125 ml del solvente de titulación
 3. Preparar los electrodos
 - a. Limpiar ambos electrodos (vidrio y calomel)
 - b. Humedecer con un poco de electrolito
 - c. Lavar el electrodo con agua
 - d. Previo a cada titulación, colocar los electrodos en agua por al menos 5 minutos
 - e. Remover el exceso de agua
 4. Colocar el beaker con la muestra en una posición en la que los electrodos puedan estar sumergidos casi a la mitad.
 5. Iniciar agitación
 6. Seleccionar una bureta apropiada y llenarla con la solución 0.1N de KOH
 - a. Colocar la bureta en posición para titular
 - b. Tener cuidado que la punta de la bureta quede inmersa a unos 25mm en el líquido.
 - c. Tomar las lecturas iniciales de la bureta y del potenciometro
 7. Titular
 8. Lavar bien los electrodos y la punta de la bureta con solvente de titulación
 - a. Lavar nuevamente con alcohol isopropilico
 - b. Lavar con agua de grado reactivo
 - c. Dejar los electrodos en agua por al menos 5 minutos antes de volver a utilizarlos
 9. Para cada set de muestras, hacer un blanco de 125ml de solvente de titulación
 - a. Agregar solución 0.1N de KOH en aumento de 0.05ml
 - i. Esperar a tener un potencial de celda constante
 - ii. Anotar lectura de bureta y potenciometro (para cada aumento)
 - b. Agregar solución 0.1N de HCl en aumentos de 0.05ml y operar igual que con la solución de KOH
 - i. Número ácido (mg KOH/g) = $A \times N \times 56.1/W$
 1. A= cantidad de KOH (ml)
 2. N= normalidad de KOH
 3. W= peso de aceite
- Las soluciones utilizadas en el procedimiento son las siguientes:
 - SOLVENTE DE TITULACIÓN
 1. 500ml de tolueno
 2. 5ml de agua
 3. 495ml de alcohol isopropilico anhidro

- SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE POTASIO (0.1N)
 1. 6g de hidróxido de potasio (KOH) en aproximadamente 1L de alcohol isopropílico anhidro
- SOLUCIÓN DE ÁCIDO CLORHÍDRICO
 1. Mezclar 9ml de ácido clorhídrico (HCl) con 1L de alcohol isopropílico anhidro

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID Documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO ACID -1	Presidente del Comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PA	02	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de viscosidad

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de viscosidad, con motivo de verificar la calidad del aceite.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de aceite.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 - Para líquidos transparentes:
 1. Llenar el viscosímetro de la forma que lo indica el manual del mismo. (Esto se debe hacer una vez calibrado el instrumento).
 1. Si la muestra contiene partículas sólidas, se debe filtrar antes de llenar el viscosímetro.

*Con productos que muestran un comportamiento gelatinosa, se debe tener cuidado de que la medición se realice a altas temperaturas, para que el material fluya libremente.

*Al utilizar un baño para colocar varios viscosímetros, se debe tener en cuenta que no se debe meter, ni sacar un viscosímetro, mientras se están realizando estudios en otro, dentro del baño.

*Cuando el diseño del viscosímetro lo requiere, se debe ajustar el volumen de la muestra a la marca.

1. Usar:

1.1 Succión: si la muestra contiene constituyentes no volátiles

1.2 Presión: para ajustar el nivel de la muestra a una posición en el brazo capilar del instrumento, aproximadamente 5mm por encima de la primera marca de distribución.

1.3 Dejando fluir la muestra libremente, medir en segundos el tiempo requerido para que el menisco pasa de la primera marca a la segunda.

*Si el tiempo de flujo es menor al mínimo especificado, se debe seleccionar un viscosímetro con un capilar de menor diámetro y se debe repetir la operación.

2. Repetir nuevamente el proceso 2, para realizar una segunda medida del tiempo de flujo.

* Si con dos mediciones están dentro del 0.2%; usar el promedio para calcular la viscosidad y reportarla.

3. Si las medidas no están de acuerdo, repetir el procedimiento; después de limpiar y secar el viscosímetro y filtrar la muestra.

o Para líquidos opacos:

1. Calentar en el contenedor original, en un horno a 60+2°C por una hora.

a. Agitar la muestra con una varilla de longitud suficiente para alcanzar el fondo del recipiente.

2. Continuar agitando hasta que ya no haya lodo o cera adherido a la varilla.

a. Tapar el recipiente y agitar durante 1 minuto para completar el mezclado.

3. Llenar 2 viscosímetros, de la manera que el manual del instrumento lo indique.

4. Los viscosímetros que se llenan antes de insertarlos o sumergirlos en el baño, pueden necesitar que se precalienten en un horno antes de introducir la muestra; para asegurar que la muestra no se enfríe por debajo de la temperatura de muestreo.

5. Después de 10 minutos, ajustar el volumen de la muestra para que coincida con la marca de llenado en el viscosímetro.

*Al utilizar un baño para colocar varios viscosímetros, se debe tener en cuenta que no se debe meter ni sacar un viscosímetro, mientras se realizan pruebas en otro, dentro del mismo baño.

6. Dejar fluir la muestra libremente, tomar el tiempo (s), con precisión de 0.2s, en que el anillo de contacto pase de la primera

7. Calcular la viscosidad media $\bar{\nu}$, en centistokes ($\frac{m}{s}$), de las dos corridas

*Para aceites combustibles, las dos corridas deben no diferir en más de 1.7% de $\bar{\nu}$ a 50°C y 1.1% de $(\bar{\nu}+8)$ a 80 y 100°C

**Si las dos corridas exceden estos límites se debe repetir el procedimiento

8. Para otros fluidos opacos, que podrían no ser Newtonianos, la precisión no esta determinada.

9. Reportar el promedio de las dos corridas como la viscosidad del fluido.

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO VISC -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PA	03	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba para agua y sedimentación

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de agua y sedimentación, con motivo de verificar la calidad del aceite.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de aceite.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 1. Control de temperatura
 - 1.1 Dejar que el frasco de muestra y su contenido lleguen a un equilibrio de temperatura entre 70-90°F (21-32°C)
 - 1.2 Se debe mantener la temperatura del combustible dentro de los

límites ya propuestos, durante toda la prueba.

2. Llenar el tubo de centrifugación hasta la marca de 100ml, con una muestra tomada directo del frasco de muestra.
3. Colocar el tubo en un orificio opuesto a otro que también contenga un tubo lleno, para establecer una condición de equilibrio
 - 3.1 Hacer girar durante 10 minutos a la velocidad calculada por la ecuación:

$$\text{rpm} = 265 * \sqrt{\frac{\text{rcf}}{\text{d}}}$$

Donde:

rcf= fuerza de centrifugación relativa

d= diámetro (in), entre los tubos opuestos en su posición de rotación.

- 3.2 Velocidad suficiente para producir una fuerza de centrifugación relativa entre 500-800

1.1.1 Para obtener la relación entre los cambios de diámetro, rcf y rpm consultar la tabla 1 de la guía

2. Registrar la cantidad de agua combinada con sedimento, al fondo del tubo, con una precisión de 0.005ml

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	<u>LAB_BIO</u> AGUA -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PA	04	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Sílvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de pH

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de pH, con motivo de verificar la calidad del aceite.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de aceite.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 - Calibración:
 1. Presionar la tecla "mode" y soltar hasta que la pantalla digital indique el modo de pH. Esta tecla cambia entre los modos de pH, mV y mV Rel.
 2. Presione el botón "setup" dos veces y después presione "enter", para eliminar una estandarización ya existente.
 3. Sumergir los electrodos dentro del buffer del grupo seleccionado
 - 3.1 Agitar moderadamente
 4. Presionar "std" para acceder al modo de estandarización
 - 4.1 El grupo de buffer seleccionado aparece brevemente
 - 2.1.1 Para seleccionar el tipo de buffer a utilizar, presione la tecla "setup", para acceder al menú de estandarización de pH, luego debe presionar nuevamente la tecla "setup" para desplegar el icono de "clear buffer" junto con los buffers introducidos previamente.
 - 2.1.2 Presionar la tecla "enter" para eliminar los buffers existentes.
 - 2.1.3 Presionar la tecla "enter" para confirmar la selección , o la tecla "mode" para salir de la selección, o la tecla "setup" para acceder a otras opciones de setup
 - 2.1.4 Para seleccionar el grupo de pH buffer, se debe acceder desde la pantalla de mediciones de pH, presionando el botón "setup" y se desplegará la pantalla de "buffer select".
 - 2.1.5 Presionar "enter" para aceptar el grupo y regresar a la pantalla de mediciones o presionar "setup" hasta que aparezca el grupo de buffers que se desea.
 - 3. Esperar para que se establezca la lectura.
 - 4. Presionar "std" nuevamente para iniciar la estandarización
 - 4.1 El potenciómetro regresa de una vez a la pantalla de medición
 - 4.2 Presionar "mode" mientras está en el modo de normalización, para volver a las mediciones, sin aceptar la calibración.

5. Repetir los pasos 3-6 con un segundo buffer y subsecuentes.

*Es bueno estandarizar el potenciómetro usando al menos 2 buffers

**Cuando el potenciómetro acepta el segundo buffer, se despliega el porcentaje de pendiente asociado al rendimiento del electrodo.

**90-102%: aparece el mensaje "Goodelectrode" y regresa a la pantalla de medición.

**No en el rango: mensaje "Electrodeerror" y no regresa a la pantalla de medición. Para regresar a la pantalla de medición se debe presionar "enter"

○ Procedimiento:

1. Introducir el electrodo (junto con la sonda de temperatura, si está disponible) en la solución muestra.

1.1 Agitar moderadamente

1.1.1 Asegurarse que el potenciómetro está en modo de medición

2. Cuando el potenciómetro sienta que la lectura se ha estabilizado, el icono de estable ("stable") aparecerá debajo de la lectura.

*La agitación con un agitador magnético proporciona una respuesta más rápida del electrodo.

3. Reportar la lectura del potenciómetro.

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO pH -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PA	05	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de densidad

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba densidad, con motivo de verificar la calidad del aceite.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de aceite.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 1. Pesar el picnómetro limpio y seco
 2. Llenar con agua destilada y volver a pesar (obtener la masa de agua contenida en el picnómetro)
 3. Vaciar y llenar con el líquido problema (lavar una vez o dos con el líquido problema, antes de colocar la muestra)
 4. Pesar nuevamente (obtener masa del líquido problema)
 5. Se calcula el volumen del picnómetro:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Donde:

m= masa de agua

ρ = densidad del agua

5. Se puede obtener la densidad del líquido con:

$$\rho_l = \frac{w_p}{V}$$

Donde:

w_p = peso del líquido problema

V= volumen del picnómetro

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO DENS -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PA	06	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta Gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de humedad y materiales volátiles

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de humedad y materiales volátiles, con motivo de verificar la calidad del aceite.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de aceite.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- Los pasos a realizarse para esta prueba utilizando una estufa son los siguientes:
 1. En un beaker de 250mL pesar 10 g de la muestra de aceite.
 2. Calentar en una estufa hasta con agitación ligera hasta que pare de formar espuma y comience a producir humo.
 - a. La diferencia de peso es la humedad y materiales volátiles.
- Los pasos a realizarse para la prueba utilizando un horno de aire son:
 1. En un beaker de 250mL, seco y tarado de humedad, pesar 5 g de la muestra de aceite.
 2. Meter al horno de aire por 30 minutos a una temperatura de $101\pm 1^{\circ}\text{C}$.
 3. Repetir hasta que el peso sea constante.
 - a. La diferencia de peso es la humedad y materiales volátiles.

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO DENS -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	01	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión		Aprobado por
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0		Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano

Procedimiento Prueba 3/27

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba 3/27, con motivo de verificar que la reacción haya sido completa.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 - i. En un vial, colocar 27ml de metanol
 - ii. A esos 27ml de metanol agregar 3ml del combustible a analizar
 - iii. Agitar vial
 1. Reacción completa: se puede observar que el combustible se ha disuelto completamente en el metanol
 2. Reacción incompleta: se puede observar que el combustible no se ha disuelto en el metanol; se puede ver un poco opaco (brumoso)
 - iv. Después de 5 minutos se puede volver a observar la muestra para comprobar que siga sin disolverse o que siga totalmente claro (disuelto)

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO 3.27-1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	02	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba del número ácido

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de número ácido, con motivo de verificar la calidad del biodiesel.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 1. En un beaker de 250ml colocar una muestra, pesada, y colocar los siguientes datos en una tabla:

Prueba número ácido		
Número ácido	Tamaño de la muestra (g)	Sensibilidad del peso (g)

2. Añadir 125 ml del solvente de titulación
 3. Preparar los electrodos
 - a. Limpiar ambos electrodos (vidrio y calomel)
 - b. Humedecer con un poco de electrolito
 - c. Lavar el electrodo con agua
 - d. Previo a cada titulación, colocar los electrodos en agua por al menos 5 minutos
 - e. Remover el exceso de agua
 4. Colocar el beaker con la muestra en una posición en la que los electrodos puedan estar sumergidos casi a la mitad.
 5. Iniciar agitación
 6. Seleccionar una bureta apropiada y llenarla con la solución 0.1N de KOH
 - a. Colocar la bureta en posición para titular
 - b. Tener cuidado que la punta de la bureta quede inmersa a unos 25mm en el líquido.
 - c. Tomar las lecturas iniciales de la bureta y del potenciómetro
 7. Titular
 8. Lavar bien los electrodos y la punta de la bureta con solvente de titulación
 - a. Lavar nuevamente con alcohol isopropilico
 - b. Lavar con agua de grado reactivo
 - c. Dejar los electrodos en agua por al menos 5 minutos antes de volver a utilizarlos
 9. Para cada set de muestras, hacer un blanco de 125ml de solvente de titulación
 - a. Agregar solución 0.1N de KOH en aumento de 0.05ml
 - i. Esperar a tener un potencial de celda constante
 - ii. Anotar lectura de bureta y potenciómetro (para cada aumento)
 - b. Agregar solución 0.1N de HCl en aumentos de 0.05ml y operar igual que con la solución de KOH
 - i. Número ácido (mg KOH/g)= $A \times N \times 56.1/W$
 1. A= cantidad de KOH (ml)
 2. N= normalidad de KOH
 3. W= peso de biodiesel
- Las soluciones utilizadas en el procedimiento son las siguientes:
 - SOLVENTE DE TITULACIÓN
 1. 500ml de tolueno

2. 5ml de agua
 3. 495ml de alcohol isopropilico anhidro
- SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE POTASIO (0.1N)
 1. 6g de hidróxido de potasio (KOH) en aproximadamente 1L de alcohol isopropílico anhidro
 - SOLUCIÓN DE ÁCIDO CLORHÍDRICO
 1. Mezclar 9ml de ácido clorhídrico (HCl) con 1L de alcohol isopropílico anhidro

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO ACID -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	03	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de viscosidad

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de viscosidad, con motivo de verificar la calidad del biodiesel.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 - Para líquidos transparentes:
 1. Llenar el viscosímetro de la forma que lo indica el manual del mismo. (Esto se debe hacer una vez calibrado el instrumento).
 1. Si la muestra contiene partículas sólidas, se debe filtrar antes de llenar el viscosímetro.

*Con productos que muestran un comportamiento gelatinosa, se debe tener cuidado de que la medición se realice a altas temperaturas, para que el material fluya libremente.

*Al utilizar un baño para colocar varios viscosímetros, se debe tener en cuenta que no se debe meter, ni sacar un viscosímetro, mientras se están realizando estudios en otro, dentro del baño.

*Cuando el diseño del viscosímetro lo requiere, se debe ajustar el volumen de la muestra a la marca.

1. Usar:

1.1 Succión: si la muestra contiene constituyentes no volátiles

1.2 Presión: para ajustar el nivel de la muestra a una posición en el brazo capilar del instrumento, aproximadamente 5mm por encima de la primera marca de distribución.

1.3 Dejando fluir la muestra libremente, medir en segundos el tiempo requerido para que el menisco pasa de la primera marca a la segunda.

*Si el tiempo de flujo es menor al mínimo especificado, se debe seleccionar un viscosímetro con un capilar de menor diámetro y se debe repetir la operación.

2. Repetir nuevamente el proceso 2, para realizar una segunda medida del tiempo de flujo.

* Si con dos mediciones están dentro del 0.2%; usar el promedio para calcular la viscosidad y reportarla.

3. Si las medidas no están de acuerdo, repetir el procedimiento; después de limpiar y secar el viscosímetro y filtrar la muestra.

o Para líquidos opacos:

1. Calentar en el contenedor original, en un horno a $60 \pm 2^\circ\text{C}$ por una hora.

a. Agitar la muestra con una varilla de longitud suficiente para alcanzar el fondo del recipiente.

2. Continuar agitando hasta que ya no haya lodo o cera adherido a la varilla.

a. Tapar el recipiente y agitar durante 1 minuto para completar el mezclado.

3. Llenar 2 viscosímetros, de la manera que el manual del instrumento lo indique.

4. Los viscosímetros que se llenan antes de insertarlos o sumergirlos en el baño, pueden necesitar que se precalienten en un horno antes de introducir la muestra; para asegurar que la muestra no se enfríe por debajo de la temperatura de muestreo.

5. Después de 10 minutos, ajustar el volumen de la muestra para que coincida con la marca de llenado en el viscosímetro.

*Al utilizar un baño para colocar varios viscosímetros, se debe tener en cuenta que no se debe meter ni sacar un viscosímetro, mientras se realizan pruebas en otro, dentro del mismo baño.

6. Dejar fluir la muestra libremente, tomar el tiempo (s), con precisión de 0.2s, en que el anillo de contacto pase de la primera a la segunda marca.
7. Calcular la viscosidad media v , en centistokes (m^2/s), de las dos corridas
 - *Para aceites combustibles, las dos corridas deben no diferir en más de 1.7% de v a 50°C y 1.1% de $(v+8)$ a 80 y 100°C
 - **Si las dos corridas exceden estos límites se debe repetir el procedimiento
8. Para otros fluidos opacos, que podrían no ser Newtonianos, la precisión no esta determinada.
9. Reportar el promedio de las dos corridas como la viscosidad del fluido.

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO VISC -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	04	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba para agua y sedimentación

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de agua y sedimentación, con motivo de verificar la calidad del biodiesel.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento o Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 1. Control de temperatura
 - 1.1 Dejar que el frasco de muestra y su contenido lleguen a un equilibrio de temperatura entre 70-90°F (21-32°C)

- 1.2 Se debe mantener la temperatura del combustible dentro de los límites ya propuestos, durante toda la prueba.
2. Llenar el tubo de centrifugación hasta la marca de 100ml, con una muestra tomada directo del frasco de muestra.
3. Colocar el tubo en un orificio opuesto a otro que también contenga un tubo lleno, para establecer una condición de equilibrio
 - 3.1 Hacer girar durante 10 minutos a la velocidad calculada por la ecuación:

$$\text{rpm} = 265 * \sqrt{\frac{\text{rcf}}{\text{d}}}$$

Donde:

rcf= fuerza de centrifugación relativa

d= diámetro (in), entre los tubos opuestos en su posición de rotación.

- 3.2 Velocidad suficiente para producir una fuerza de centrifugación relativa entre 500-800

- 1.1.1 Para obtener la relación entre los cambios de diámetro, rcf y rpm consultar la tabla 1 de la guía

2. Registrar la cantidad de agua combinada con sedimento, al fondo del tubo, con una precisión de 0.005ml

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO AGUA -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

Área responsable	Elemento	Tipo	Número	Fecha de vigencia
Jefe de Laboratorio Análisis Ing. Andrés Hernández	431	PB	05	05/10/2013
Autor	Contacto técnico	Número de revisión	Aprobado por	
Laboratorista Ana Silvia López	Ing. Andrés Hernández	1.0	Alta gerencia Ing. Gamaliel Zambrano	

Procedimiento Prueba de pH

OBJETIVO:

Definir el procedimiento que se llevará a cabo para realizar la prueba de pH, con motivo de verificar la calidad del biodiesel.

ALCANCE:

Este procedimiento aplica para el análisis de control de calidad de biodiesel.

PROCESOS Y REQUISITOS:

- ¿Quién es responsable y de qué son responsables en este Procedimiento Instructivo de Trabajo?
- Los pasos a realizarse para esta prueba son los siguientes:
 - Calibración:
 1. Presionar la tecla "mode" y soltar hasta que la pantalla digital indique el modo de pH. Esta tecla cambia entre los modos de pH, mV y mV Rel.
 2. Presione el botón "setup" dos veces y después presione "enter", para eliminar una estandarización ya existente.
 3. Sumergir los electrodos dentro del buffer del grupo seleccionado
 - 3.1 Agitar moderadamente
 4. Presionar "std" para acceder al modo de estandarización
 - 4.1 El grupo de buffer seleccionado aparece brevemente
 - 2.1.1 Para seleccionar el tipo de buffer a utilizar, presione la tecla "setup", para acceder al menú de estandarización de pH, luego debe presionar nuevamente la tecla "setup" para desplegar el icono de "clear buffer" junto con los buffers introducidos previamente.
 - 2.1.2 Presionar la tecla "enter" para eliminar los buffers existentes.
 - 2.1.3 Presionar la tecla "enter" para confirmar la selección , o la tecla "mode" para salir de la selección, o la tecla "setup" para acceder a otras opciones de setup
 - 2.1.4 Para seleccionar el grupo de pH buffer, se debe acceder desde la pantalla de mediciones de pH, presionando el botón "setup" y se desplegará la pantalla de "buffer select".
 - 2.1.5 Presionar "enter" para aceptar el grupo y regresar a la pantalla de mediciones o presionar "setup" hasta que aparezca el grupo de buffers que se desea.
 - 3. Esperar para que se establezca la lectura.
 - 4. Presionar "std" nuevamente para iniciar la estandarización
 - 4.1 El potenciómetro regresa de una vez a la pantalla de medición
 - 4.2 Presionar "mode" mientras está en el modo de normalización, para volver a las mediciones, sin aceptar la calibración.

5. Repetir los pasos 3-6 con un segundo buffer y subsecuentes.

*Es bueno estandarizar el potenciómetro usando al menos 2 buffers

**Cuando el potenciómetro acepta el segundo buffer, se despliega el porcentaje de pendiente asociado al rendimiento del electrodo.

**90-102%: aparece el mensaje "Goodelectrode" y regresa a la pantalla de medición.

**No en el rango: mensaje "Electrodeerror" y no regresa a la pantalla de medición. Para regresar a la pantalla de medición se debe presionar "enter"

○ Procedimiento:

1. Introducir el electrodo (junto con la sonda de temperatura, si está disponible) en la solución muestra.

1.1 Agitar moderadamente

1.1.1 Asegurarse que el potenciómetro está en modo de medición

2. Cuando el potenciómetro sienta que la lectura se ha estabilizado, el icono de estable ("stable") aparecerá debajo de la lectura.

*La agitación con un agitador magnético proporciona una respuesta más rápida del electrodo.

3. Reportar la lectura del potenciómetro.

HISTORIAL DE REVISIONES:

Fecha	ID documento	Revisado por	Descripción de los cambios
05/10/2012	LAB_BIO pH -1	Presidente del comité Ing. Andrés Hernández	Emisión inicial

3. HI98703 Turbidímetro portátil

MEASUREMENT PROCEDURE

When taking any turbidity measurements several basic rules should be followed:

- Use always cuvetts without scratches or cracks because they can cause inaccurate readings.
- Cap always the cuvetts to avoid spillage of the sample into the instrument.
- Close always the lid of the instrument during measurement.
- Keep the lid of the instrument closed when it is not used to prevent dust or dirt entering.
- Put always the instrument on a flat, rugged surface when taking measurements.
- Do not operate in direct sunlight.
- Do not use too much oil to prevent contamination of the optical system.

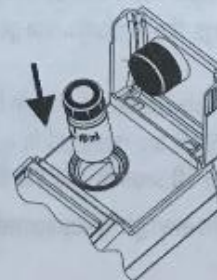
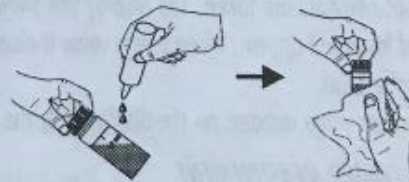
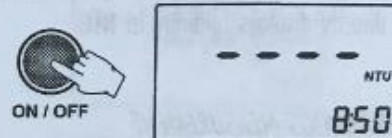
To take turbidity measurements, follow the next steps:

- Turn the instrument ON by pressing ON/OFF. When dashes are displayed on the LCD, the instrument is ready. On the secondary LCD the current time appears, if selected in SETUP menu.
- Fill a clean, dry cuvette with 10 mL of sample up to the mark, taking care to handle the cuvette by the top.
- Replace the cap.
- Wipe the cuvette thoroughly with a lint-free cloth to remove any fingerprints, dirt or water spots.
- Apply silicone oil on the cuvette and wipe with a lint-free cloth to obtain an even film over the entire surface of the cuvette.

Note: It is very important to oil the cuvette, especially for low turbidity values (< 1 NTU) to hide the glass imperfections that can influence the reading.

- Place the cuvette into the instrument. Align the mark from the cuvette with the sign on the instrument case and close the lid.

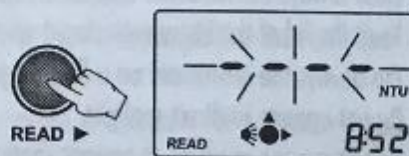
Note: If you have a cuvette with orientation mark, place the cuvette into the instrument with the orientation mark aligned with the sign on the instrument top.



NORMAL MEASUREMENT

This type of measurement can be used for regular measurements, when the sample is stable and normal accuracy is required. In normal measurement mode, the lamp is ON for a minimum period of time (about 7 seconds), saving the battery life. Normal measurement takes about 10 seconds. If normal measurement is selected, the "AVG" tag will not be displayed.

- Press READ ► to start the measurement.
The display will show blinking dashes and the icons for cuvet, detectors and lamp will appear during measurement.



At the end of the measurement, the instrument directly displays turbidity in NTU.



CONTINUOUS MEASUREMENT

This measurement mode can be used when many measurements have to be taken in a short period of time. The feature is also useful to evaluate a very fast settling sample. This measurement mode is recommended for indexing cuvetts. After the first reading is taken, the lid opening will not generate any errors.

The first value is displayed after about 10 seconds and then a new reading is displayed each second. In order to make a continuous measurement keep READ ► pressed until the desired number of measurements are taken. The display will show blinking dashes and the icons for cuvet, detectors and lamp will appear. When a new value is displayed, the cuvet icon and the measurement unit will briefly blink.

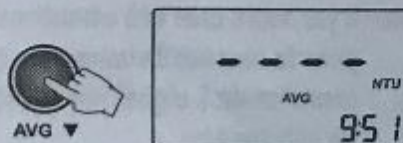
The last value remains on the display after the READ ► is released.

AVERAGED MEASUREMENT

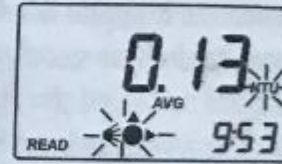
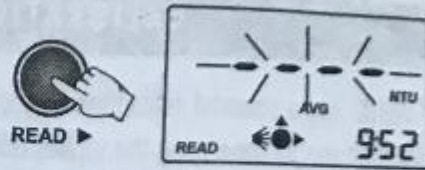
Select this measurement mode when samples that cause unstable readings are analyzed. By averaging several readings, the random noise generated by the sample is reduced and accurate measurements can be taken.

This mode can also be selected when high accuracy measurements are desired. In the average mode 10 measurements are averaged in a short period of time (about 20 seconds). The initial value is displayed after 10 seconds and the display is updated every second with an intermediate value.

- To select the averaged measurement mode press AVG ▼.
When this mode is selected, the AVG icon will be displayed on the LCD.



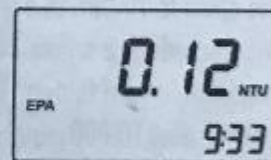
- Press **READ** ► to start the average reading mode. The display will show blinking dashes and the icons for cuvet, detectors and lamp will appear during measurement. When a new partial value is displayed, the cuvet icon and the measurement unit will blink shortly. When the measurement is ended, the final averaged result is displayed directly in NTU.



RANGE AND UNITS

HI 98703 automatically selects the correct range to display the results with the highest accuracy. If the measured value is higher than 1000 NTU (over range), the display will show the maximum value blinking.

The instrument has an EPA compliance reading mode. If this feature is activated in **SETUP**, "EPA" tag will appear on the LCD and the readings will be rounded to meet EPA reporting requirements, as shown in the table:



NTU	Record to Nearest
0.0-1.0	0.05
1-10	0.1
10-40	1
40-100	5
100-400	10
400-1000	50
>1000	100

Method 8000

OXYGEN DEMAND, CHEMICALFor water, wastewater and
seawater

Reactor Digestion Method* USEPA approved for reporting wastewater analysis**

Digestion

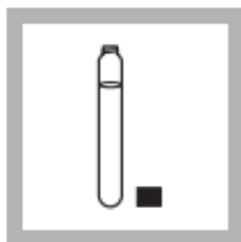
1. Homogenize 500 mL of sample for 2 minutes in a blender.

Note: For the 0-15,000 mg/L range, homogenize 100 mL of sample. Pour the blended sample into a 250-mL beaker. Stir with a magnetic stirrer while withdrawing a sample aliquot. This improves accuracy and reproducibility.



2. Turn on the DRB 200 Reactor. Preheat to 150 °C.

Note: See DRB 200 user manual for selecting pre-programmed temperature applications.



3. Remove the cap of a COD Digestion Reagent Vial for the appropriate range:

Sample Conc. Range (mg/L)	COD Digestion Reagent Vial Type
0 to 150	Low Range
0 to 1500	High Range
0 to 15,000	High Range Plus

Note: The reagent mixture is light-sensitive. Keep unused vials in the opaque shipping container, in a refrigerator if possible. The light striking the vials during the test will not affect results.



4. Hold the vial at a 45-degree angle. Pipet 2.00 mL (0.2 mL for the 0 to 15,000 mg/L range) of sample into the vial.

Note: For the 0-15,000 mg/L range, pipet only 0.20 mL of sample, not 2.00 mL of sample, using a TenSette Pipet. For greater accuracy analyze a minimum of three replicates and average the results.

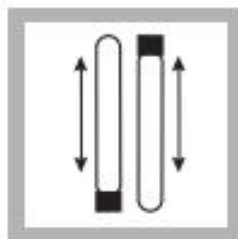
Note: Spilled reagent will affect test accuracy and is hazardous to skin and other materials. Do not run tests with vials which have been spilled. If spills occur, wash with running water.

Caution: Some of the chemicals and apparatus used in this procedure may be hazardous to the health and safety of the user if inappropriately or accidentally misused. Please read all warnings and the safety section of this manual. Wear appropriate eye protection and clothing. If contact occurs, flush the affected area with running water. Follow all instructions carefully.

OXYGEN DEMAND, CHEMICAL, continued



5. Replace the vial cap tightly. Rinse the outside of the COD vial with deionized water and wipe the vial clean with a paper towel.



6. Hold the vial by the cap and over a sink. Invert gently several times to mix the contents. Place the vial in the preheated DRB 200 Reactor.
Note: The vial will become very hot during mixing.



7. Prepare a blank by repeating Steps 3 to 6, substituting 2.00 mL (0.2 mL for the 0 to 15,000 mg/L range) deionized water for the sample.
Note: Be sure the pipet is clean.

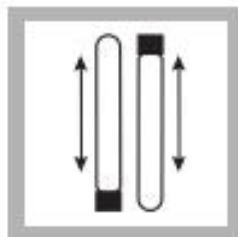
Note: One blank must be run with each set of samples. Run samples and blanks with vials from the same lot number (lot # is on the container label).



8. Heat the vials for 2 hours.
Note: Many samples are digested completely in less than two hours. If desired, measure the concentration (while still hot) at 15 minute intervals until the reading remains unchanged. Cool vials to room temperature for final measurement.



9. Turn the reactor off. Wait about 20 minutes for the vials to cool to 120 °C or less.



10. Invert each vial several times while still warm. Place the vials into a rack. Wait until the vials have cooled to room temperature.

Note: If a pure green color appears in the reacted sample, measure the COD and, if necessary, repeat the test with a diluted sample.



11. Use one of the following analytical techniques to measure the COD:

- Colorimetric method, 0-150 mg/L COD
- Colorimetric method, 0-1,500 mg/L COD
- Colorimetric method, 0-15,000 mg/L COD

Anexo L: Módulo 6 Auditoría, diagnóstico e implementación de programa de oficina verde en instalaciones administrativas de un complejo comercial

1. Diagnóstico de oficina verde en complejo comercial



DIAGNÓSTICO DE OFICINA VERDE

Área administrativa complejo comercial

Elaborado por: María Rodríguez Velásquez

Guatemala, Junio de 2017

Resumen ejecutivo

El diagnóstico de oficina verde se llevó a cabo en las oficinas del área administrativa de un complejo comercial en zona 16. Este se realizó durante los meses de febrero a junio de 2016 y consistió principalmente en identificar las actividades en oficinas que generan mayor impacto mediante visitas y recorridos por las instalaciones del área administrativa. Además se identificaron oportunidades de mejora, para aumentar la eficiencia de las actividades diarias que hacen y reducir el consumo de recursos (como agua, energía eléctrica e insumos de oficina) y la generación de residuos sólidos. Esta actividad se realizó por parte de la Universidad del Valle de Guatemala en conjunto con personal del complejo comercial.

Durante el diagnóstico se evaluaron los consumos de recursos principales, energía eléctrica, agua y manejo de residuos sólidos principalmente. Se recopilaron los datos de consumos y generación del año 2016, los cuales se tomaron como referencia para establecer la línea base de indicadores.

Tabla 1: Línea base de oficina

Energía Eléctrica		
Uso de electricidad	99,148.00	kWh/año
Costo de electricidad	109,059.03	Q/año
GEI de electricidad	30,438.44	tCO2e/año
Agua		
Consumo de agua	943.00	m3/año
Costo de agua		Q/año
GEI de uso de agua	-	kgCO2e/año
Residuos sólidos		
Generación de residuos	-	Kg/año
Costo de disposición de residuos	-	Q/año
Consumo de papel	928.00	Resmas/año
Costo de papel		Q/año
Material reciclado		Kg/año
Emisiones Atmosféricas		
Total de GEI	-	tonCO2e/año

Resultados esperados

Tabla 2: Recomendaciones identificadas y resultados esperados

No.	Recomendación	Inversión	Beneficios económicos	Beneficios ambientales
1	Recomendación 1. Implementación de un programa de Oficina Verde.	--	--	Control de actividades de oficina.
2	Recomendación 2. Indicadores de desempeño	--	--	Reducir consumos innecesarios.
3	Recomendación 3. Prácticas para el buen manejo de residuos	Q.720.00	--	Reducir generación de residuos sólidos
4	Recomendación 4. Prácticas para uso eficiente de papel	--	--	Reducción del consumo de papel en las oficinas.
5	Recomendación 5. Prácticas para uso eficiente de aire acondicionado	--	--	Reducir consumo innecesario de aire acondicionado.
6	Recomendación 6. Gestión de compras verdes.	--	--	Disminución de generación de residuos sólidos y uso de combustibles.
7	Recomendación 7. Reducción de horas de operación en oasis.	Q.375.00	Q.4,173.77	Disminución de emisión indirecta kgCO2eq / año
8	Recomendación 8: Modificación del sistema de iluminación	-	-	Disminución de consumo de energía
	SUMA	Q.1,095.00	Q.4,173.77	

Descripción de la empresa

Datos generales

Tabla 3: Información de la empresa

Actividad	Complejo comercial dedicado a actividades de comercio, vivienda, recreación y diferente tipo de eventos dentro de sus instalaciones. Por otra parte el área administrativa del complejo comercial se encarga de las actividades de venta de inmuebles para vivienda, logística y planificación de los eventos que se llevan a cabo en sus instalaciones, ejecución de proyectos internos como construcción, ampliaciones, manejo de residuos, tratamiento de agua, entre otros. Además cuentan con un área de diseño encargada de desarrollar los nuevos proyectos de inversión y construcción, esta es una de las áreas más fuertes dentro del complejo comercial.
Número de empleados	93 personas

Aspectos ambientales

Consumo de agua

En el área administrativa del complejo comercial el agua se utiliza principalmente en servicios sanitarios, para actividades de limpieza, actividades de cocina y agua purificada para beber. El complejo comercial no paga una cuota por consumo de agua ya que poseen pozo propio del cual extraen este recurso, por lo que se lleva un control mensual y anual del agua consumida en sus instalaciones, anotando lecturas de los contadores utilizados para la distribución del agua en las instalaciones del complejo comercial.

El consumo de agua presentado a continuación se calculó tomando como referencia los patrones de consumo del personal y la tecnología instalada en sanitarios. El resultado de estos cálculos fue el siguiente balance de agua

Tabla 4. Balance de agua mensual estimada

Ítem	Consumo mensual (m3)	Distribución porcentual
Lavamanos	20.13	25.18 %
Inodoros/ Mijitorios	16.85	21.08%
Otros (cocina, limpieza)	42.94	53.74%
Total mensual	79.92	
Total anual	958.99	

Fuente: Datos estimados según aforos realizados

El valor anual obtenido según las estimaciones fue de 958.99 m³, mientras que el valor obtenido de las lecturas de los contadores en el período de febrero de 2016 a enero de 2017 fue de 943.00m³. El valor mensual obtenido por estimación de datos fue de 79.92 m³, mientras que el valor promedio mensual obtenido de los datos de los contadores en el mismo período de meses fue de 78.58 m³. La variación entre los datos estimados y los obtenidos de las lecturas tomadas en los contadores de agua es mínima por lo que se concluye que no hay fugas o pérdidas en el sistema de agua¹.

Tabla 5. Consumo de agua purificada

	Consumo mensual promedio	Consumo anual
Garrafones	108	1,287.00
Litros	2,145.00	25,740.00

Los datos de consumo de agua purificada se obtuvieron del período de enero de 2016 a diciembre de 2016.

Uso de energía

La energía eléctrica es un recurso esencial para las actividades en oficina. Se usa en las siguientes aplicaciones: iluminación, climatización, equipo de cómputo, electrodomésticos y otros equipos. Las instalaciones del área administrativa del complejo comercial se encuentran en el edificio F segundo y tercer nivel y el edificio K, 16 Calle 7-44, Zona 9, ocupando un área aproximada de 933.12 m². A continuación se presenta el consumo de energía eléctrica de cada mes en un año. Estos datos fueron obtenidos de las facturas del período de Febrero de 2016 a Enero de 2017.

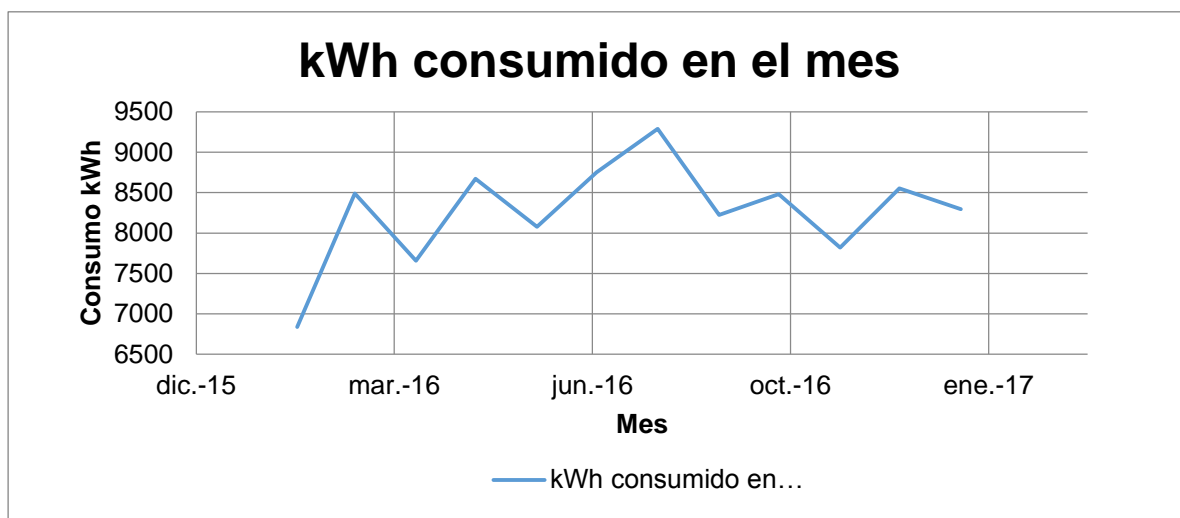
Tabla 6. Consumo de energía de oficinas de complejo comercial

Mes	KWh consumidos al mes
feb-16	6,836.00
mar-16	8,490.00
abr-16	7,656.00
may-16	8,672.00
jun-16	8,078.00
jul-16	8,752.00
ago-16	9,291.00
sep-16	8,226.00
oct-16	8,480.00
nov-16	7,818.00
dic-16	8,552.00
ene-17	8,297.00
Suma	99,148.00

Fuente: Datos obtenidos del registro de facturas de energía eléctrica

Como se muestra en la tabla anterior la tendencia de los kWh que se consume en el mes en las oficinas del complejo comercial se mantiene en un rango de 6,836.00 a 9,291.00, con lo cual podemos observar que la oscilación no es significativa y demuestra un comportamiento constante. Esto quiere decir que los pagos de cada mes no varían tanto entre sí, ya que la empresa usualmente paga el y lo que varía es la tarifa vigente según el período de tiempo.

Gráfica 1. Consumo de Energía Eléctrica en Oficinas del complejo comercial



A través de la realización de un inventario de equipo eléctrico, donde se consideran los subsistemas de iluminación, equipo de climatización, equipo de oficina, electrodomésticos, y otros; y con estimación de los tiempos de uso en base a la información proporcionada por los colaboradores de la empresa se realizó un balance de energía. A continuación se muestra la distribución en las diferentes áreas, el análisis detallado se puede consultar en la sección de Anexos.

Tabla 7. Balance de consumo de energía mensual estimada

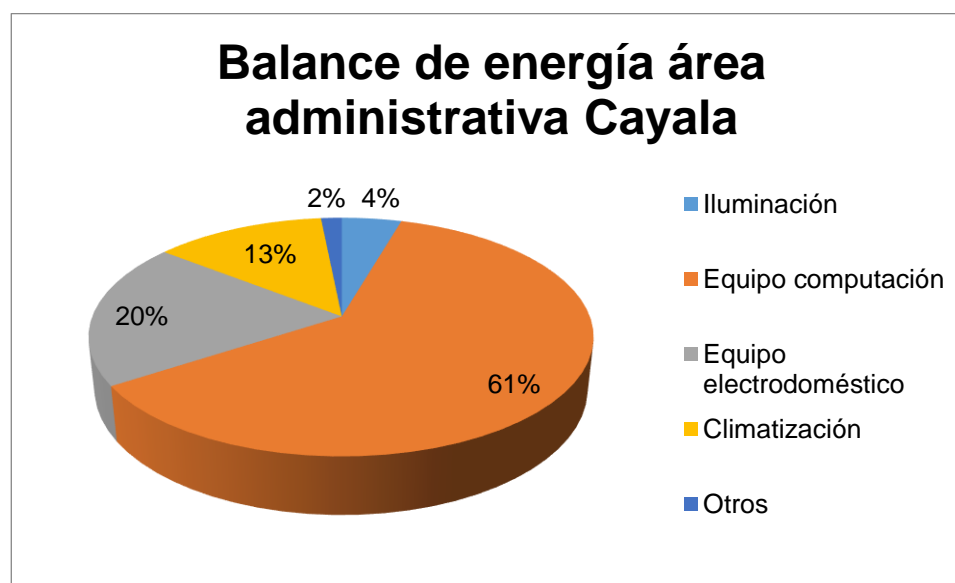
RESUMEN	Consumo (kWh/mes)	Porcentaje (%)
Iluminación	369.49	4.49
Equipo de computación	5,042.31	61.31
Electrodomésticos	1,624.40	19.75
Climatización	1,059.24	12.88
Otros	128.76	1.57
Total	8,224.19	100.00%

Fuente: datos estimados según información proporcionada por los colaboradores

Con la tabla presentada anteriormente, se puede evidenciar que el mayor consumo de energía corresponde a los equipos de cómputo con un 61.31% del consumo total de energía eléctrica, esto se debe a que dentro del área administrativa del complejo comercial, se encuentra el área de diseño en la cual se tiene conectado una cantidad considerable de equipos como monitores e impresoras para planos (plotters), sin mencionar el consumo considerable del cuarto de servidores. Las horas de trabajo estimadas fueron 8 al día y 26 días al mes. El rubro que sigue por mayor consumo porcentual es el de los electrodomésticos, esto debido a que cuentan con equipos como

oasis, máquinas expendedoras de gaseosas y comida, refrigerador, microondas y cafeteras. El tercer rubro de mayor consumo es el de climatización, esto debido a que en las oficinas no se cuenta con un equipo de climatización para toda el área y los colaboradores de la organización tienen conectados ventiladores por puesto de trabajo. Por parte de la iluminación no se presenta un consumo significativo ya que la mayor parte del edificio cuenta con tecnología LED o ahorradores. En el área de otros se colocaron los cargadores de celular, radio, cámara, secadores de mano y extractores de olor entre otros equipos externos a las actividades de oficina.

Gráfica 2. Resumen de consumos energéticos por aspecto en oficinas de complejo comercial



Fuente: datos estimados según información proporcionada por los colaboradores

Generación de residuos

En las oficinas del complejo comercial, se utiliza una gran variedad de artículos de oficina que generan residuos. El mayor insumo que genera residuos, en este caso, es el papel. En las oficinas para el papeleo interno no se utilizan hojas de papel reciclado y para documentos externos a la empresa es necesario el uso de papel virgen.

Entre los insumos más utilizados y críticos en las actividades de la empresa se encuentran Plotter, servilletas, papel mayordomo y papel higiénico. Se lleva un registro de todos los insumos utilizados en oficinas, ya que el departamento de compras lleva un registro mensual de los pedidos realizados a bodega, pero no es posible determinar la cantidad de residuos generados al mes debido a que no se clasifican y pesan las bolsas de residuos. La clasificación de estos residuos se realiza junto a la de los demás residuos

de todo el complejo, en la planta de tratamiento de residuos sólidos que el complejo comercial tiene.

Tabla 8. Generación de residuos

Mes	Residuos (kg)			Total
	Orgánico/Basura	Plástico/Aluminio	Papel/Cartón	
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

*Datos no disponibles

Tabla 9. Consumo por mes de insumos

INGRESOS	U.M.	2016													2017
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	
PAPEL BOND CARTA	RESMA	30	88	67	55	61	64	99	72	74	80	100	40	61	
PAPEL BOND TABLOIDE	RESMA	0	1	8	0	4	8	0	2	3	7	11	0	1	
PAPEL BOND OFICIO	RESMA	0	0	2	5	6	0	0	0	9	7	10	15	6	
PAPEL HIGIENICO	ROLLO	6	50	50	33	65	52	94	68	60	77	58	26	96	
PAPEL MAYORDOMO	ROLLO	7	8	7	16	8	12	21	12	10	14	13	1	18	
SERVILLETAS	PAQUETE 500 UD	0	4	7	5	7	6	10	8	10	6	7	2	8	
PLOTTER	ROLLO	6	17	12	12	2	16	0	15	16	16	10	0	0	

Fuente: Registros de boletas de pedidos realizados a bodega.

Generación de emisiones

La generación de emisiones en las oficinas del complejo comercial se da de manera indirecta. Se tomó en cuenta para este análisis la generación de gases de efecto invernadero por uso de electricidad (emisiones indirectas – alcance 2, ISO 14064). Esto se realizó con base en los datos de consumo eléctrico proporcionados por la empresa.

Para calcular la generación de gases efecto invernadero producido por la energía eléctrica, se utiliza un factor de emisiones de 0.000307 tCO₂ eq/KWh. La generación de gases efecto invernadero es de 0.327 tCO₂ eq/ persona-año, esta cantidad se obtuvo a partir de la información de consumo eléctrico proporcionados por la empresa según facturas mensuales.

Consumo de papel

Según datos proporcionados por la empresa, el consumo anual de papel promedio es de 928 resmas de papel al año, es decir, un promedio de 464,000 hojas de papel al año. Se tomaron como referencia los datos registrados Enero 2016 a Diciembre de 2016.

Consumo de tóner

No se tienen datos sobre el consumo de tóner. Esta información no fue proporcionada por la empresa.

Iluminación

Dentro del diagnóstico se contempla la realización de un estudio sobre la calidad de iluminación en los puestos de trabajo en las instalaciones administrativas del complejo comercial. Este estudio se llevo a cabo en dos pisos y se incluyó el área de construcción y kioscos de información. . Se tomó como referencia para comparación de los resultados obtenidos, Artículo 76 del Acuerdo Gubernativo 229-2014, enmienda 33-2016. A continuación se cita el acuerdo.

“ARTÍCULO 76. Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo deben ser los establecidos en la siguiente tabla, considerando las exigencias visuales de la tarea que se desarrolle:

Tabla 10. Límites permisibles de iluminación Acuerdo Gubernativo 229-2014, enmienda 33-2016

Zona de trabajo	Exigencia visual	Nivel mínimo
FÁBRICAS		
Áreas de tránsito y pasillos	Baja	100-150
Tanques y bombas	Baja	100-150
Baños	Baja	100-150
Escaleras y pasamanos	Media	150-200
Sala de calderas y cuartos de control	Media	150-200
Bandas de transportadoras	Media	150-200
Bodegas de almacenaje y centros de distribución	Alta	200-500
Bancos de trabajo y líneas de producción	Alta	200-500
Empaque de productos	Alta	200-500
Áreas de carga	Alta	200-500
Control de calidad	Alta	200-500
Laboratorios	Alta	200-500
OFICINAS		
Escaleras y pasillos	Baja	100-150
Baños	Baja	100-150
Recepción y sala de reuniones	Media	200-500
Bodegas de materiales	Media	200-500
Trabajo de oficinas	Alta	200-500
Redacción	Alta	1,500-2,000
Archivo	Alta	1,500-2,000
BODEGAS Y TALLERES		
Baños	Baja	100-150
Bodegas de almacenaje y centros de distribución	Alta	200-500
Trabajo, Inspección y selección de producto	Alta	1,500-2,000
Trabajo mecánico o manual	Alta	1,500-2,000
COMERCIOS		
Pasillos	Baja	100-150
Recepción	Baja	100-150

Zona de trabajo	Exigencia visual	Nivel mínimo
Baños	Baja	100-150
Elevadores y gradas eléctricas	Media	200-500
Restaurantes y cocinas	Alta	1,500-2,000
HOSPITALES		
Baños	Baja	100-200
Sala de espera y corredores	Media	200-500
Laboratorios	Alta	500-1,000
Cuarto de examinación	Alta	1,500-2,000
Quirófano y sala de operaciones	Alta	1,000-3,000

Cuando se evalúan los niveles de intensidad lumínica se establecen rangos de valor mínimo y máximo, puesto que, tanto el déficit como el exceso tienen efectos perjudiciales en la vista de los trabajadores.

Con base en este artículo se evaluaron diferentes puntos de medición en los puestos de trabajo y de esta manera se determina a continuación el cumplimiento o incumplimiento de los niveles de iluminación. Una vez realizado el análisis se generaron recomendaciones que buscan el cumplimiento del área, buscando no impactar de forma directa el consumo de electricidad o hacerlo lo mínimo posible. Así mismo este estudio busca asegurar que sus colaboradores tengan condiciones de iluminación favorables en cada una de sus áreas de trabajo.

En total se evaluaron 112 puntos en diferentes áreas de la empresa. La siguiente tabla indica el código de color utilizado para los resultados obtenidos de las mediciones y su nivel de cumplimiento.

Tabla 11. Límites permisibles de iluminación Acuerdo Gubernativo 229-2014, enmienda 33-2016

Código de color para el cumplimiento de puntos	Color
No cumple: Está por debajo del límite mínimo permisible establecido en el Artículo 76 del Acuerdo Gubernativo 33-2016 o Norma INTE 31-08-06-2000.	Amarelo
No cumple: Está por encima del límite máximo permisible establecido en el Artículo 76 del Acuerdo Gubernativo 33-2016 o Norma INTE 31-08-06-2000.	Laranja
Cumple: Esta dentro del rango permisible establecido en el Artículo 76 del Acuerdo Gubernativo 33-2016 o Norma INTE 31-08-06-2000.	Verde

A continuación se detallan los resultados obtenidos en cada puesto de trabajo evaluados a condiciones normales de trabajo en las oficinas del área administrativa del complejo comercial:

Tabla 12. Iluminación en Puestos de Trabajo y cumplimiento según el *Artículo 76 del acuerdo Gubernativo 229-2014, enmienda 33-2016*

Nivel	Área	Punto	Iluminación artificial	Iluminación artificial + natural	Límite Acuerdo 229-2014	Límite Acuerdo 229 - 2014	Observaciones (artificial)	Observaciones (artificial + natural)
			Promedio	Promedio	Min	Max		
Segundo nivel	Recepción	1	143		200	500	No cumple	
		2	124		200	500	No cumple	
		3	163		200	500	No cumple	
	Sala de reuniones 1	4	498		200	500	Sí cumple	
		5	515		200	500	No cumple	
		6	548		200	500	No cumple	
	Pasillo	7	163		100	150	No cumple	
		8	149		100	150	Sí cumple	
		9	108		100	150	Sí cumple	
	Sala de reuniones 2	10	575		200	500	No cumple	
		11	545		200	500	No cumple	
		12	601		200	500	No cumple	
	Sup. R. H.	13	512		1500	2000	No cumple	
	Sup. Proyectos	14	505		1500	2000	No cumple	
	Cobros	15	422		1500	2000	No cumple	
	Pasillo	16	96		100	150	No cumple	
		17	266		1500	2000	No cumple	

Nivel	Área	Punto	Iluminación artificial	Iluminación artificial + natural	Límite Acuerdo 229-2014	Límite Acuerdo 229 - 2014	Observaciones (artificial)	Observaciones (artificial + natural)
			Promedio	Promedio	Min	Max		
	Recursos hídricos	18	413		1500	2000	No cumple	
	Operaciones	19	654		1500	2000	No cumple	
	Mantenimiento	20	532		1500	2000	No cumple	
	Cocina	21	205		200	500	Sí cumple	
	Fotocopiadora	22	143		200	500	No cumple	
	Presupuestos	23	234		1500	2000	No cumple	
	Seguridad	24	268		1500	2000	No cumple	
		25	112		1500	2000	No cumple	
	Servicios	26	362		1500	2000	No cumple	
		27	202		1500	2000	No cumple	
	Seguridad industrial	28	248		1500	2000	No cumple	
		29	358		1500	2000	No cumple	
	Sup. Com.	30	341		1500	2000	No cumple	
	Gerencia	31	362	609	1500	2000	No cumple	No cumple
	Admin. Com.	32	577	842	1500	2000	No cumple	No cumple
	Mercadeo	33	134	240	1500	2000	No cumple	No cumple
		34	95	252	1500	2000	No cumple	No cumple

Nivel	Área	Punto	Iluminación artificial	Iluminación artificial + natural	Límite Acuerdo 229-2014	Límite Acuerdo 229 - 2014	Observaciones (artificial)	Observaciones (artificial + natural)	
			Promedio	Promedio	Min	Max			
Tercer nivel		35	112	261	1500	2000	No cumple	No cumple	
		36	91	228	1500	2000	No cumple	No cumple	
		37	92	236	1500	2000	No cumple	No cumple	
		Recepción	38	860		200	500	No cumple	
		Recursos Humanos	39	75		1500	2000	No cumple	
	40		92		1500	2000	No cumple		
	41		78		1500	2000	No cumple		
		It	42	63		1500	2000	No cumple	
	43		78		1500	2000	No cumple		
	44		74		1500	2000	No cumple		
	45		99		1500	2000	No cumple		
	46		99		1500	2000	No cumple		
		Diseño	47	68		1500	2000	No cumple	
	48		142		1500	2000	No cumple		
	49		82		1500	2000	No cumple		
50	84			1500	2000	No cumple			
51	87			1500	2000	No cumple			
		52	106		1500	2000	No cumple		

Nivel	Área	Punto	Iluminación artificial	Iluminación artificial + natural	Límite Acuerdo 229-2014	Límite Acuerdo 229 - 2014	Observaciones (artificial)	Observaciones (artificial + natural)
			Promedio	Promedio	Min	Max		
		53	89		1500	2000	No cumple	
		54	109		1500	2000	No cumple	
		55	133		1500	2000	No cumple	
		56	261		1500	2000	No cumple	
		57	114		1500	2000	No cumple	
		58	116		1500	2000	No cumple	
		59	109		1500	2000	No cumple	
		60	132		1500	2000	No cumple	
		61	112		1500	2000	No cumple	
		62	125		1500	2000	No cumple	
	Asistente Gerencia	63	160	197	1500	2000	No cumple	No cumple
		64	90	123	1500	2000	No cumple	No cumple
	Comedor	65	249		200	500	Sí cumple	
		66	254		200	500	Sí cumple	
		67	248		200	500	Sí cumple	
	Finanzas	68	252		1500	2000	No cumple	
		69	251		1500	2000	No cumple	
		70	208		1500	2000	No cumple	

Nivel	Área	Punto	Iluminación artificial	Iluminación artificial + natural	Límite Acuerdo 229-2014	Límite Acuerdo 229 - 2014	Observaciones (artificial)	Observaciones (artificial + natural)
			Promedio	Promedio	Min	Max		
		71	172		1500	2000	No cumple	
		72	105		1500	2000	No cumple	
		73	134		1500	2000	No cumple	
		74	176		1500	2000	No cumple	
		75	56		1500	2000	No cumple	
		76	48	224	1500	2000	No cumple	No cumple
		77	128		1500	2000	No cumple	
		78	130		1500	2000	No cumple	
		79	112		1500	2000	No cumple	
		80	345		1500	2000	No cumple	
		81	126		1500	2000	No cumple	
		82	160		1500	2000	No cumple	
		83	125		1500	2000	No cumple	
		84	102		1500	2000	No cumple	
		85	121		1500	2000	No cumple	
		86	317		1500	2000	No cumple	
	Sala 3	87	168		200	500	No cumple	
	Sala 3	88	167		200	500	No cumple	

Nivel	Área	Punto	Iluminación artificial	Iluminación artificial + natural	Límite Acuerdo 229-2014	Límite Acuerdo 229 - 2014	Observaciones (artificial)	Observaciones (artificial + natural)
			Promedio	Promedio	Min	Max		
		89	149		200	500	No cumple	
		90	166		200	500	No cumple	
		91	167		200	500	No cumple	
		92	165		200	500	No cumple	
	Sala 4	93	75		200	500	No cumple	
		94	80		200	500	No cumple	
		95	59		200	500	No cumple	
		96	77		200	500	No cumple	
Contrucción		97	344		200	500	Sí cumple	
		98	268		200	500	Sí cumple	
		99	240		200	500	Sí cumple	
		100	291		200	500	Sí cumple	
		101	483		200	500	Sí cumple	
		102	554		200	500	No cumple	
		103	269		200	500	Sí cumple	
		104	405		200	500	Sí cumple	
		105	483		200	500	Sí cumple	
		106	302		200	500	Sí cumple	

Nivel	Área	Punto	Iluminación artificial	Iluminación artificial + natural	Límite Acuerdo 229-2014	Límite Acuerdo 229 - 2014	Observaciones (artificial)	Observaciones (artificial + natural)	
			Promedio	Promedio	Min	Max			
		107	428		200	500	Sí cumple		
		108	248		200	500	Sí cumple		
		109	197		200	500	No cumple		
	Información	Kiosko 1	110	302		200	500	Sí cumple	
		Kiosko 2	111	181		200	500	No cumple	
		Kiosko 3	112	67		200	500	No cumple	

De acuerdo con el Acuerdo Gubernativo 229-2014 enmienda 33-2016, se verificó el cumplimiento con la legislación nacional de niveles de iluminación de cada uno de los puntos. De los 112 puntos evaluados con iluminación artificial, se determinó que el 16.96% (que corresponde a 19 puntos) cumple con los requerimientos mínimos y máximos establecidos, 75.89% (que corresponde a 85 puntos) no cumplen con el mínimo permisible de nivel de iluminación y 7.14% (que corresponde a los 8 puntos restantes) no cumplen con los niveles máximos permisibles de iluminación en las áreas de trabajo.

Los puntos también se evaluaron según la norma Costarricense INTE 31-08-06-2000. Los criterios para seleccionar la categoría de iluminación se establecieron en base a lo siguiente:

Tabla 13. Categorías de características

Características del trabajo y el trabajador	Factor de peso		
	-1	0	+1
Edad de los trabajadores	Debajo de los 40	40-55	Más de 55
Velocidad y precisión	No importante	Importante	Crítica
Reflectancia del fondo del trabajo	Más del 70%	30 a 70 %	Menos de 30 %

Si la suma de los tres factores de peso es -2 o -3, se utiliza un rango de 500-750; si es +2 o +3, se utiliza un rango de 750-1000; si es -1, 0, +2, se utiliza un rango de 500-1000.

Tabla 14. Iluminación en puestos de trabajo y cumplimiento según norma INTE 31-08-06-2000

Nivel	Área	Punto	Iluminación artificial	Iluminación artificial + natural	Límite Norma INTE	Límite Norma INTE	Observaciones (Artificial)	Observaciones (artificial + natural)
			Promedio	Promedio	Min	Max		
Segundo nivel	Recepción	1	143		500	1000	No cumple	
		2	124		500	1000	No cumple	
		3	163		500	1000	No cumple	
	Sala de reuniones 1	4	498		500	1000	No cumple	
		5	515		500	1000	Sí cumple	
		6	548		500	1000	Sí cumple	
	Pasillo	7	163		500	1000	No cumple	
		8	149		500	1000	No cumple	
		9	108		500	1000	No cumple	
	Sala de reuniones 2	10	575		500	1000	Sí cumple	
		11	545		500	1000	Sí cumple	
		12	601		500	1000	Sí cumple	
	Sup. R. H.	13	512		500	1000	Sí cumple	
	Sup. Proyectos	14	505		500	1000	Sí cumple	
	Cobros	15	422		500	1000	No cumple	
	Pasillo	16	96		500	1000	No cumple	
	Recursos hídricos	17	266		500	1000	No cumple	
		18	413		500	1000	No cumple	
	Operaciones	19	654		500	1000	Sí cumple	

Nivel	Área	Punto	Iluminación artificial	Iluminación artificial + natural	Límite Norma INTE	Límite Norma INTE	Observaciones (Artificial)	Observaciones (artificial + natural)
			Promedio	Promedio	Min	Max		
	Mantenimiento	20	532		500	1000	Sí cumple	
	Cocina	21	205		500	1000	No cumple	
	Fotocopiadora	22	143		500	1000	No cumple	
	Presupuestos	23	234		500	1000	No cumple	
	Seguridad	24	268		500	1000	No cumple	
		25	112		500	1000	No cumple	
	Servicios	26	362		500	1000	No cumple	
		27	202		500	1000	No cumple	
	Seguridad industrial	28	248		500	1000	No cumple	
		29	358		500	1000	No cumple	
	Sup. Com.	30	341		500	1000	No cumple	
	Gerencia	31	362	609	500	1000	No cumple	Sí cumple
	Admin. Com.	32	577	842	500	1000	Sí cumple	Sí cumple
	Mercadeo	33	134	240	500	1000	No cumple	No cumple
		34	95	252	500	1000	No cumple	No cumple
35		112	261	500	1000	No cumple	No cumple	
36		91	228	500	1000	No cumple	No cumple	
37		92	236	500	1000	No cumple	No cumple	
Tercer nivel	Recepción	38	860		500	1000	Sí cumple	
	Recursos Humanos	39	75		500	1000	No cumple	
		40	92		500	1000	No cumple	

Nivel	Área	Punto	Iluminación artificial	Iluminación artificial + natural	Límite Norma INTE	Límite Norma INTE	Observaciones (Artificial)	Observaciones (artificial + natural)
			Promedio	Promedio	Min	Max		
		41	78		500	1000	No cumple	
	It	42	63		500	1000	No cumple	
		43	78		500	1000	No cumple	
		44	74		500	1000	No cumple	
		45	99		500	1000	No cumple	
		46	99		500	1000	No cumple	
		47	68		500	1000	No cumple	
		Diseño	48	142		500	1000	No cumple
	49		82		500	1000	No cumple	
	50		84		500	1000	No cumple	
	51		87		500	1000	No cumple	
	52		106		500	1000	No cumple	
	53		89		500	1000	No cumple	
	54		109		500	1000	No cumple	
	55		133		500	1000	No cumple	
	56		261		500	1000	No cumple	
	57		114		500	1000	No cumple	
	58		116		500	1000	No cumple	
	59		109		500	1000	No cumple	
	60		132		500	1000	No cumple	
	61		112		500	1000	No cumple	

Nivel	Área	Punto	Iluminación artificial	Iluminación artificial + natural	Límite Norma INTE	Límite Norma INTE	Observaciones (Artificial)	Observaciones (artificial + natural)
			Promedio	Promedio	Min	Max		
		62	125		500	1000	No cumple	
	Asistente Gerencia	63	160	197	500	1000	No cumple	No cumple
		64	90	123	500	1000	No cumple	No cumple
	Comedor	65	249		500	1000	No cumple	
		66	254		500	1000	No cumple	
		67	248		500	1000	No cumple	
	Finanzas	68	252		500	1000	No cumple	
		69	251		500	1000	No cumple	
		70	208		500	1000	No cumple	
		71	172		500	1000	No cumple	
		72	105		500	1000	No cumple	
		73	134		500	1000	No cumple	
		74	176		500	1000	No cumple	
		75	56		500	1000	No cumple	
		76	48	224	500	1000	No cumple	No cumple
		77	128		500	1000	No cumple	
78		130		500	1000	No cumple		
79		112		500	1000	No cumple		
80		345		500	1000	No cumple		
81	126		500	1000	No cumple			
82	160		500	1000	No cumple			

Nivel	Área	Punto	Iluminación artificial	Iluminación artificial + natural	Límite Norma INTE	Límite Norma INTE	Observaciones (Artificial)	Observaciones (artificial + natural)
			Promedio	Promedio	Min	Max		
		83	125		500	1000	No cumple	
		84	102		500	1000	No cumple	
		85	121		500	1000	No cumple	
		86	317		500	1000	No cumple	
	Sala 3	87	168		500	1000	No cumple	
		88	167		500	1000	No cumple	
		89	149		500	1000	No cumple	
		90	166		500	1000	No cumple	
		91	167		500	1000	No cumple	
		92	165		500	1000	No cumple	
	Sala 4	93	75		500	1000	No cumple	
		94	80		500	1000	No cumple	
95		59		500	1000	No cumple		
96		77		500	1000	No cumple		
Contrucción		97	344		500	1000	No cumple	
		98	268		500	1000	No cumple	
		99	240		500	1000	No cumple	
		100	291		500	1000	No cumple	
		101	483		500	1000	No cumple	
		102	554		500	1000	Sí cumple	
		103	269		500	1000	No cumple	

Nivel	Área	Punto	Iluminación artificial	Iluminación artificial + natural	Límite Norma INTE	Límite Norma INTE	Observaciones (Artificial)	Observaciones (artificial + natural)
			Promedio	Promedio	Min	Max		
		104	405		500	1000	No cumple	
		105	483		500	1000	No cumple	
		106	302		500	1000	No cumple	
		107	428		500	1000	No cumple	
		108	248		500	1000	No cumple	
		109	197		500	1000	No cumple	
Información	Kiosko 1	110	302		500	1000	No cumple	
	Kiosko 2	111	181		500	1000	No cumple	
	Kiosko 3	112	67		500	1000	No cumple	

Para este análisis, se utilizó un factor de peso de 0, 0 y +1 para edad, velocidad/precisión y reflectancia respectivamente. El factor de peso total fue de +1. Los límites correspondientes a este factor son 500 el mínimo y 1000 el máximo. Se observó que para los puntos evaluados con luz artificial se tuvo un 10.71% de cumplimiento y el 89.29% restante no cumple con los límites establecidos en esta norma.

Nivel de ruido

En este diagnóstico, también se contempló el estudio de niveles de ruido. Se analizaron 22 puntos y con base a la información obtenida en los puntos de medición realizados en las instalaciones administrativas del complejo comercial se determinó el cumplimiento de estos, en base al artículo 88 del Acuerdo gubernativo 33-2016 en el que se establece un nivel máximo de ruido permisible de 85 dbA en un período máximo de exposición de 8 horas.

Tabla 15. Mediciones del nivel de presión sonora

Lugar de medición	Punto	Mínimo	Máximo	Promedio	Exposición máxima (h)
Tercer nivel	1	65	85.8	71	8
	2	65	86.4	69	8
	3	66.4	83.6	71.6	8
	4	67.3	82.4	70	8
	5	62.3	81	70	8
	6	64.7	81.9	69	8
	7	46.9	85.7	70	8
	8	46.9	85.7	77	8
	9	56.3	87.9	77	8
	10	65.5	81.6	70	8
	11	66.7	81.2	69	8
	12	62.7	81.9	68	8
	13	65.9	82.4	70	8
	14	65.6	79.6	67	8
Segundo nivel	15	65.1	82.7	70	8
	16	66.7	80.4	71	8
	17	57.6	80.1	69	8

Lugar de medición	Punto	Mínimo	Máximo	Promedio	Exposición máxima (h)
	18	66.6	79.5	69	8
	19	57.6	78.5	74.5	8
	20	65.2	82.3	69	8
	21	60	82.5	66	8
	22	62.9	82.3	70	8

De los 22 puntos evaluados durante el diagnóstico, el 100% de ellos cumple con lo establecido en el artículo 88 del Acuerdo Gubernativo 33-2016, por lo cual no es necesario implementar medidas de protección auditiva para los trabajadores, únicamente se recomienda llevar un control anual de los niveles de ruido de las oficinas.

Estrés térmico

El estudio de estrés térmico tiene como objetivo evaluar el índice de calor en diferentes puntos del área administrativa del complejo comercial. Para este se toma como referencia los parámetros establecidos en el Acuerdo gubernativo 229-2014, artículo 176 el cual establece lo siguiente:

“Se debe entender que el trabajador se expone a un lugar de trabajo caluroso, cuando al evaluar su sobrecarga térmica se obtienen valores superiores a los índices ponderados de la temperatura de globo, seca y bulbo húmedo (TGBH), recomendados y vigentes por la Conferencia Americana Gubernamental de Higiene Industrial (ACGIH, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos, sobre valores límites permisibles.”

Los métodos instrumentales de evaluación son los que tratan de establecer modelos físicos que determinen las reacciones del hombre cuando es sometido a condiciones termohigrométricas, por el empleo de la cuantificación de factores externos, dentro de ellos podemos mencionar el índice WBGT, (método de temperatura de globo y bulbo húmedo), el cual fue desarrollado por Yaglou y Minard en 1957, (para controlar la exposición del personal de la Marina de los EE.UU.), que ha sido adoptado como valor permisible promedio (TLV) por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), debido a su simplicidad, rapidez de utilización en puestos de trabajo expuestos al calor y eficacia.

El modelo que describe el WBGT para interiores sin carga solar es el siguiente:

$$WBGT = 0.7 * Th + 0.3 * Tg$$

WBGT = Temperatura de globo y bulbo húmedo según la ecuación en °C
 Th = Temperatura natural de termómetro de bulbo húmedo en °C
 Tg = Temperatura del termómetro de globo en °C, algunos autores la denotan como T

Las temperaturas WBGT determinadas para unas condiciones específicas, se comparan con las temperaturas WBGT máxima admisible para esas condiciones de trabajo, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 16. Valores permisibles de exposición al calor en °C.

Régimen de trabajo descanso	Carga de trabajo		
	Ligera	Moderada	Fuerte
Trabajo continuo	30.0	26.7	25.5
75% de Trabajo + 25% de descanso por hora	30.6	28.0	25.9
50% de Trabajo + 50% de descanso por hora	31.4	29.4	27.9
25% de trabajo + 75% de descanso por hora	32.2	31.1	30.0

Fuente: American Conference of Governmental Industrial Hygienist

A partir de estos valores, cada punto fue analizado para crear un status, considerado de la siguiente manera:

Tabla 17. Status de clasificación de puntos

Temperatura permisible	Color: verde
Temperatura cercana al valor límite	Color: amarillo
Temperatura superior al valor límite	Color: rojo

Tabla 18. Evaluación de estrés térmico en diferentes áreas de la empresa.

Área	Punto	T. bulbo seco (°C)	T. bulbo húmedo (°C)	T. cuerpo negro (°C)	WBGT interiores (°C)	Límite de referencia Acuerdo 229 - 2014	Cumplimiento
Salas de reuniones	1	24.3	19	26.2	22.9	26.7	Cumple
	2	26.5	20.3	24.9	23.2	26.7	Cumple
	3	27.8	20.1	24.7	23.1	26.7	Cumple
Operaciones	4	26.5	18.4	24.2	22.1	26.7	Cumple
Recursos hídricos	5	27.7	19	24.4	22.5	26.7	Cumple
	6	28.4	20.1	24.6	23.7	26.7	Cumple
Seguridad	7	28.5	18.2	24.8	23	26.7	Cumple
	8	28.4	18.6	24.9	22.7	26.7	Cumple
Gerencia	9	29	18.1	25	22.6	26.7	Cumple
Finanzas	10	27.4	19.1	25.7	22.7	26.7	Cumple
Recepción 2	11	28.4	18.3	25.2	23.1	26.7	Cumple
Sala 1	12	26.3	18.6	25.3	22.6	26.7	Cumple
Diseño	13	26.7	19.8	24.8	22.8	26.7	Cumple
	14	27.4	18.4	24.5	22.3	26.7	Cumple
	15	29.8	17.9	24.3	24	26.7	Cumple
Finanzas	16	29	18.4	24.1	23.5	26.7	Cumple
	17	27.6	19.4	24.6	22.9	26.7	Cumple
	18	27.4	19.5	24.7	22.9	26.7	Cumple
	19	28.4	19	24.1	22.7	26.7	Cumple
Sala 2	20	28.2	22	25.2	22.8	26.7	Cumple
Recepción 3	21	27	18.2	23.9	22.7	26.7	Cumple

En el diagnóstico se evaluaron 21 puntos, de los cuales se tiene un cumplimiento del 100% de ellos, ya que estos se encuentran por debajo del límite permisible de exposición a índice de calor interno.

Impactos ambientales por operaciones de la empresa

Las oficinas del complejo comercial actualmente realizan actividades que genera un impacto ambiental negativo, tanto de manera directa, como indirecta en el ambiente. Las actividades que se contemplan de esta evaluación, son el consumo de electricidad (equipo de oficinas, iluminación, electrodomésticos, iluminación y otros), consumo de agua y desechos sólidos. Sin embargo, al no tener un control sobre los desechos que se generan por las personas y en general de los consumos generados por las oficinas, es posible que se generen mayores cantidades de contaminación o residuos de los registrados.

El consumo de energía eléctrica tiene un impacto ambiental negativo debido a la emisión indirecta de gases efecto invernadero. La generación de estos gases contamina la atmósfera del planeta e intensifica el efecto invernadero, esto provoca un aumento de temperatura de la tierra, teniendo consecuencias sobre la biosfera, ecosistemas y equilibrio del medio ambiente. La falta de conciencia del personal del uso de energía eléctrica puede llegar a intensificar estos efectos.

El consumo de agua tiene un impacto ambiental debido al uso constante del recurso disponible proveniente de cuerpo de agua superficial o subterráneo, lo que puede generar disminución de biodiversidad (principalmente acuática) cercana a la fuente. La generación de desechos sólidos tiene un impacto ambiental directo en cuanto a la materia que se genera e introduce directamente a los depósitos sanitarios y genera un impacto en los suelos ocasionando la degradación y contaminación de los mismos.

Se observó que en cada una de las oficinas se cuenta con basureros individuales en cada oficina. Esto genera que la concentración de basura generada sea mayor y que la disposición de los materiales considerados reciclables no sea la adecuada.

Tabla 19. Aspectos e impactos ambientales

Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Consumo de energía eléctrica	Contaminación y alteración de la atmósfera y ecosistemas, contribución al cambio climático y calentamiento global.
Generación de gases de efecto invernadero	Contaminación y alteración de la atmósfera y ecosistemas, contribución al cambio climático y calentamiento global.
Consumo de agua	Disminución de recursos y fuentes de agua, esto afecta a los ecosistemas que dependen de ella.
Consumo de papel	El uso de papel tiene su mayor impacto por la demanda de árboles en su fabricación. El uso insostenible de bosques conlleva la deforestación, extinción de ecosistemas y erosión de suelos.
Consumo de cartuchos de tóner	Contaminación de suelos y aguas por la generación de diferentes metales, plástico y el mismo tóner del cartucho.
Generación de desechos sólidos	Impacto ambiental directo en suelos, esto ocasiona degradación y contaminación de los mismos. También se genera un impacto indirecto en fuentes de agua por lixiviación.
Generación de aguas residuales	Contaminación y eutrofización de fuentes receptoras. Se pueden alterar las características naturales de las fuentes receptoras.

Cumplimiento de requisitos ambientales

Es estándar de oficina verde requiere que se cumpla la ley a cabalidad. Es por eso que dentro de la certificación se toman en cuenta ciertos requisitos legales que no solo abarcan las oficinas, sino el edificio donde estas se encuentran. A continuación se presenta en listado de los requisitos legales y su estado de cumplimiento:

Tabla 20. Requisitos Legales

Requisitos legales	Estado de cumplimiento	Fecha elaboración
Estudio de Impacto Ambiental	Cumple	EIA-219-2011 EIA-540-2010
Diagnóstico de Impacto Ambiental	N/A	N/A
Licencia ambiental o fianza de cumplimiento	Cumple	159-2011/DIGARN 024-2014/DIGARN
Acuerdo Gubernativo 236-2006. Estudio técnico de Aguas Residuales	Cumple	Agosto 2016
Acuerdo Gubernativo 229-2014: Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional.	No disponible	No disponible

Indicadores de desempeño

Un indicador de desempeño es un valor numérico que brinda información sobre el rendimiento de los recursos que utiliza la empresa. Estos indicadores ayudan a monitorear y controlar el consumo de los principales recursos de la empresa. Llevar un registro de los indicadores de desempeño ayuda a conocer el comportamiento histórico de los procesos y documentar los beneficiosos que generan los cambios positivos en los procesos. El diagnóstico recopiló información del año 2016, con base en estos datos se ha establecido la situación actual de la empresa. A continuación se presenta una tabla con los principales indicadores de desempeño de la empresa:

Tabla 21. Indicadores de desempeño

No	Recurso	Unidad	Indicador de desempeño	Indicador de referencia	Observación
1	Energía eléctrica	kWh / persona-año	1,066.11	--	
		kWh / m ²	106.25	117 kWh/m ²	Indicador de referencia según Norma ASHRAE 90.1-201024
2	Emisiones atmosféricas	kg CO ₂ eq / persona-año	327.30	--	Factor de emisiones para Guatemala: 0.30725 kgCO ₂ eq/kWh
3	Uso de agua	m ³ / persona-año	10.31	20m ³ / persona-año	Indicador de referencia según directrices de consumo de agua en edificios
		Litros / persona-día	28.25	75 L / persona-día	Indicador de referencia según directrices de consumo de agua en edificios
4	Consumo de papel	Resmas / persona-año	10	7 resmas persona-año	
5	Generación residuos	kg/persona	--	--	
6	Consumo de tóner	Tóner / persona-año	--	--	
7	Cumplimiento de iluminación	Porcentaje de cumplimiento	16.96% 10.71%	80%	Segun Acuerdo Gubernatico 229-2006, enmineda 33-2016 Según Norma INTE 31-08-06-2000
8	Cumplimiento de estrés térmico	porcentaje de cumplimiento	100%	80%	
9	Cumplimiento de niveles de ruido	porcentaje de cumplimiento	100%	80%	Segun el artículo 88 del Acuerdo Gubernativo 33-2016

*Para el cálculo de los indicadores diarios se asume que se trabajan 26 días/mes

Evaluación de las recomendaciones para implementación de Oficina Verde

24 ASHRAE 90.1 Estándar de Energía para Edificios con Excepción a Edificios Residenciales de Bajos Niveles

25 OECD/IEA. (2013). CO2 Emissions From Fuel Combustion Highlights. Paris: IEA.

Recomendación No. 1. Implementación de un programa de Oficina Verde

Antecedente

Actualmente, las oficinas del área administrativa del complejo comercial cuentan con registros del consumo de energía eléctrica, agua, consumo de papel y cantidad de papel reciclado al mes, a partir de lo cual se puede establecer la línea base de indicadores de referencia. Esta documentación es necesaria para establecer un Programa de Oficina Verde; sin embargo, es necesario definir responsables que estén a cargo del programa, el alcance en la implementación de este, objetivos y metas a alcanzar, política ambiental definida, identificación de aspectos e impactos ambientales específicos de las actividades de esta área, el seguimiento que se le dará a la implementación del programa para verificar los avances mediante mediciones y evaluación de resultados.

Recomendación

Se recomienda establecer procedimientos y documentación que contribuya a sistematizar las buenas prácticas implementadas en oficinas, con el objetivo de cumplir con el Programa de Oficina Verde establecido por la dirección del área administrativa del complejo comercial. La implementación de esta recomendación pretende sistematizar las acciones que promuevan el uso adecuado de los recursos utilizados en las actividades diarias de las oficinas y reducir el impacto generado por estas. Esto se verá reflejado en una reducción de costos de los recursos y se pretende crear una cultura organizacional incluyendo en esta la variable ambiental.

Se deben considerar los siguientes aspectos para la implementación del Programa de Oficina Verde:

Responsables del programa

Los responsables del programa deben garantizar el correcto funcionamiento del programa implementado en el área administrativa del complejo comercial para garantizar la implementación y correcta elaboración de la documentación de Oficina Verde. El encargado del programa debe quedar explícitamente indicado en la documentación como responsable del cumplimiento de todos los aspectos considerados dentro del programa. Se debe establecer también los deberes y responsabilidades que se le asignan en base al programa.

Alcance del programa

Se debe establecer el alcance del programa a implementar utilizando documentación pertinente, considerando el impacto de las actividades diarias y los procesos de gestión energético, agua y de desechos de papel. Deben quedar detallados aquellos procesos que se encuentren involucrados en el aumento de la huella de carbono, se deben mantener el control de la gestión de compras y crear conciencias del uso eficiente de los recursos tecnológicos que utilizan en el área.

Política ambiental

Se debe evidenciar el compromiso por implementar y mantener el programa de Oficina Verde, documentando los procesos involucrados en la política ambiental.

Identificación de aspectos e impactos ambientales

Se debe identificar las actividades o procesos críticas que se realicen dentro de las instalaciones administrativas y detallar el impacto que estas generan en el entorno. Aquellas. Se debe establecer procedimientos detallados para controlar las actividades críticas dentro del Programa de Oficina.

Determinación de la línea base

Debido a que se cuentan con registros de consumos de recursos del área administrativa del complejo comercial, se debe tomar como base el año más reciente de registros para establecer la línea base de indicadores de desempeño. Los indicadores requeridos por el programa son: Consumo de energía eléctrica, metros cúbicos de agua, resmas de papel, kilogramos de papel reciclado, generación de residuos sólidos, consumo de tóner, emisiones de GEI.

Objetivos y metas

En base a los indicadores establecidos en la línea base, se deben plantear objetivos y metas que se desean alcanzar para la reducción del impacto ambiental en un período de tiempo establecido o el porcentaje de reducción que se desea obtener de la implementación del programa. También deben plantear la mejora continua de los aspectos ambientales identificados tomando en cuenta la línea base. Deben ser medibles y con plazos fijos para el cumplimiento de las actividades.

Establecimiento e implementación del Programa de Oficina Verde

Se debe considerar que las oficinas deben establecer e implementar los programas que les permitan alcanzar sus objetivos y metas. Se deben de asignar las diferentes responsabilidades a cada área correspondiente del área administrativa para lograr los objetivos y metas en las funciones y niveles que les sea conveniente.

Seguimiento, medición y evaluación de resultados

Es recomendable que los indicadores de desempeño tengan un monitoreo mensual y anual, para identificar el progreso y el desarrollo del Programa. Los indicadores que deben monitorearse son el consumo de energía eléctrica, consumo de agua, consumo de resmas de papel, cantidad de papel reciclado y generación de residuos sólidos.

Aspecto económico

Inversión

Esta se traduce en el factor tiempo, pues se requiere que la o las personas designadas como responsables dediquen un tiempo de sus horas laborales para generar los procedimientos pertinentes y para evaluar la documentación necesaria.

Ahorro

En esta recomendación no se percibirían ahorros económicos directos ya que consiste en la elaboración de la documentación y procedimientos necesarios para la implementación del programa. Los ahorros serán percibidos a partir de la mejora continua de los aspectos e impactos ambientales identificados en el Programa de Oficina Verde.

Aspecto ambiental

Esta opción es ambientalmente viable ya que permitirá un mejor control de procedimientos que tienen un impacto negativo sobre el ambiente. Control directo sobre cada una de las actividades críticas identificadas dentro de las oficinas, a través de procedimientos detallados para la medición de las variables y los indicadores de desempeño para las mismas. Así como no se percibe un beneficio ambiental directo, todos aquellos procedimientos establecidos en el manual de Oficina Verde, podrán ser de beneficio para el medio ambiente de una manera regulada.

Aspecto organizacional

Esta recomendación es organizacionalmente viable, debido a que no se requiere contratar personas externas a la organización para implementar y monitorear el progreso del programa. Únicamente se debe definir un grupo de personas responsables y designar las responsabilidades de las que cada uno estará encargado, con el fin de un mejor control.

Aspecto técnico

Esta opción es técnicamente viable ya que no se necesita de equipo o herramientas especiales, la documentación se puede realizar de forma digital o física (por escrito).

Recomendación No. 2. Implementación y control de Indicadores de desempeño

Antecedente

Actualmente el área administrativa del complejo comercial no maneja indicadores de desempeño ambientales. Se tiene conocimiento que actualmente se cuenta con registros del consumo de energía eléctrica, consumo de agua, consumo de insumos de oficina y cantidad de papel reciclado. En el presente diagnóstico se identificó que para llevar un mejor control de estos consumos se deben monitorear mediante indicadores de desempeño. Los indicadores que deben manejar son: consumo de energía eléctrica, emisión de GEI, consumo de agua, consumo de papel, cantidad de papel reciclado, consumo de tóner y generación de residuos sólidos.

Recomendación

Se recomienda implementar, registrar y controlar los 6 indicadores de desempeño. A continuación se detalla el procedimiento para manejar cada indicador de desempeño:

Consumo de energía eléctrica: Actualmente la empresa lleva registros mensuales del consumo de energía eléctrica. Este consumo se puede comparar con el número de personas y área superficial de oficinas.

Emisiones de GEI: Para calcular las emisiones indirectas por el uso de energía eléctrica, el consumo mensual registrado se multiplica por el factor (0.307 kgCO₂eq / kWh). Este dato se puede comparar con el número de personas en oficinas.

Consumo de agua: Actualmente la empresa lleva registros mensuales del consumo de agua. Este valor se puede comparar con el número de personas en oficinas.

Generación de residuos: La empresa actualmente no lleva un registro de generación de residuos sólidos. Se debe pesar la cantidad de residuos generados al día y este dato se puede comparar con la cantidad de personas en oficinas.

Consumo de papel: Actualmente la empresa lleva un registro de resmas de papel consumidas al mes, estos datos se pueden comparar con la cantidad de personas de la oficina.

Consumo de tóner: La cantidad de tóner utilizada se puede verificar con el departamento de compras. El dato se puede comparar con la cantidad de personas en oficinas.

Aspecto económico

Esta recomendación es económicamente viable, ya que no se requiere de la inversión monetaria para su implementación y control. Únicamente se requiere la inversión de tiempo del personal encargado de realizar los indicadores de desempeño, quien debe monitorear estos y analizar la información sobre el desempeño de las actividades en las oficinas. Al incorporar una buena gestión de los indicadores se pueden identificar consumos innecesarios, los cuales representan costos para la empresa.

Aspecto ambiental

Esta opción es ambientalmente factible, ya que los beneficios obtenidos de la implementación de esta opción es que al evaluar los indicadores de desempeño constantemente se permite una mejoría continua en la eficiencia de la empresa, esto permitirá reducir consumos de energía eléctrica, agua, papel y tóner, y por consiguiente la emisión de GEI, generación de residuos sólidos, niveles de iluminación, niveles de ruido y calidad de aire.

Aspecto organizacional

Esta recomendación es organizacionalmente viable ya que solo es necesario que una persona sea la encargada de llevar el control de la información. Sin embargo, se requiere que el avance de los indicadores de desempeño sea de conocimiento de todos los colaboradores del área, para que puedan conocer el estado actual de la empresa y la eficiencia en sus actividades.

Aspecto técnico

Esta recomendación es técnicamente viable, ya que no es necesario equipo ni herramientas especiales. Para llevar el control y registro de los indicadores de desempeño se puede utilizar una herramienta en Office Excel.

Recomendación No. 3. Prácticas para la gestión adecuada de residuos

Antecedentes

En la actualidad las oficinas del área administrativa del complejo comercial, no ha implementado buenas prácticas para el manejo adecuado de residuos. Con relación al tema de residuos, únicamente cuentan con información sobre la cantidad de papel que se destina a reciclado, ya que este lo colocan por separado de los demás desechos, pero no existe una adecuada separación de los residuos de oficina. Dentro del complejo comercial cuentan con una planta de tratamiento de residuos sólidos, donde se realiza la clasificación de todos los residuos del complejo, incluyendo los de la oficina.

Recomendación

Para tener un buen manejo de residuos recordar la siguiente jerarquía: Reducir – Reutilizar – Reciclar (3R). Esta jerarquía aplica a todos los residuos de la oficina y es importante hacer énfasis en que se obtendrán mayores beneficios económicos en la medida que se reduzcan la cantidad de residuos generados.

Buenas prácticas de compra, generan una reducción de los residuos. Se deben revisar los procedimientos de compra y negociar con proveedores para adquirir insumos que generen la menor cantidad de residuos.

Fortalecer y facilitar la comunicación entre el área encargada de la gestión de residuos y el área de compras, ya que por lo general esta áreas no se comunican con mucha frecuencia y esto permitiría llevar un mejor control de los insumo comprados comparados con los generados.

Al momento de evaluar la compra de un insumo tomar en cuenta el potencial de reutilización de los residuos que generará y las condiciones para la eliminación de los residuos que no puedan ser reutilizados.

Elegir productos con embalajes mínimos y negociar con los proveedores que reduzcan el material de embalaje.

Evitar la compra de productos desechables de catering.

Restaure los muebles en lugar de comprar muebles nuevos.

Adquirir un compromiso real con el reciclaje. No solo entregando productos para reciclar, también adquirir productos reciclados para cerrar el ciclo.

Devuelva cartuchos de tóner a su proveedor.

Identifique los proveedores adecuados para el manejo de residuos peligrosos, especialmente de residuos electrónicos.

Compacte los residuos voluminosos para asegurar el mejor aprovechamiento del espacio.

Aspecto económico

Esta opción es económicamente viable ya que no se requiere de ningún tipo de equipo especial para mejorar las prácticas de manejo de residuos dentro de las oficinas. Se plantea llegar a un ahorro de sólidos que comience desde la compra de los insumos por lo tanto, el manejo de residuos comenzará a partir de la reducción en la compra de insumos innecesarios.

Inversión

La inversión básicamente sería en contenedores debidamente identificados, los cuales deben colocarse de manera centralizada en cada una de las áreas. Son necesarios Dieciséis contenedores de 20L de capacidad, los cuales se deben colocar de la siguiente manera: 4 Contenedores en las oficinas del segundo nivel del edificio F, 4 contenedores en el área de comedor del tercer nivel y 4 contenedores en alguna otra área de las oficinas del tercer piso del edificio F y por último cuatro contenedores en el área de ventas. Estos deben estar correctamente identificados con la siguiente gama de colores:

Papel y cartón	
Plástico y aluminio	
Vidrio	
Orgánicos	

Precio Unitario	Q45.001
Total	Q720.00

La cotización se realizó con Guateplast, SA.

Ahorro

Los desechos ya clasificados serán enviados al centro de acopio del complejo comercial, en el que se realiza la separación de todos los residuos. Esto representará un ahorro en el tiempo destinado a la clasificación de los residuos de las oficinas y al estar separados

se pueden percibir ingresos económicos al vender el vidrio, plástico o aluminio y el papel o cartón. Además los residuos orgánicos pueden ser utilizados en la compostera.

Aspecto ambiental

Esta recomendación es ambientalmente viable debido a que se pretenden reducir los residuos generados de las oficinas del complejo comercial, tomando buenas prácticas para reducir la cantidad de sólidos generados. Con la aplicación de las buenas prácticas para el manejo de residuos, se reducirá el impacto ambiental generado por las oficinas. Tomando en cuenta las prácticas de las 3R, el impacto ambiental generado por el desecho de materiales sólidos, se verá reducido y evitará la generación de desechos extras de materiales de oficina.

Aspecto organizacional

Esta recomendación es organizacionalmente viable, para implementarla se requiere de buena actitud por parte de los colaboradores de las oficinas para lograr la reducción de desechos sólidos. En base a que no se tiene un control actualmente, se debe de implementar y generar el hábito de reducir, reutilizar y reciclar todos aquellos materiales que de otra forma sean desechos finales. El éxito de implementar esta recomendación depende de la buena actitud de los colaboradores para reducir los desechos que son generados globalmente por las oficinas.

Aspecto técnico

Esta recomendación técnicamente viable ya que se requiere únicamente de la disponibilidad y capacidad de las personas a aplicar la recomendación. Esta práctica debe estar coordinada con las acciones que se generen a partir de la Recomendación No. 4 Prácticas para uso eficiente de papel) en conjunto, estas recomendaciones lograrán la reducción de los residuos generados por las oficinas, el control de desechos y el reciclaje final de los mismos.

Recomendación No. 4. Prácticas para uso eficiente de papel

Antecedentes

En la visita realizada a las oficinas del área administrativa del complejo comercial se observó que tienen colocadas cajas para colocar el papel que descartan o que ya no van a utilizar. Actualmente no tienen implementada la reutilización de papel para documentación interna.

Recomendación

Para reducir el uso de papel y utilizarlo de forma eficiente se recomienda lo siguiente:

Comprar papel que contenga el mayor porcentaje posible de material reciclado.

Utilizar el papel por ambas caras.

Anular correo postal y publicaciones que no sean necesarias.

Utilizar medios de comunicación electrónicos y evitar imprimir correos electrónicos, a menos que sea absolutamente necesario.

El papel que solo se haya utilizado por una cara, recolectarlo y reusarlo por la otra cara.

Divulgar información sobre el programa de reciclaje y asegúrese que todo el personal se encuentre participando.

Informar sobre los tipos de papel que pueden ser reciclados y la cantidad de papel reciclado en la oficina.

Digitalizar los procesos que sean posibles para reducir la impresión de formularios o registros.

Evitar desorden en áreas de trabajo para no acumular material y papel innecesario.

Aspecto económico

Esta opción es económicamente factible ya que únicamente se requiere implementar buenas prácticas para el manejo del papel. Al llevar a cabo las prácticas para la reducción de papel no es necesaria de ninguna inversión, solamente es necesario el aplicar las técnicas de reducción y eficiencia en el uso de los recursos. Si se aplican bien las buenas prácticas se puede reducir el consumo de papel lo que disminuye los costos por la compra del mismo.

Inversión

No es necesaria la inversión adicional para la implementación de estas opciones. El único costo que deberá asumir la empresa es el del cambio de papel por papel con más porcentaje de material reciclado, que por lo general tienen a ser un poco más caro que el papel virgen blanco.

Ahorro

No se percibirán ahorros económicos significativos, pero se tendrá un beneficio ambiental significativo al reducir la cantidad de papel virgen utilizado y reducir la generación de desperdicios de papel.

Aspecto ambiental

Esta recomendación es ambientalmente factible ya que al realizar la mejora en la gestión del uso de papel se puede reducir el consumo del mismo. De esta forma se logran reducir los impactos en bosques, desechos sólidos finales y se logra un mejor manejo de los recursos. Tomar las medidas necesarias para la reducción de papel permite que se reduzcan considerablemente las emisiones generadas desde la producción de papel, el transporte y el uso del mismo.

Aspecto organizacional

La implementación de esta recomendación requiere del compromiso por parte de los colaboradores de las oficinas con los procesos de aplicación de las recomendaciones proporcionadas anteriormente. Se necesita de la actitud correcta de parte de los integrantes de oficina para lograr reducir la cantidad de desechos de papel que se generan actualmente.

Aspecto técnico

Para la implementación de esta recomendación no es necesaria la compra de nuevo equipo o tecnologías especiales por lo que es viable técnicamente.

Recomendación No. 5. Gestión de compras verdes

Antecedentes

Actualmente la empresa no ha implementado acciones o practicas sostenibles en las actividades diarias del área administrativa. Se debe buscar una mejora continua en busca la generación de valor y sostenibilidad a lo largo de toda la cadena de valor de la empresa. Como parte de la mejora continua del Programa de Oficina Verde, se puede incorporar a proveedores y las materias primas en la gestión ambiental.

Recomendación

Para la implementación de una gestión de compras verdes se detalla a continuación la metodología recomendada:

Contar con el compromiso de las altas autoridades de la organización, tomando en cuenta que cambiara la modalidad de compras.

Definir que el Comité de Oficina Verde será el responsable de velar por la implementación del tema de compras verdes en la organización.

Definición de política ambiental y criterios de compras. Dentro de los factores a considerar en la política se encuentran:

Prevención de la contaminación.

Cumplimiento de la legislación ambiental vigente y aplicable.

Adquisiciones y contrataciones ambientalmente responsables.

Responsabilidad social.

Dentro de los criterios ambientales a incluir en la gestión de compras se pueden utilizar los siguientes:

Uso de materiales reciclados.

Uso de materiales reciclables.

Uso de materiales menos tóxicos.

Reducción en el peso/volumen del producto (para optimizar transportes).

Menor consumo de energía.

Generación de menos desechos en general.

Menos empaque.

Logística más eficiente en la entrega.

Menos consumible.

Optimización del tiempo de vida útil.

Reutilización del producto.

Facilidad de reparación.

Definición de objetivos ambientales dentro del Programa de Oficina Verde que permita ir incluyendo el tema de compras. Esta determinación la pueden realizar utilizando alguno de estos criterios:

Productos/servicios críticos para la prestación del servicio que brinda la organización.

Productos/servicios que representan el mayor impacto ambiental (por ejemplo por toxicidad o volumen de residuos generados).

Productos/servicios que representan el mayor gasto.

Ajustar el proceso de compras.

Aspecto económico

Esta recomendación es económicamente viable ya que no requiere de inversión monetaria. Al buscar optimizar los procesos de logística y transporte se pueden encontrar oportunidades de ahorro al reducir costos de operación en la cadena de suministro.

Aspecto ambiental

Esta recomendación es ambientalmente viable, ya que permite la reducción de los residuos innecesarios y un mejor manejo de los insumos de oficina. Al incorporar criterios ambientales en las adquisiciones y contrataciones de la empresa se asegura disminuir el impacto ambiental en la cadena de suministro (proveedores). Se puede lograr disminuir el consumo de energía y combustibles en el transporte, y disminuir generación de residuos sólidos.

Aspecto organizacional

La implementación de esta opción es organizacionalmente viable ya que únicamente se requiere involucrar al departamento de compras, para implementar este nuevo sistema e incorporar gestión ambiental en sus operaciones.

Aspecto técnico

La implementación de esta opción es técnicamente viable ya que no se requiere de equipo especial o de una metodología complicada para lograr los resultados esperados.

Recomendación No. 6. Prácticas para uso eficiente de aire acondicionado

Antecedentes

Actualmente las oficinas del área administrativa del complejo comercial, cuentan con varias unidades de aire acondicionado instalada principalmente en las salas de reuniones. Debido a que el uso de las salas es irregular, el uso de estas unidades no es constante, pero es importante establecer procedimientos para el uso adecuado del aire acondicionado.

Recomendación

A continuación se presenta un listado de buenas prácticas para el uso eficiente del sistema de climatización. La implementación de estas buenas prácticas ayudará a que la empresa reduzca el consumo de energía eléctrica por climatización.

Regulación adecuada de la temperatura de climatización

Revisar periódicamente el aislamiento de los conductos de aire

Reducir las infiltraciones de aire a través de puertas y ventanas que den hacia el exterior de la oficina. Esto se puede realizar con silicona o con cintas autoadhesivas para puertas.

Revisar marcos de ventanas y verificar que los empaques estén en buenas condiciones.

Si se tienen planes de sustituir ventanas, elegir marcos que no sean de materiales metálicos como aluminio ya que estos aumentan la transferencia de calor.

Para reducir la incidencia del calor externo provocado por los rayos del sol se recomiendan las ventanas de doble vidrio o doble ventana.

También se puede reducir la incidencia de calor externo colocando filtros solares, comúnmente conocidos como polarizados. Estos ayudan a reducir el calentamiento interno, solo se deben seleccionar materiales que no sean tan oscuros que afecten la cantidad de iluminación natural que se recibe del sol.

Reducir cargas térmicas internas producidas por equipo de cómputo y otras fuentes de calor internas: equipos de cocina, bombillas incandescentes.

Buen mantenimiento de los ductos de ventilación del aire acondicionado, evitar que estos sean bloqueados por mobiliario de oficina u otro tipo de obstáculos.

Asegurar una correcta ventilación dentro de la oficina. Asegurarse que el aire circula homogéneamente por todos los ambientes para evitar gradientes de temperatura.

Uso de equipos de climatización energéticamente eficientes.

Recomendación No. 7. Instalación de timer para reducción de horas de operación en oasis

Antecedentes

Durante el recorrido realizado en las oficinas del área administrativa del complejo comercial, se observó que se cuentan con tres oasis ubicados en las diferentes áreas para el uso de los colaboradores. Los oasis proveen de agua caliente y fría, estos utilizan energía eléctrica continuamente para mantener el agua a una temperatura constante, por lo que este equipo es de alto consumo. Es importante mencionar que el indicador de consumo de energía se encuentra por debajo del indicador de referencia, pero es importante implementar mejoras continuas tanto en el consumo de energía eléctrica como en los demás aspectos evaluados en el programa.

Recomendación

Se recomienda reducir las horas de operación de estos equipos, implementando temporizadores (timer), los cuales pueden reducir el horario de operación a las horas de oficina. La oficina puede definir el horario de operación de estos.

Aspecto económico

La reducción en las horas de operación del oasis, reduce el consumo de energía eléctrica y este se ve reflejado en una reducción en la tarifa mensual de energía eléctrica.

Inversión

Se realizó una cotización de un temporizador de hasta 15 amperios y 3,000 watts. Se estima que cada oasis opera con 4.83 amperios y 450 watts.

El precio de cada temporizador es de Q.125.

Total de inversión: $Q.125.00 * 3 \text{ oasis} = Q. 375.00$

Ahorro

Con la implementación de este equipo se busca reducir 12 horas de operación al día y también eliminar el consumo en fines de semana. El consumo actual de los oasis es de 5,832 kWh al año. Se estima que utilizando el temporizador se reduzca el consumo a 2,138.40 kWh al año, por lo que se tiene un ahorro energético de 3,693.60 kWh al año.

Ahorro económico: $3,693.60 \text{ kWh} * Q1.13/\text{kWh} = Q. 4,173.77 \text{ al año}$

La inversión se recuperará en dos meses.

Aspecto ambiental

Al reducir la cantidad de energía eléctrica utilizada en los oasis, se reduce las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero.

Al implementar esta opción se reduce el consumo de energía eléctrica y con este la generación indirecta de emisiones de CO₂.

$3,693.60 \text{ kWh} * 0.000307 \text{ ton CO}_2 / \text{kWh} = 1.13 \text{ ton CO}_2$

Aspecto organizacional

La implementación de esta recomendación factible debido a que solo requiere la conexión de los temporizadores. Al implementar esta opción su indicador de consumo de energía eléctrica se reduce a 102.30 kWh/m², el cual igual se encuentra entre el límite permisible.

Aspecto técnico

Esta recomendación es técnicamente viable ya que no se requiere interferir en las actividades de los colaboradores para su implementación. Es importante informar a los colaboradores de los cambios realizados para crear conciencia del impacto que las actividades generan en el entorno.

Recomendación No. 8. Modificación del sistema de iluminación

Antecedentes

Durante el recorrido realizado en las oficinas del área administrativa del complejo comercial, se observó que la iluminación de algunas áreas era muy baja. Es importante analizar las condiciones de trabajo de las personas, para que tengan una mayor eficiencia en las actividades laborales diarias. Para la evaluación de las condiciones de iluminación se utilizó el Acuerdo Gubernativo 229-2014, para el cual se tuvo un cumplimiento del 7.14% de los 112 puntos evaluados. También se evaluaron los puntos según la Norma INTECO 31-08-06-2000 para la cual se tuvo un cumplimiento del 10.71% de los 112 puntos evaluados.

Recomendación

Se recomienda evaluar la disposición de los puestos de trabajo del segundo nivel del edificio F del área administrativa del complejo comercial y reacomodar estos de modo que la luminaria actualmente instalada se aproveche de mejor manera. Además se recomienda bajar el nivel de las lámparas del tercer nivel del edificio F, de manera que estas estén a un nivel de entre 2 a 1.5 metros de altura de los puestos de trabajo. En conjunto con esta medida se recomienda reacomodar puestos de trabajo para aprovechar de mejor manera la tecnología instalada actualmente y combinar esta con la iluminación natural en las áreas que sea posible, siempre y cuando esta no afecte la vista de los trabajadores.

Aspecto económico

Esta recomendación es económicamente viable ya que no requiere de inversión monetaria. Esta busca optimizar la tecnología de iluminación actualmente instalada.

Aspecto ambiental

Debido a que la iluminación es un factor clave para el desarrollo de las actividades de forma eficiente, los cambios sugeridos ayudarán a que las personas realicen sus tareas diarias en el tiempo esperado y que no tomen tiempo extra en oficinas, que incrementan el consumo de energía eléctrica. Con esto se las emisiones indirectas de gases efecto invernadero se reducen.

Aspecto organizacional

La implementación de esta opción de mejora requiere del aporte de todas las personas involucradas en las áreas de trabajo que se modificaran. Se recomienda realizar esta implementación de forma gradual para facilitar la tarea y observar la respuesta del personal al cambio.

Aspecto técnico

Debido a que esta implementación impacta directamente en las actividades de los colaboradores de estas áreas, se debe evaluar la carga de trabajo del personal para poder realizar el cambio en un tiempo en el que no se interfiera mucho con sus actividades. El cambio del nivel al que se encuentra instalada la luminaria se recomienda realizar cuando no se encuentran colaboradores en el área de trabajo.

Priorización de las opciones de Recomendaciones

Tabla 22. Indicadores de desempeño

Descripción de la opción		Factibilidad								Puntaje total	Prioridad
		Técnica		Económica		Ambiental		Organizacional			
		20%	40%	20%	20%						
1.	Implementación un programa de oficina verde.	4	0.8	3	1.2	4	0.8	3	0.6	3.4	4
2.	Implementación y control de indicadores de desempeño	4	0.8	4	1.6	4	0.8	4	0.8	4	1
3.	Prácticas gestión adecuada de residuos	3	0.6	2	0.8	4	0.8	2	0.4	2.6	8
4.	Prácticas para uso eficiente de papel	3	0.6	3	1.2	4	0.8	2	0.4	3.2	5
5.	Gestión de compras verdes	3	0.6	2	0.8	4	0.8	3	0.6	2.8	7
6.	Prácticas para uso eficiente de aire acondicionado	3	0.6	4	0.8	4	0.8	3	0.6	3.6	3
7.	Reducción de horas de operación en oasis	4	0.8	4	1.6	4	0.8	4	0.8	4	2
8.	Modificación del sistema de iluminación	3	0.8	4	1.6	2	0.8	2	0.8	3	6

Tabla 23. Programa implementación oficina verde

Área	Objetivo	Actividades	Inversión (Q)	Responsable	Indicadores y metas
Documentación	Definir responsable y comité de Oficina Verde	Establecer el responsable y comité con la autorización de gerencia.	--	Operaciones	Línea base: No hay un responsable y comité de OV Meta: Responsable y comité establecidos
	Implementar y documentar un programa de Oficina Verde.	Establecer toda la documentación respectiva del programa de Oficina Verde.	--	Comité de OV	Línea base: No existe documentación. Meta: Documentación realizada.
	Coordinar y controlar las actividades de la empresa.	Establecer los indicadores de desempeño y su procedimiento.	--	Comité de OV	Línea base: No se utilizan indicadores. Meta: Manejar y controlar 6 indicadores.
Comunicación	Informar e impulsar el Programa de Oficina Verde	Actividades y acciones para dar a conocer toda la información relacionada con el Programa de Oficina Verde.	--	Comité de OV	Línea base: No se informa sobre el avance del programa. Meta: Se informa como mínimo 4 veces al año sobre el avance del programa.
Energía eléctrica	Reducción del consumo de energía eléctrica	Reducción de horas de operación en Oasis.	Q. 375.00	Comité de OV y Mantenimiento	Meta: Reducción del consumo eléctrico.
		Generar indicadores de desempeño	--	Comité de OV y Mantenimiento	Línea base: No hay indicador de desempeño en base a consumo mensual. Meta: Controla indicador de consumo mensual y reducir este a lo largo del tiempo.

Área	Objetivo	Actividades	Inversión (Q)	Responsable	Indicadores y metas
Agua	Control del consumo de agua.	Generar indicadores de desempeño	--	Comité de OV y Mantenimiento	Línea base: No hay indicador de desempeño en base a consumo mensual. Meta: Controla indicador de consumo mensual.
Residuos sólidos	Reducción de la generación de residuos sólidos	Establecer procedimiento para cuantificación de residuos sólidos por semana y generar indicadores de desempeño.	--	Comité de OV y Mantenimiento	Línea base: No hay indicador de desempeño en base a consumo mensual. Meta: Indicador de consumo mensual
		Reubicación de basureros para reducir la generación de residuos sólidos.	--	Comité de OV y Mantenimiento	Meta: Reducción de la generación de residuos sólidos.

Conclusiones

- Se reconoce el interés que tiene la empresa por mejorar la eficiencia de sus procesos y su desempeño ambiental, ejemplo de ello son sus instalaciones con tecnología de bajo consumo, como por ejemplo su tecnología de iluminación. Además la empresa actualmente lleva registros de sus consumos de agua, energía eléctrica, consumo de papel y reciclaje.
- La empresa tiene una gestión ambiental avanzada, la cual puede fortalecer con la medición y monitoreo de indicadores de desempeño ambiental.
- En cuanto a las estimaciones de consumo energético y de recurso hídrico, ambos se encuentran actualmente por debajo del estándar establecido de oficina verde, pero se recomienda implementar la mejora continua de estos aspectos para reducir los consumos y reducir costos asociados a esto.
- Se recomienda adoptar buenas prácticas que les ayuden en el manejo de residuos, especialmente en los que se generan en mayor volumen, como es el caso del papel y llevar un control sobre estos.
- Se recomienda a las oficinas del área administrativa del complejo comercial la implementación de un Programa de Oficina Verde, considerando como línea base los indicadores definidos en el presente informe y a partir de la misma, desarrolle los requisitos establecidos en el Estándar de Oficina Verde para lograr la certificación con el Sello de Oficina Verde.

Literatura (Referencias)

IHOBE S. A. 2002. *Guía Práctica de la "Oficina Verde"*. Edición: IHOBE S. A.

WWF España 2008. *Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Oficinas*.

International Energy Agency. 2011. *CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights*.

Plumb-Tech Design & Consulting Services LLC. *Estimating Cold Water Demand for Buildings*.

2. Herramientas para realizar el balance de energía eléctrica

Tabla 24: Herramienta para realizar balance de energía eléctrica de acuerdo a inventario de quipo levantado.

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
Sala de reuniones	Pantalla 32 in	190	1	4	20	15.2	182.4	98.26
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Aire Acondicionad o LG	1500	1	2	26	78	936	
	Lampara LED V2	15	4	4	20	4.8	57.6	
Recepcion	Pantalla 25 in	140	1	7	21	20.58	246.96	59.152
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Teléfono inhalámbrico	85	1	2	26	4.42	53.04	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
	Router	12	1	24	30	8.64	103.68	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	
	Ahorrador	15	8	4	26	12.48	149.76	
	Reflectores emergencia	24	2	1	26	1.248	14.976	
Pasillo	Lampara LED	15	6	4	26	9.36	112.32	10.56
	Aromatizador	20	1	2	30	1.2	14.4	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
Finanzas	Pantalla 19 in	120	1	7	21	17.64	211.68	45.44
	Impresora	250	1	1	26	6.5	78	
	Escaner	350	1	1	26	9.1	109.2	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Lampara LED	15	2	4	26	3.12	37.44	
Supervisor hidrico	Pantalla 25 in	140	1	7	21	20.58	246.96	31.292
	Teléfono	10	2	1	26	0.52	6.24	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	
	Reflectores emergencia	24	2	1	26	1.248	14.976	
	Lampara LED	15	4	4	26	6.24	74.88	
Jefe de mantenimiento	Pantalla 17 in	105	1	7	21	15.435	185.22	52.739
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	
	Cargador de radio	25	2	5	26	6.5	78	
	Lampara LED	15	16	4	26	24.96	299.52	
Escritorio Luis	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	20.414
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
	Cargador de radio	25	1	5	26	3.25	39	
	Teclado numerico	8	1	8	21	1.344	16.128	
	Cargador de cámara termografica	50	1	1	4	0.2	2.4	
Jefe recursos hidricos	Pantalla 25 in	140	1	7	21	20.58	246.96	396.294
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Multifuncional	1200	1	0.5	26	15.6	187.2	
	UPS	450	1	24	30	324	3888	
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Teléfono inalámbrico	85	1	2	26	4.42	53.04	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	
	Cargador de radio	25	1	5	26	3.25	39	
	Bocina	15	1	4	26	1.56	18.72	
Supervisor proyecto comeciales	Pantalla 17 in	105	1	7	21	15.435	185.22	22.819
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	
	Radio	30	1	2	30	1.8	21.6	
	Pantalla 25 in	140	1	7	21	20.58	246.96	45.02

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
Gerente comercial	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
Administrador comercial	Pantalla 25 in	140	1	7	21	20.58	246.96	45.69
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Cargador de radio	25	1	5	26	3.25	39	
	Lampara LED	15	4	4	26	6.24	74.88	
Baño	Secador de manos	20	1	8	26	4.16	49.92	4.81
	Lampara LED	12.5	1	2	26	0.65	7.8	
Area común	Oasis	450	1	12	30	162	1944	407.88
	Microhondas	1000	1	1	26	26	312	
	Cafetera	500	1	1	26	13	156	
	Mini refri	540	1	12	30	194.4	2332.8	
	Lampara LED	15	8	4	26	12.48	149.76	
Supervisora presupuestos	Pantalla 29 in	150	1	2	21	6.3	75.6	13.64
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Teclado ergonómico	25	1	8	21	4.2	50.4	
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	9.64

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
Auxiliar de seguridad	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Cargador de radio	25	2	5	26	6.5	78	
Jefe de servicios	Pantalla 25 in	140	1	7	21	20.58	246.96	56.91
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Cargador de radio	25	1	5	26	3.25	39	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
	Router	12	1	24	30	8.64	103.68	
Jefe de seguridad	Pantalla 19 in	120	1	7	21	17.64	211.68	38.804
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Cargador de radio	25	2	5	26	6.5	78	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
Asistente de servicios	Pantalla 25 in	140	1	7	21	20.58	246.96	48.27
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Cargador de radio	25	1	5	26	3.25	39	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
Supervisor de seguridad industrial	Pantalla 19 in	120	1	7	21	17.64	211.68	48.58
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Cargador de radio	25	2	5	26	6.5	78	
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
Coordinador de seguridad industrial	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	20.118
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Cargador de radio	25	1	5	26	3.25	39	
	Reflectores emergencia	24	2	1	26	1.248	14.976	
Baño	Secador de manos	20	1	8	26	4.16	49.92	9.36
	Lampara LED	12.5	8	2	26	5.2	62.4	
Asistente de mercadeo	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	14.664
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
Eventos	Pantalla 19 in	120	1	7	21	17.64	211.68	36.51

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Cargador de radio	25	1	5	26	3.25	39	
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
Coordinador de mercadeo	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	29.328
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
Gerente mercadeo	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	16.868
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Reflectores emergencia	24	2	1	26	1.248	14.976	
Bodega	Pantalla 25 in	140	1	7	21	20.58	246.96	33.35
	Impresora	250	1	1	21	5.25	63	
	Radio	30	1	2	30	1.8	21.6	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
	Hand held	20	1	2	26	1.04	12.48	
	Lampara LED	12.5	2	2	26	1.3	15.6	
	Incandescente	30	1	4	26	3.12	37.44	
Sala 2	Pantalla 32 in	190	1	4	20	15.2	182.4	103.7
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Aire acondicionado	800	1	4	26	83.2	998.4	
	Lampara LED	12.5	4	4	20	4	48	
	Bombilla	20	1	2	26	1.04	12.48	
Sala 3	Lampara LED	12.5	2	4	20	2	24	2
Recepcion sala de ventas	Pantalla 19 in	120	1	7	21	17.64	211.68	366.636
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
	UPS	450	1	24	30	324	3888	
	Ahorrador	15	2	4	26	3.12	37.44	
	Ojos de buey LED	7	6	1	26	1.092	13.104	
	Luz domo		1	1	26		0	
	Pescera	15	1	20	30	9	108	
Baño	Secador de manos	20	1	8	26	4.16	49.92	7.28
	Extractor	30	1	2	26	1.56	18.72	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
	Ahorrador	15	2	2	26	1.56	18.72	
Pasillo	Ahorrador	15	6	4	26	9.36	112.32	9.36
Sala de juntas	Pantalla 50 in	210	1	4	20	16.8	201.6	23.768
	Ojos de buey LED	7	4	1	26	0.728	8.736	
	Ahorrador	15	4	4	26	6.24	74.88	
Sala 2	Pantalla 25 in	140	1	4	20	11.2	134.4	13.6
	Ahorrador	15	2	4	20	2.4	28.8	
Sala 3	Pantalla 25 in	140	1	4	20	11.2	134.4	14.72
	Ahorrador	15	2	4	20	2.4	28.8	
	Ojos de buey	14	4	1	20	1.12	13.44	
Asesor de ventas	Ahorrador	15	12	4	26	18.72	224.64	18.72
Asistente de ventas	Pantalla 25 in	140	2	7	21	41.16	493.92	382.132
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	UPS	450	1	24	30	324	3888	
	Cargador celular	13	1	4	26	1.352	16.224	
Asesora de ventas	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	3.14
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
Administración de ventas	Pantalla 19 in	120	1	7	21	17.64	211.68	373.1
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	UPS	450	1	24	30	324	3888	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
	Multifuncional	1200	1	1	26	31.2	374.4	
Gerente de ventas	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	3.14
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
Bodega 8	Tubos T-8	32	2	4	26	6.656	79.872	6.656
Baño	Secador de manos	20	1	8	26	4.16	49.92	7.28
	Extractor	30	1	2	26	1.56	18.72	
	Ahorrador	15	2	2	26	1.56	18.72	
Area legal	Pantalla 19 in	120	1	7	21	17.64	211.68	262.588
	Pantalla 21 in	130	1	7	21	19.11	229.32	
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Teléfono	10	2	1	26	0.52	6.24	
	Cargador celular	13	2	8	26	5.408	64.896	
	Máquina de escribir eléctrica	220	1	0.5	5	0.55	6.6	
	Minisplit	1300	1	6	26	202.8	2433.6	
	Aromatizante	20	1	2	30	1.2	14.4	
Administración comercialización	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	102.98
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Escaner	350	1	1	26	9.1	109.2	
	Teléfono inalámbrico	85	1	2	26	4.42	53.04	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
	Aire acondicionado	450	1	1	26	11.7	140.4	
	Lámpara	100	6	4	26	62.4	748.8	
Asesoras comercializacion	Laptop	144	3	4	5	8.64	103.68	63.844
	Dock	120	2	4	26	24.96	299.52	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Teléfono inalámbrico	85	2	2	26	8.84	106.08	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
	Ojos de buey LED	7	2	1	26	0.364	4.368	
	Lámpara	100	2	2	26	10.4	124.8	
	Bocina	15	1	4	26	1.56	18.72	
Asesor	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	10.66
	Lámpara	100	2	2	26	10.4	124.8	
Comedor	Oasis	450	1	12	30	162	1944	613.504
	Refrigerador 6ft	420	1	12	30	151.2	1814.4	
	Refrigerador GE (Sto 609 JO1319)	675	1	12	30	243	2916	
	Microhondas	1000	1	1	26	26	312	
	Cafetera	500	1	1	26	13	156	
	Ahorrador	25	6	4	26	15.6	187.2	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
Baño	Secador de manos	20	1	8	26	4.16	49.92	8.84
	Extractor	30	1	4	26	3.12	37.44	
	Ahorrador	15	2	2	26	1.56	18.72	
Bodega 2	Tubos T-6	30	2	4	20	4.8	57.6	4.8
Recepcion tercer nivel	Pantalla 32 in	190	8	7	21	223.44	2681.28	258.84
	Pantalla 25 in	140	1	7	21	20.58	246.96	
	Teléfono	10	2	1	26	0.52	6.24	
	Teléfono inalámbrico	85	1	2	26	4.42	53.04	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	
	Bocina	15	1	4	26	1.56	18.72	
	Reflectores emergencia	24	2	1	26	1.248	14.976	
	Lampara LED	10.5	4	4	26	4.368	52.416	
Baño	Secador de manos	20	1	8	26	4.16	49.92	4.706
	Lampara LED	10.5	1	2	26	0.546	6.552	
Sala 1	Pantalla 50 in	210	1	4	20	16.8	201.6	644.94
	Minisplit	1300	1	6	26	202.8	2433.6	
	Router	12	1	24	30	8.64	103.68	
	Multifuncional	1200	1	2	26	62.4	748.8	
	Impresora	250	1	1	26	6.5	78	
	UPS	450	1	24	30	324	3888	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
	Trituradora de papel	250	1	1	26	6.5	78	
	Ploter	120	1	2	26	6.24	74.88	
	Deshumidificador	80	1	2	26	4.16	49.92	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Ojo de buey Led	7	4	4	20	2.24	26.88	
	Ahorrador	11	5	4	20	4.4	52.8	
Recursos humanos	Pantalla 25 in	140	3	7	21	61.74	740.88	90.62
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Dock	120	2	4	26	24.96	299.52	
	Teléfono	10	4	1	26	1.04	12.48	
Sala	Ojo de buey Led	7	2	4	20	1.12	13.44	46.82
	Ahorrador	15	6	4	20	7.2	86.4	
	Aire Acondicionado	450	1	1	26	11.7	140.4	
	Bocina	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Cañonera	350	1	3	5	5.25	63	
	Cámara	10	1	2	26	0.52	6.24	
	Conector de laptop	19	1	15	30	8.55	102.6	
IT	Pantalla 25 in	140	5	7	21	102.9	1234.8	258.716
	Pantalla 19 in	120	1	7	21	17.64	211.68	
	Laptop	144	9	4	5	25.92	311.04	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
	Dock	120	4	4	26	49.92	599.04	
	Teléfono	10	6	1	26	1.56	18.72	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
	Ventilador	75	1	4	21	6.3	75.6	
	Cargador celular	13	2	8	26	5.408	64.896	
	Audio ambiental	120	1	6	26	18.72	224.64	
	Lampara LED	10.5	14	4	26	15.288	183.456	
	Tubos T-5	30	2	4	26	6.24	74.88	
Diseño	Pantalla 25 in	140	20	7	21	411.6	4939.2	513.46575
	Pantalla 19 in	120	1	7	21	17.64	211.68	
	Laptop	144	7	4	5	20.16	241.92	
	Teléfono	10	13	1	26	3.38	40.56	
	Ventilador Vertical	105	3	4	21	26.46	317.52	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	
	Bocina	15	3	4	26	4.68	56.16	
	Reflectores emergencia	24	2	1	26	1.248	14.976	
	dock	120	2	4	26	24.96	299.52	
	Sacapuntas electrico	4.875	1	5	26	0.63375	7.605	
Proyectos	Pantalla 25 in	140	1	7	21	20.58	246.96	34.88
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
	dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	bocina	15	1	4	26	1.56	18.72	
Gerencia	Pantalla 25 in	140	1	7	21	20.58	246.96	55.63
	Laptop	144	1	4	5	2.88	34.56	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Teléfono inalámbrico	85	1	2	26	4.42	53.04	
	Mini Multifuncional	725	1	1	26	18.85	226.2	
	Router	12	1	24	30	8.64	103.68	
Bodega	Tubos T-5 (dice T6)	30	2	4	26	6.24	74.88	6.24
Comedor	Microhondas	1000	2	1	26	52	624	642.536
	Cafetera	500	1	1	26	13	156	
	Oasis	450	1	12	30	162	1944	
	Refrigerador (120+590+180+125 w)	1015	1	12	30	365.4	4384.8	
	Maquina	115	1	12	30	41.4	496.8	
	Lampara LED	10.5	4	4	26	4.368	52.416	
	Bocina	15	2	4	26	3.12	37.44	
Baños	Reflectores emergencia	24	2	1	26	1.248	14.976	18.668
	Secador de manos	20	2	8	26	8.32	99.84	
	Extractores	30	4	2	26	6.24	74.88	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
	Migitorio sensor	12	1	2	26	0.624	7.488	
	Ahorrador	10.5	4	2	26	2.184	26.208	
	Ahorrador	25	1	2	26	1.3	15.6	
Finanzas	Pantalla 25 in	140	2	7	21	41.16	493.92	939.676
	Pantalla 21 in	130	4	7	21	76.44	917.28	
	Pantalla 19 in	120	9	7	21	158.76	1905.12	
	Laptop	144	5	8	26	149.76	1797.12	
	Dock	120	5	4	26	62.4	748.8	
	Teléfono	10	10	1	26	2.6	31.2	
	Teléfono inalámbrico	85	1	2	26	4.42	53.04	
	Ventilador Vertical	105	7	4	21	61.74	740.88	
	Multifuncional	1200	1	0.5	26	15.6	187.2	
	Impresora	250	1	1	26	6.5	78	
	Impresora Matricial	500	1	1	26	13	156	
	UPS	450	1	24	30	324	3888	
	Cargador celular	13	1	8	26	2.704	32.448	
	Bocina	15	2	4	26	3.12	37.44	
	Reflectores emergencia	24	4	1	26	2.496	29.952	
	Ahorrador	10.5	2	4	26	2.184	26.208	
	Lampara LED	10.5	6	4	26	6.552	78.624	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
	Tubos T-5 (dice T6)	30	2	4	26	6.24	74.88	
Oficina de finanzas	Pantalla 21 in	130	1	7	21	19.11	229.32	81.626
	Laptop	144	1	8	26	29.952	359.424	
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Teléfono	10	1	1	26	0.26	3.12	
	Ventilador Vertical	105	2	4	21	17.64	211.68	
	Ahorrador	10.5	2	4	26	2.184	26.208	
Area	Pantalla 25 in	140	4	7	21	82.32	987.84	245.768
	Pantalla 21 in	130	1	7	21	19.11	229.32	
	Laptop	144	2	8	26	59.904	718.848	
	Dock	120	2	4	26	24.96	299.52	
	Teléfono	10	6	1	26	1.56	18.72	
	Ventilador Vertical	105	2	4	21	17.64	211.68	
	Impresora Matricial	500	1	1	26	13	156	
	Mini Multifuncional	725	1	1	26	18.85	226.2	
	Lampara LED	10.5	2	4	26	2.184	26.208	
	Tubos T-5 (dice T6)	30	2	4	26	6.24	74.88	
Gerencia general	Pantalla 50 in	210	1	7	21	30.87	370.44	132.614
	Pantalla 21 in	130	2	7	21	38.22	458.64	
	Laptop	144	1	8	26	29.952	359.424	

Área	Equipo	Potencia	Cantidad	Horas/Día	Días/mes	Consumo mensual kWh/ mes	Cosumo anual kWh/añual	Consumo por área kWh/mes
	Dock	120	1	4	26	12.48	149.76	
	Teléfono	10	2	1	26	0.52	6.24	
	Ventilador Vertical	105	1	4	21	8.82	105.84	
	Bocina	15	1	4	26	1.56	18.72	
	Ojo de buey incandescente	14	7	4	26	10.192	122.304	
Sala	Pantalla 50 in	210	1	4	20	16.8	201.6	229.588
	Minisplit	1300	1	6	26	202.8	2433.6	
	Lector de huella digital	18	1	1	26	0.468	5.616	
	Ojo de buey Led	7	6	4	20	3.36	40.32	
	Ahorrador	11	7	4	20	6.16	73.92	
Cuarto de servidores	servidores					0	0	0
Total						8224.1938	98690.325	8224.1938

Tabla 25: Herramienta para realizar balance de agua de acuerdo a aforos realizados en los equipos instalados en baños, cocinas y pila.

Área	Descripción	Cantidad	Volumen (mL)	Tiempo (s)	Volumen (L)	Tiempo (s)	L/s	m3/s	m3/me	m3/año	m3/dí	L/día	
Baño1	Inodoro	1							1.872	22.464	0.062	61.5452	
	Lavamanos	1	100	1.78	0.1	1.78	0.0562	5.6E-05	1.3146	15.7753	0.043	43.2199	
Baño 2	Inodoro	1							1.872	22.464	0.062	61.5452	
	Lavamanos	1	176	0.61	0.176	0.61	0.2885	0.00029	6.7515	81.0177	0.222	221.966	
Pila	Chorro 1	1	136	0.24	0.136	0.24	0.5667	0.00057	15.47	185.64	0.509	508.603	
Baño 3	Lavamanos	1	137	1.85	0.137	1.85	0.0741	7.4E-05	1.7329	20.7944	0.057	56.9709	
	Lavamanos	1	176.5	1.63	0.1765	1.63	0.1083	0.00011	2.5338	30.4056	0.083	83.3031	
	Inodoros	2							5.616	67.392	0.185	184.636	
Baño 4	Lavamanos	1	217	2.11	0.217	2.11	0.1028	0.0001	2.4065	28.8785	0.079	79.1191	
	Inodoro	1							2.808	33.696	0.092	92.3178	
	Mijitorio	1							0.936	11.232	0.031	30.7726	
Comedor	Chorro 2	1	117	1.3	0.117	1.3	0.09	0.00009	2.457	29.484	0.081	80.7781	
	Chorro3	1	217.5	0.73	0.2175	0.73	0.2979	0.0003	8.1339	97.6068	0.267	267.416	
Baño 5	Lavamanos	1	77.5	0.7	0.0775	0.7	0.1107	0.00011	2.5907	31.0886	0.085	85.1742	
	Inodoro	1							1.872	22.464	0.062	61.5452	
Baño 6	Lavamanos	1	92	0.77	0.092	0.77	0.1195	0.00012	2.7958	33.5501	0.092	91.9182	
	Inodoro	1							1.872	22.464	0.062	61.5452	
Pila	Chorro 4	1	152	0.43	0.152	0.43	0.3535	0.00035	9.6502	115.803	0.317	317.268	
Comedor	Chorro 5	1	98	0.37	0.098	0.37	0.2649	0.00026	7.2308	86.7697	0.238	237.725	
									Total	79.916	958.99	2.627	2627.37

3. Planos con ubicación de mediciones de seguridad y salud ocupacional eléctrica

Figura1: Plano tercer nivel con ubicación de los puntos de medición de niveles de presión sonora

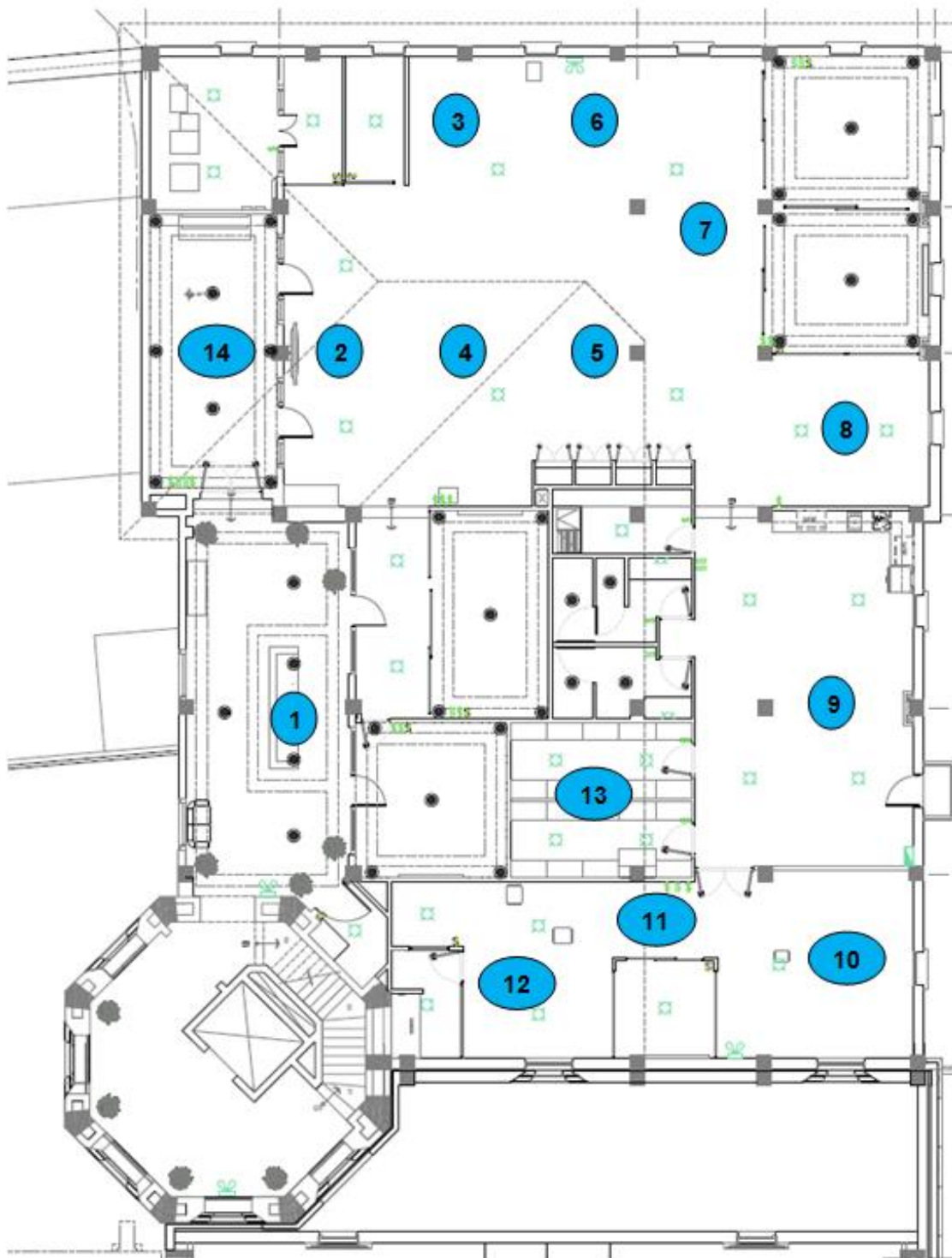


Figura 2: Plano segundo nivel con ubicación de los puntos de medición de niveles de presión sonora

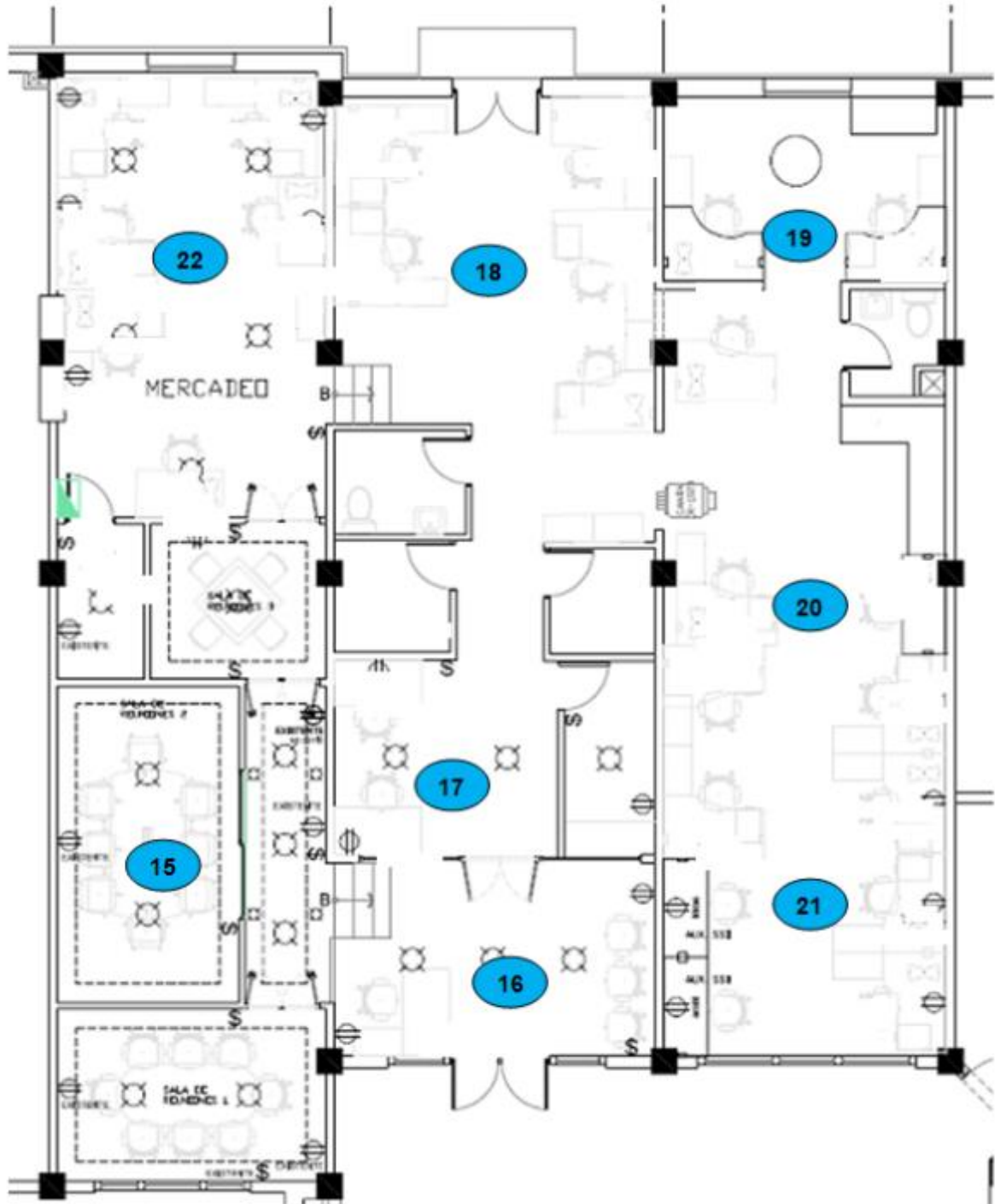


Figura 3: Plano segundo nivel con ubicación de los puntos de medición de niveles de estrés térmico

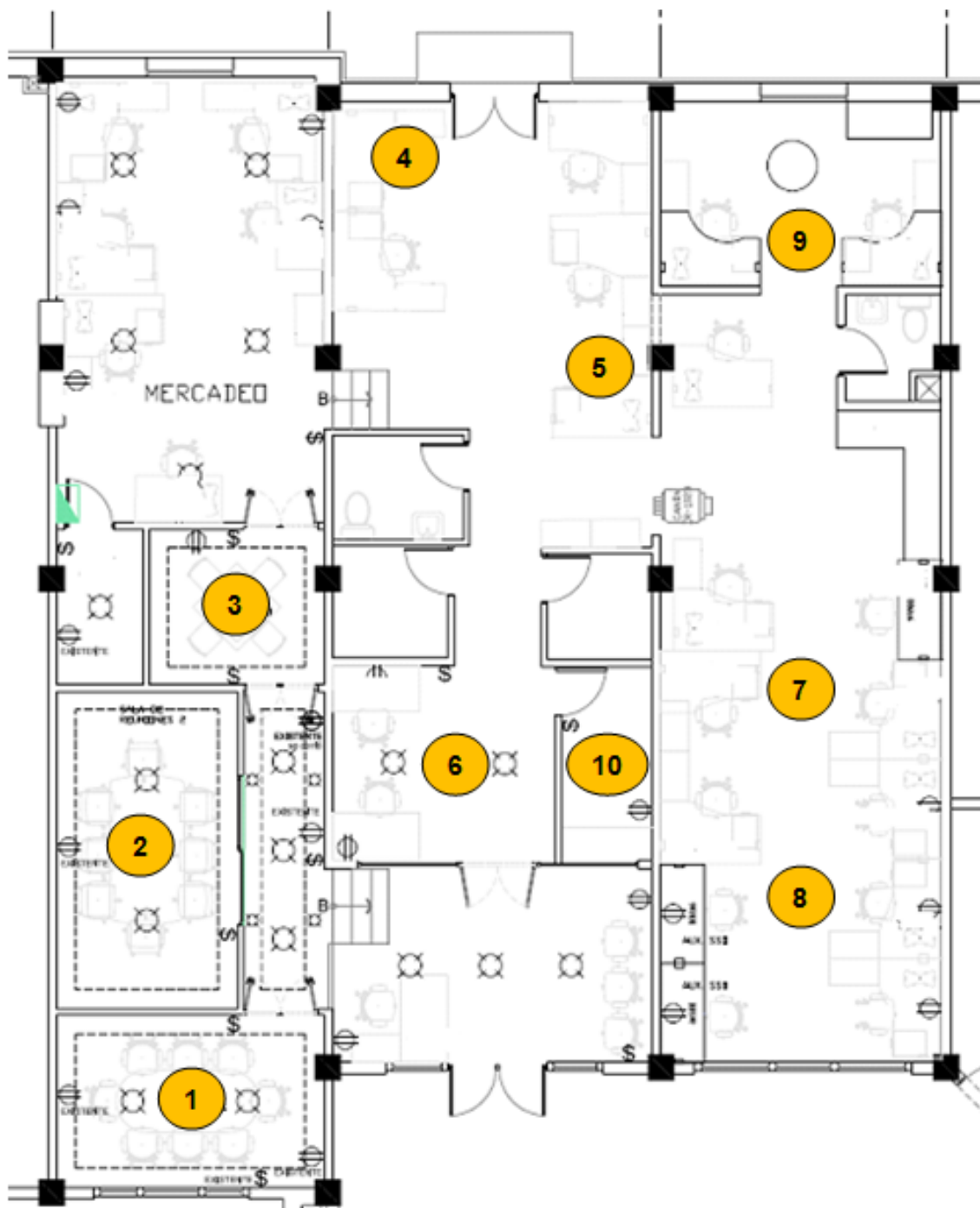


Figura 4: Plano tercer nivel con ubicación de los puntos de medición de niveles de estrés térmico

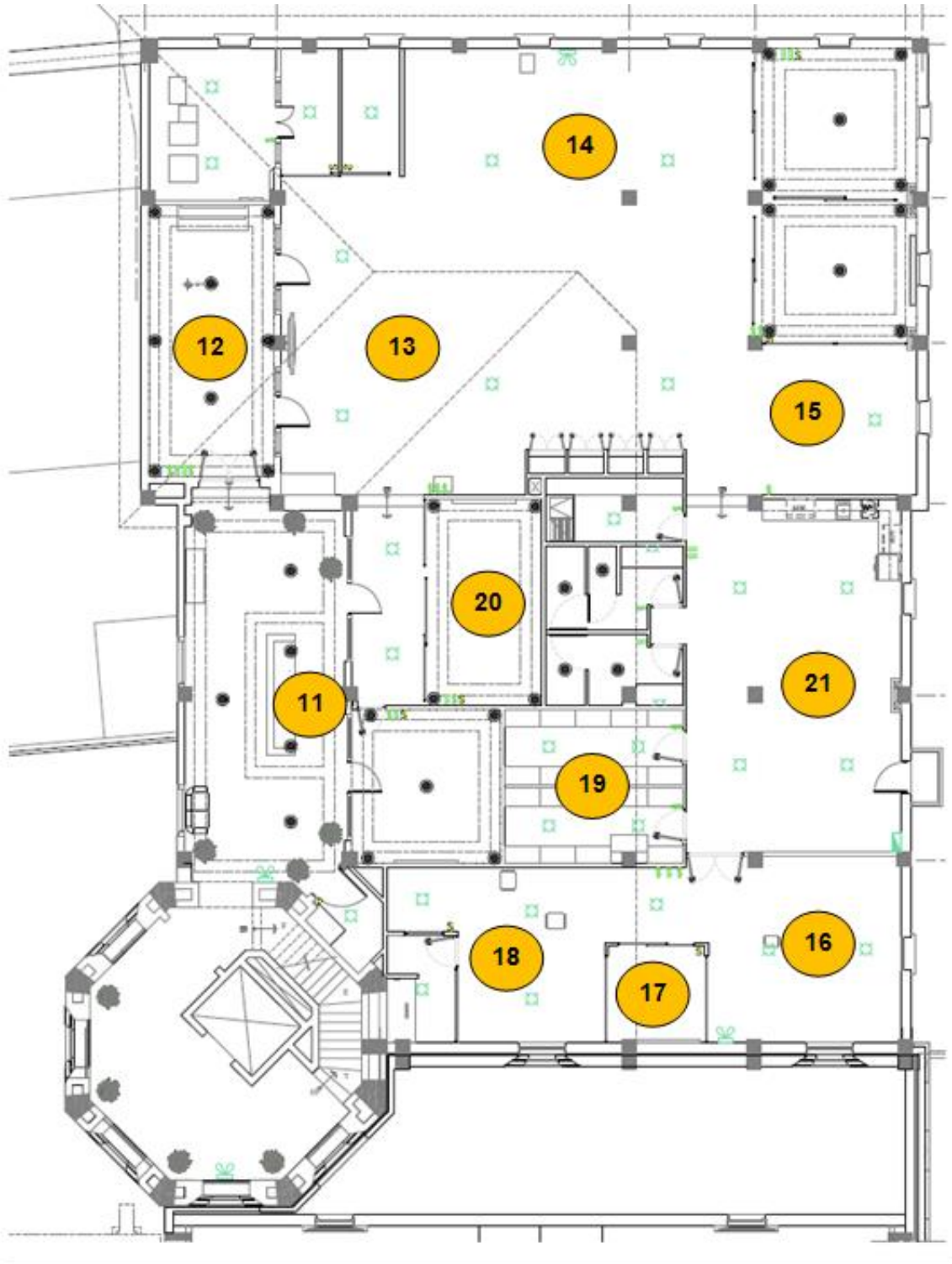


Figura 5: Plano segundo nivel con ubicación por áreas de los puntos de medición de niveles de iluminación

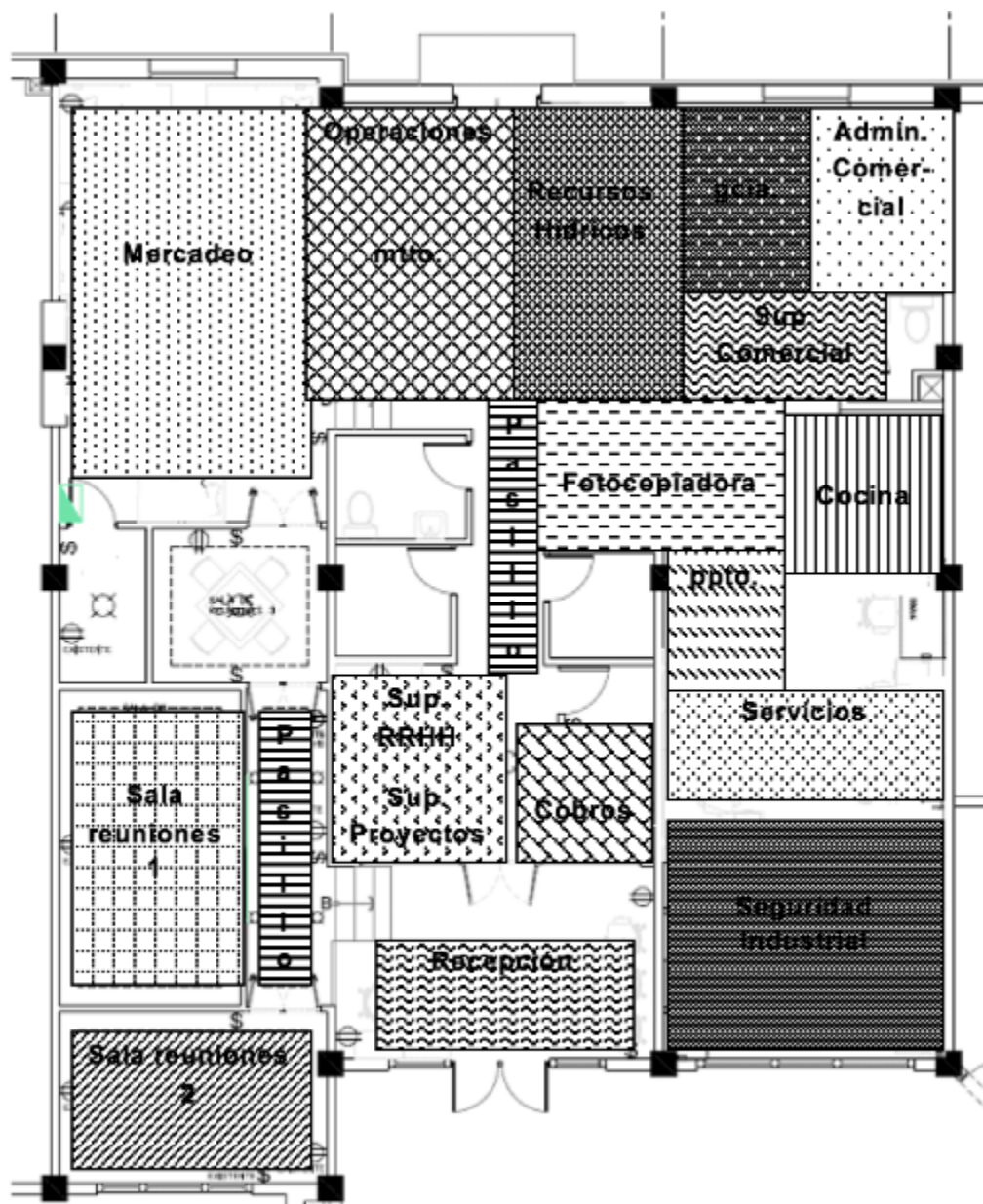
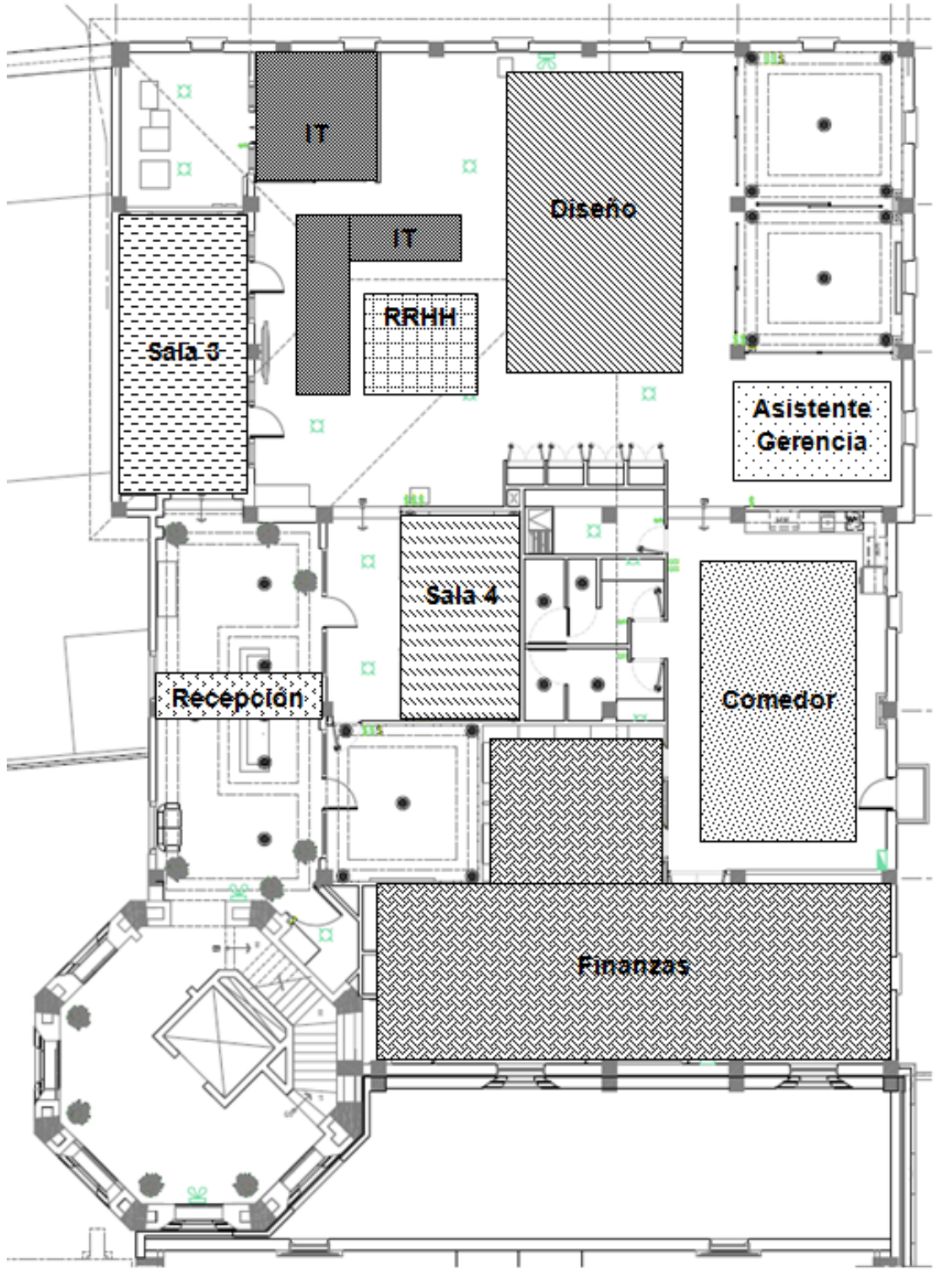


Figura 6: Plano segundo nivel con ubicación por áreas de los puntos de medición de niveles de iluminación



4. Cotización de certificación de Oficina Verde realizada por el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia para el complejo comercial

CENTRO GUATEMALTECO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA
Edificio Cámara de Industria de Guatemala, Ruta 6, 9-21, Zona 4, Nivel 7, oficinas B y C
Tel.: (502) 2380-9128 Fax: (502) 2339-0264



Guatemala, 01 de marzo de 2017.

Ingeniero

Presente.-

Por este medio quiero agradecerles la apertura y confianza que han tenido para conocer y experimentar los servicios técnicos que ofrece el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia –CGP+L–. Somos una institución técnica sin fines de lucro que tiene 17 años de estar operando en Guatemala con el respaldo de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI) y el apoyo local de la Cámara de Industria de Guatemala; hemos establecido diversas alianzas con instituciones como el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y trabajamos para lograr nuestra misión de hacer a las empresas nacionales más competitivas y compatibles con el medio ambiente a través de la implementación de estrategias ambientales proactivas como lo es la Producción más Limpia.

A la fecha hemos atendido poco más de 520 pequeñas, medianas y grandes empresas, capacitado a más de 800 personas y sensibilizado a nivel nacional a más de 8,500 personas en diferentes temas de desarrollo económico local a través de la implementación de prácticas sostenibles y amigables con el ambiente.

Conocemos los múltiples retos a los cuales las organizaciones se enfrentan hoy día; sabemos que buscan mantener un equilibrio entre cumplimiento legal, calidad en productos y servicios, eficiencia en procesos a la vez que deben hacer crecer la productividad y rentabilidad del negocio. Por ello hemos desarrollado diferentes servicios de capacitación y asistencia técnica especializada que ayudará a que su organización pueda desarrollar y gestionar sus recursos de manera eficiente y a la vez mejorar su desempeño ambiental, disminuir los costos de operación y lograr ahorros considerables.

En esta ocasión, presentamos a ustedes el **Programa de Oficina Verde** que es un programa diseñado para hacer eficiente el uso de recursos en las operaciones y actividades administrativas y de oficina. El Programa de OV permitirá que las organizaciones generen una línea base de indicadores de desempeño ambiental y a partir de allí puedan implementar prácticas de Producción más Limpia para reducir sus costos de operación e impactos ambientales, tomar decisiones sobre la incorporación de tecnologías más limpias y de esta manera establecer un sistema de gestión ambiental adecuado a su naturaleza. La fase final del Programa permitirá que las empresas sean acreedoras al "**Sello de Oficina Verde**" que dará un reconocimiento y valor agregado a sus actividades entre las empresas el mercado.

CENTRO GUATEMALTECO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA
Edificio Cámara de Industria de Guatemala, Ruta 6, 9-21, Zona 4, Nivel 7, oficinas B y C
Tel.: (502) 2380-9128 Fax: (502) 2339-0264




Para nosotros es de suma importancia ofrecerles un servicio de calidad que permita que los procesos, productos y servicios de su empresa puedan mejorar considerablemente conduciendo a un ahorro económico y a una mejora del impacto hacia el ambiente. Contamos con un equipo de profesionales expertos en Producción más Limpia que continuamente fortalecen sus capacidades para ofrecer la implementación de acciones y tecnologías limpias aplicables a los diferentes sectores empresariales. Asimismo poseemos equipos de medición confiables que reciben mantenimiento continuo para garantizar la exactitud de los resultados y así favorecer la identificación de oportunidades de mejora reales dentro de los procesos industriales.

Reiteramos por este medio, nuestra felicitación ; por buscar ser parte de las organizaciones que están comprometidas con el Medio Ambiente y buscar la implementación de estrategias ambientales que les permiten estar dentro de un círculo de empresas que promueven la responsabilidad ambiental.

Hacemos llegar por esta vía, la propuesta técnica-económica para desarrollar un **Programa de Oficina Verde** en sus instalaciones ubicadas en la ciudad de Guatemala esperando llegar a favorables acuerdos.

Despidiéndome por esta vía y quedando a la orden

Atentamente,


Licda. M.A. Karen Rosales
SubDirectora
CGP+L



CENTRO GUATEMALTECO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA
 Edificio Cámara de Industria de Guatemala, Ruta 6, 9-21, Zona 4, Nivel 7, oficinas B y C
 Tel.: (502) 2380-9128 Fax: (502) 2339-0264



LUGAR Y FECHA	COTIZACIÓN No.
Guatemala, 01 de marzo de 2017	COV758

En atención a su solicitud, tenemos el agrado de enviarle la siguiente cotización:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR
	<p>Implementación de Programa de Oficina Verde en oficinas administrativas de Paseo Cayalá ciudad de Guatemala; incluye las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> Fase I: Capacitación In Company (8 horas dividido en dos jornadas de capacitación) dirigido a personal administrativo de oficinas. Se considera 1 capacitación en sede Guatemala convocando a personal de todos los sitios. Fase II: Mediciones técnicas para realización de diagnósticos técnico de Oficina Verde en edificio administrativo. El CGP+L realizará únicamente mediciones técnicas de calidad de aire en interiores, niveles de iluminación y estrés térmico. Estudiantes de megaproyecto de Universidad del Valle de Guatemala realizarán el diagnóstico técnico de oficina verde completo, con la orientación por parte del CGP+L. Fase III: Auditorías de verificación de cumplimiento de Estándar de Oficina Verde (auditorías de certificación para la obtención del Sello de Oficina Verde realizada por auditores externos avalados por el programa). Se consideran 3 auditorías, 1 para cada sitio de operación. <p>*Ver detalle de cada actividad en sección "Descripción de actividades".</p>	<p>Q 3,250.00</p> <p>Q5,750.00</p> <p>Q4,500.00</p>
<p>Son trece mil quinientos quetzales exactos. Incluye impuestos. Forma de pago y asuntos administrativos a convenir con la organización.</p>		<p>SUB TOTAL Q 13,500.00</p> <p>TOTAL Q 13,500.00</p>

AUTORIZACIÓN DE COTIZACIÓN POR CLIENTE

APROBADA POR

FIRMA

SELLO

FECHA



ACTIVIDADES A REALIZAR

1. Capacitación In Company

Capacitación in Company (8 horas) en el tema de oficina verde a grupo no mayor de 15 personas que incluye: contexto ambiental y generalidades de oficina verde, uso eficiente de recursos, buenas prácticas ambientales en operaciones de oficina; indicadores de desempeño, interpretación e implementación de Estándar de Oficina Verde. La capacitación se dividirá en 2 sesiones de 4 horas cada una. La sesión 2 de capacitación deberá realizarse posterior a la finalización del diagnóstico de oficina verde.

2. Mediciones técnicas para la realización del diagnóstico técnicos de Oficina Verde

El CGP+L realizará las mediciones técnicas de calidad de aire en interiores, estrés térmico y niveles de iluminación utilizando equipo calibrado y certificado. Estas mediciones se entregarán a estudiantes de la Universidad del Valle de Guatemala que están realizando megaproyecto en las instalaciones de *Cajon* para que elaboren el diagnóstico de oficina verde que deberá incluir: balance energético, balance hídrico, interpretación de medición de calidad de aire, interpretación de mediciones de niveles de iluminación, estimación de huella de carbono, generación de indicadores de desempeño ambiental en oficinas y elaboración de plan de acción para la implementación de Oficina Verde para cumplimiento con el Estándar de oficina verde.

3. Verificación de cumplimiento de Estándar de Oficina Verde

Posterior a la implementación de Oficina Verde (seis meses máximo), se programará una visita de verificación de cumplimiento de Estándar de oficina verde conducida por Auditores avalados del Programa Oficina Verde; a partir de esta actividad, se genera un informe de cumplimiento para evaluar la obtención del **Sello de Oficina Verde**. Se requiere el cumplimiento del Estándar de Oficina Verde mayor o igual al 80% para otorgar el Sello Oficina Verde.

CENTRO GUATEMALTECO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA
 Edificio Cámara de Industria de Guatemala, Ruta 6, 9-21, Zona 4, Nivel 7, oficinas B y C
 Tel.: (502) 2380-9128 Fax: (502) 2339-0264



CRONOGRAMA

La presente propuesta incluye 3 momentos específicos que se detallan a continuación:


1. Capacitación – primera sesión: se programará en conjunto con la organización una vez se apruebe la presente propuesta técnica económica.
2. Mediciones técnicas: se llevarán a cabo una semana después de la primera fase de capacitación. Se programará 1 visita para la realización de las mediciones.
3. Diagnóstico técnico: es responsabilidad directa de la UVG el avance de los resultados del diagnóstico técnico; el CGP+L apoyará en la revisión del diagnóstico en un tiempo no mayor de 3 meses posterior a la realización de las mediciones.
4. Capacitación –segunda sesión: se programará junto con la organización la fecha para la segunda sesión de capacitación; la misma deberá realizarse al finalizar el diagnóstico técnico de oficina verde.
5. Auditoría de verificación: el CGP+L gestionará con la empresa la programación para la realización de la auditoría para la certificación de Oficina Verde para la obtención del Sello Oficina Verde. La misma no deberá exceder los 6 meses después de finalizado el diagnóstico técnico.

PRODUCTOS Y FORMAS DE PAGO PROPUESTA

PRODUCTO	FECHA	% a pagar
1. Contra realización de primera capacitación	A convenir	20%
2. Entrega de resultados de mediciones técnicas	A convenir	50%
3. Auditoría de verificación	A convenir	30%

5. Documentos varios

Figura 7 :Factura de consumo de energía eléctrica del área administrativa del complejo comercial



Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.
6a. avenida 6-14 zona 1 NIT: 32644-5
Teleservicio 2277-7000

Historial de Consumo

Dirección de Servicio: Guatemala
Municipio: Guatemala
Departamento: Guatemala

Su consumo promedio por día durante los últimos 6 meses ha sido de 200.23 kWh/día

Datos del Cliente

Nombre: _____
Dirección de Cobro: _____
Municipio: Guatemala
Departamento: GUATEMALA
Cuenta: 812-05026-000
NIT: 5540781-1

Datos de Lecturas

Fecha de Lectura	Lectura kWh	Lectura kVAh	Potencia Máxima del Mes kWh
Actual - 18/01/2017	72,468	0	0.0
Anterior - 17/12/2016	66,443	0	

Factor de potencia 0.0000
La hemos servido durante 32 días

Datos de Factura y Tarifas

Factura Electrónica: CFACE-1-82-001-170090006977
Referencia Bancos: 82-090006977
Fecha de Emisión: 15/01/2017
Contador: N-72949
Correlativo: 1190339
Tarifa: Baja Tensión Simple - BTS
Tarifa Vigente: Noviembre 2016 - Enero 2017
Sujeto a pagos trimestrales (No retener ISR)
Agente de retención Dto. 20-2006 (No retener IVA)

Detalle de Cargos (Q.)	Precios	Consumos	Importe Q.
Cargo Fijo por Cliente (Sin IVA)	10.246778 Cierre/mes		10.25
Cargo por Energía (Sin IVA)	1.099962 Q/kWh	6,025 kWh	6,627.27
Total Cargo (Sin IVA)			6,637.52
Total Cargo Q. (Con IVA)			7,434.02
Cargos por incumplimiento a NTSD (Con IVA)		Municipalidad Guatemala	862.88
Tasa Municipal A.P. (cobro cta. de terceros) (Sin IVA)	13.0%		0.00
TOTAL CARGOS DEL MES Q.			8,296.90
Cargos Q. 3,709.94 GENERACIÓN Y TRANSPORTE. Q. 1,659.38 IMPUESTOS Y TASAS. Q. 1,628.10 DISTRIBUCIÓN.			
Saldo Anterior de 00 mes(es)			0.00
(*) Mora por saldo anterior (Con IVA)	1.03% Mensual		-8,318.90
Total Saldo Anterior			-8,318.90
TOTAL A PAGAR			-22.00

Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. —CODO PARA BANCO—

Detalle	Saldo Anterior	Cargos del Mes	Total a Pagar
Total Cuota Sin IVA	-6,637.52	6,637.52	-22.00
IVA (12%)	-796.50	796.50	0.00
Tasa Municipal	-862.88	862.88	0.00
Mora	0.00	0.00	0.00
TOTALES	-8,318.90	8,296.90	-22.00




Figura 8: Ejemplo de boletas de pedido de insumos de oficina a bodega



SOLICITUD DE MATERIALES

SOLICITUD DEVOLUCIÓN N° 004795

Guatemala _____ de _____ de 20____
Solicitante: _____
Departamento: _____

Material a Solicitar

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN

OBSERVACIONES

SELO Y FIRMA DE QUIEN SOLICITA

SELO Y FIRMA DE QUIEN ENTREGA

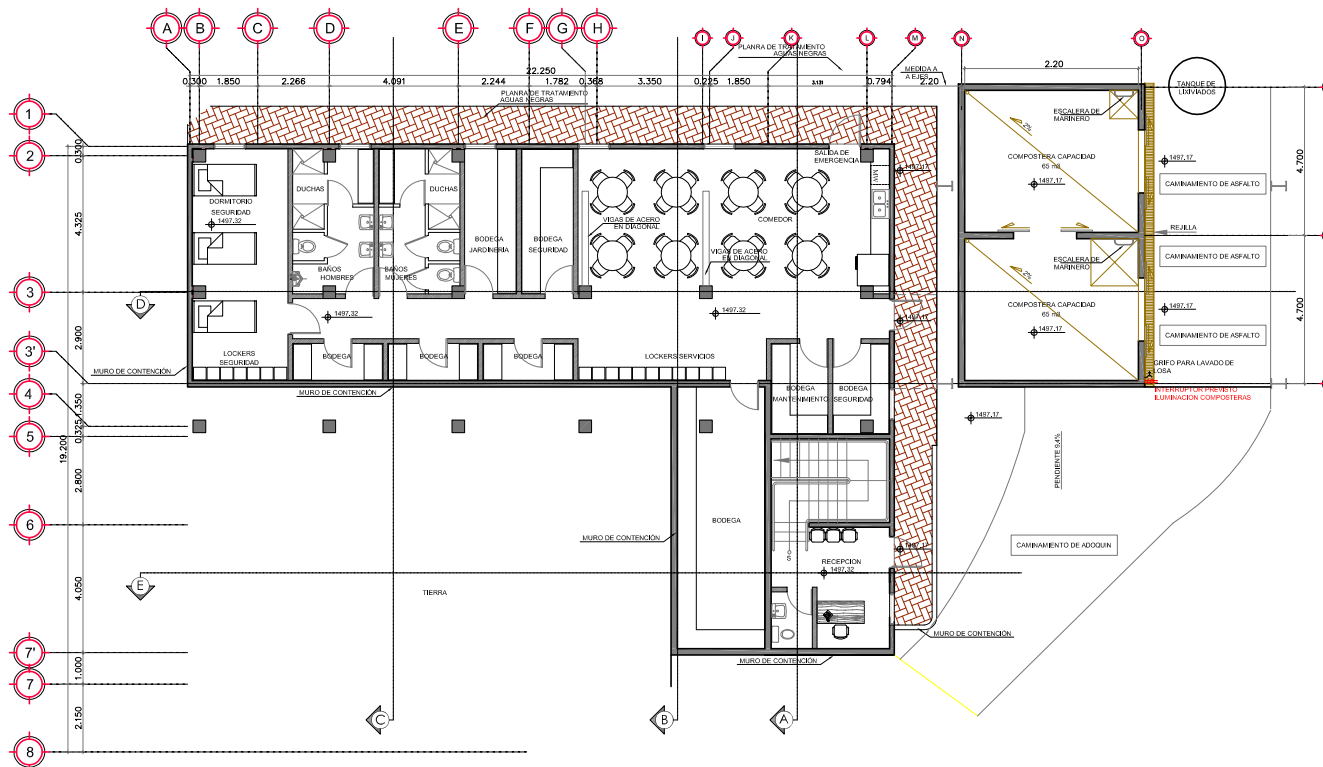
Figura 9 : Reunión informativa con Comité de Oficina Verde



Anexo M: Módulo 7 Análisis financiero de proyecto y propuesta de diseño de planta de manejo de residuos en un complejo comercial

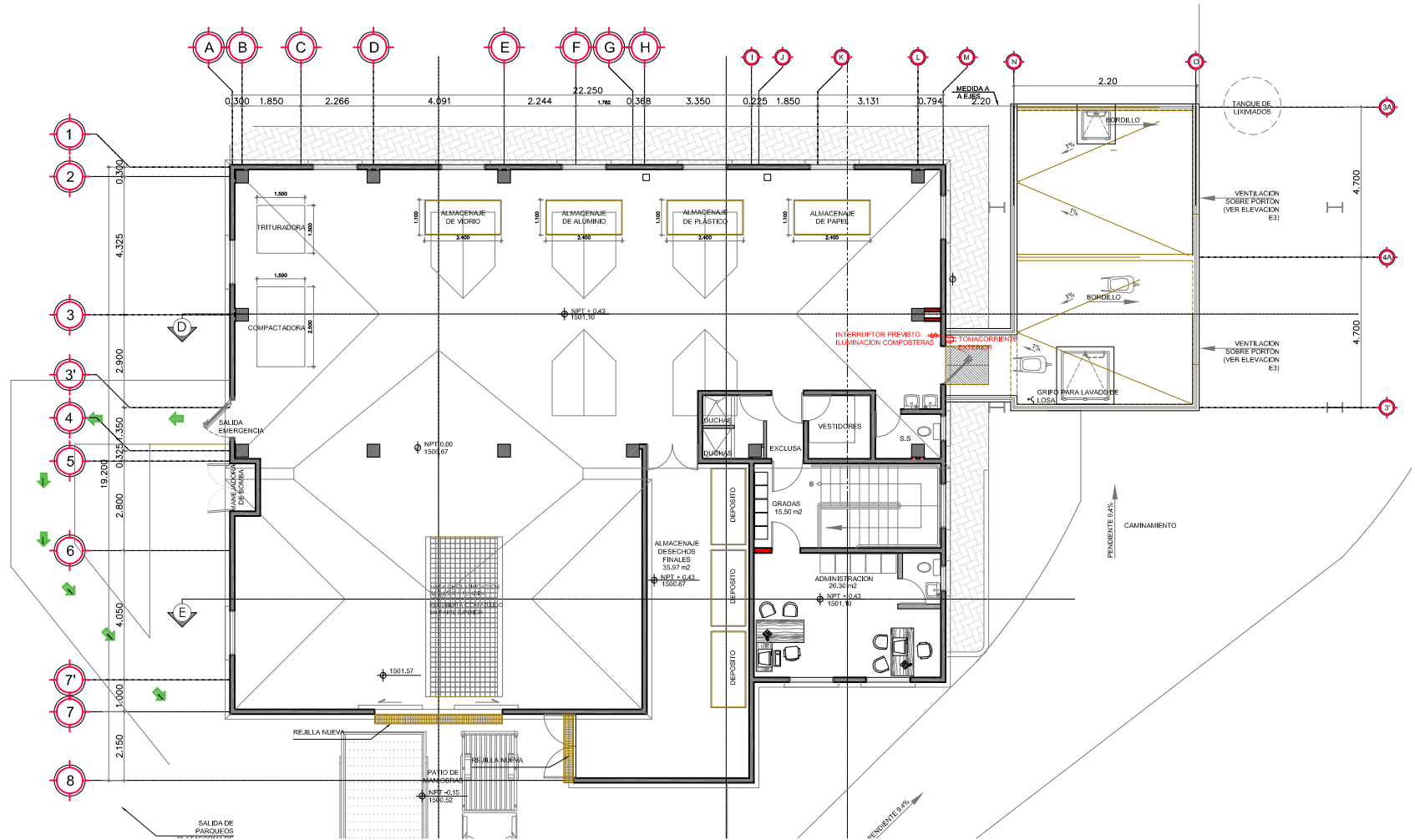
1. Información pertinente al manejo de residuos en el complejo comercial

FIGURA 110: VISTA SUPERIOR DE NIVEL UNO ADMINISTRATIVO PMDS ACTUAL TEÓRICO



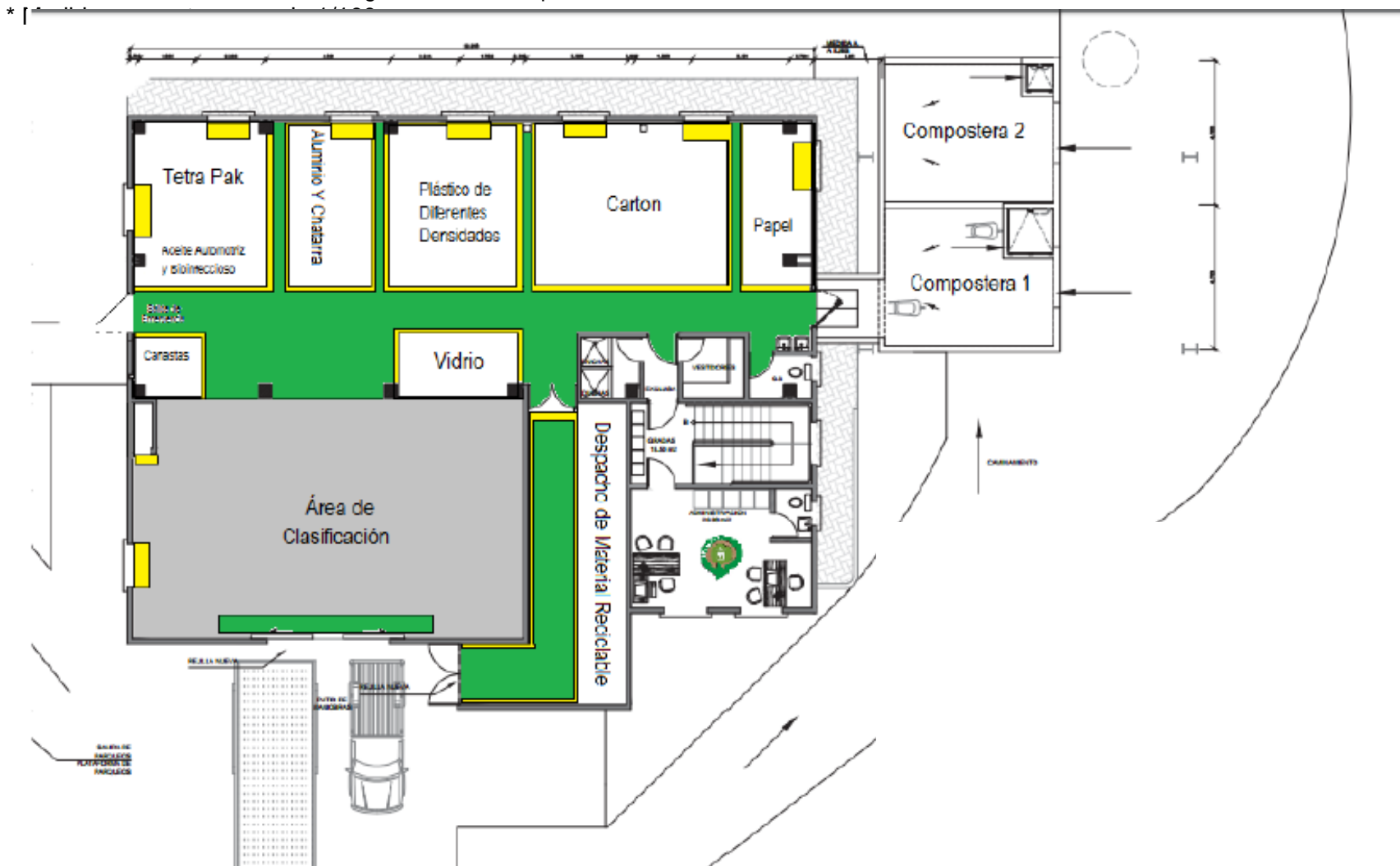
* Medidas en metros, escala 1/100

Figura 111: Vista superior de nivel dos PMDS actual teórico



* Medida en metros, escala 1/100

Figura 112: Vista superior de nivel dos PMDS actual con distribución teórica



Cuadro 313: Reporte de residuos recuperados de enero de 2016 a agosto de 2017

Año	2016												2017							
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
Obsoleto	14,894	10,919	15,154	14,441	2,704	18,832	12,130	21,656	18,832	24,796	9,268	6,626	8,256	11,840	11,656	10,893	13,739	12,370	15,216	12,990
Coprocesa	0	0	0	0	15,323	4,934	0	6,449	4,934	6,250	8,859	8,598	4,969	5,500	3,961	4,944	1,632	0	3,505	0
Cartón	2,664	4,225	4,026	4,858	3,785	3,301	4,858	4,224	3,301	6,087	3,956	5,847	6,260	4,689	5,256	4,689	7,238	6,652	7,238	7,285
Orgánico	0	0	0	2,548	843	3,838	2,548	2,210	3,838	1,899	7,506	3,741	4,022	2,032	1,938	2,353	1,477	1,321	1,477	1,477
Vidrio	1,084	647	1,178	1,647	2,210	2,372	1,647	2,296	2,372	4,278	5,596	3,683	3,288	4,736	3,664	4,736	4,040	3,731	4,043	6,158
Plástico	312	222	412	1,061	182	604	1,061	669	604	1,039	723	674	873	1,805	1,308	1,805	1,699	1,916	1,701	2,253
Papel	445	126	339	490	139	680	490	62	680	655	0	218	930	626	388	626	514	1,395	514	1,051
Ace vegetal	239	0	115	70	3	76	70	204	76	335	204	204	328	79	233	146	275	124	275	24
Aluminio	77	15	188	83	18	86	83	97	86	183	157	63	204	963	201	963	169	180	169	111
Tetrapak	61	10	24	0	12	102	0	78	102	176	20	644	183	172	51	172	99	142	99	152
Latón	0	0	0	41	0	27	41	123	27	66	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ace mecánico	6	0	0	4	0	0	4	45	0	13	0	97	105	27	35	11	18	11	18	1
Electrónico	0	0	0	13	1	6	13	0	6	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	19,782	16,162	21,436	25,256	25,222	34,859	22,946	38,112	34,859	45,886	36,310	30,393	29,420	32,468	28,689	31,337	30,900	27,842	34,255	31,503

* Datos en kg

Cuadro 314: Proporción de residuos recuperados en base a reportes de enero de 2016 a agosto de 2017

Residuo	Proporción
Obsoletos	45%
Coprocesable	13%
Cartón	17%
Vidrio	11%
Plástico	4%
Papel	2%
Aluminio	1%
Tetrapak	0%
Latón	0%
Electrónico	0%
Orgánico	8%
Aceite vegetal	1%
Aceite mecánico	0%
Total	100%

Cuadro 315: Distribución de probabilidad de reporte de residuos recuperados

Desecho	Valores evaluados	Distribución de probabilidad	Parámetros kg	Media mensual kg (lb)
Obsoletos	20	triangular	2700, 12600, 24800	13,750.00 (30,313.53)
Coprocesable	13	normal	6140, 3230	6,140.00 (13,536.37)
Cartón	20	uniforme	2600, 6300	4,450.00 (9,810.56)
Vidrio	20	beta	103, 122	46.00 (101.41)
Plástico	20	weibull	1050, 152	145.00 (319.67)
Papel	20	triangular	(0.1), 155, 1400	700.00 (1,543.23)
Aluminio	20	log normal	200, 254	200.00 (440.92)
Tetrapak	20	exponencial	115	87.00 (191.80)
Latón	8	weibull	42.4, 92.5	262.00 (577.61)
Electrónico	7	weibull	13.1, 57.6	21.00 (46.30)
Orgánico	17	beta	71.6, 191	27.00 (59.52)
Aceite vegetal	20	beta	82.8, 115	42.00 (92.59)
Aceite mecánico	20	weibull	10.9, 49.8	22.00 (48.50)
Total 2016 y 2017	20	triangular	16100, 31000, 45900	31,000.00 (68,343.22)
Total 2017	8	normal	30799, 1955	30,799.00 (67,899.48)

*Analizados en quintales en Input Analyzer del software de Arena, por la cantidad de cifras que maneja el programa, y posteriormente convertidos a libras y kilogramos.

2. Información pertinente al análisis de seguridad industrial

Cuadro 316: Niveles aceptables de carga

Tarea	1 levantamiento en 0.5 minutos			
	Hombres		Mujeres	
	lb	kg	lb	kg
Del piso a la altura de los nudillos	42	19	26	12
De los nudillos a la altura de los hombros	42	19	20	9
De los hombros al alcance del brazo	37	17	18	8

Cuadro 317: Niveles aceptables de empuje

Distancia empujada, pies (m)	1 levantamiento/minuto							
	Hombres				Mujeres			
	I		S		I		S	
	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg
150 (45)	51	23	26	12	40	18	22	10
50 (15)	77	35	42	19	44	20	29	13
7 (2)	95	43	62	28	55	25	40	18

Cuadro 318: Niveles aceptables de arrastre

Distancia de arrastre, pies (m)	1 arrastre/minuto							
	Hombres				Mujeres			
	I		S		I		S	
	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg
150 (45)	37	17	26	12	40	18	24	11
50 (15)	57	26	42	19	42	19	26	12
7 (2)	68	31	57	26	55	25	35	16

Cuadro 319: Niveles de iluminación recomendados para utilizarse en alumbrado de interiores

Categoría	Rango de luminiscencia (fc)	Tipo de actividad	Área de referencia
A	2-3-5	Áreas públicas con inmediaciones oscuras	Alumbrado general a través de un cuarto o área.
B	5-7.5-10	Orientación simple para visitas temporales breves	
C	10-15-20	Espacios de trabajo donde las tareas visuales se realizan sólo en ocasiones.	
D	20-30-50	Realización de tareas visuales de gran contraste y tamaño, por ejemplo, lectura de material impreso, captura de originales, escritura a mano con tinta y xerografía; trabajo rudo de prensa y máquina; inspección ordinaria; ensamblado rudo.	Luminancia en la tarea
E	50-75-100	Realización de tareas visuales de contraste medio o pequeño tamaño, por ejemplo, lectura de manuscritos a lápiz, material con muy baja calidad de impresión y reproducción; trabajo mediano de prensa y máquina; difícil inspección; ensamblado medio.	
F	100-150-200	Realización de tareas visuales de bajo contraste y tamaño muy pequeño, por ejemplo, lectura de manuscritos con lápiz duro sobre papel de muy baja calidad y material pobremente reproducido; inspección altamente difícil, ensamble difícil.	
G	200-300-500	Realización de trabajos visuales de bajo contraste y tamaño muy pequeño por un periodo prolongado, por ejemplo, ensamble fino; inspección muy difícil; trabajo fino de prensa y máquina; ensamble extrafino.	Luminancia sobre la tarea a través de combinación de alumbrados locales generales y complementarios.
H	500-750-1 000	Realización de trabajos visuales muy precisos y prolongados, por ejemplo, inspección difícil; trabajo extrafino de prensa y máquina; ensamble extrafino.	
I	1 000-1 500-2 000	Realización de trabajos visuales muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño, por ejemplo, procedimientos quirúrgicos.	

Fuente: Adaptado del IESNA, 1995.

Cuadro 320: Factores de ponderación para selección de niveles de iluminación de cada categoría

Características de la tarea y del trabajador	Peso		
	-1	0	+1
Edad	<40	40-55	>55
Reflectancia del fondo de la tarea/superficie	>70%	30-70%	<30%
Velocidad y precisión (sólo de las categorías D-I)	Sin importancia	Importante	Crítico

(Adaptado del IESNA, 1995.)

Cuadro 321: Exposiciones de ruido permitidas

Duración por día (horas)	Nivel del sonido (dBA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1.5	102
1	105
0.5	110
0.25 o menor	115

5. Imágenes complementarias al análisis de seguridad industrial

Figura 113: Controles internos para contrarrestar riesgos por levantamientos



Figura 114 Riesgos ergonómicos por empuje



(3 operarios empujando un contenedor de 2.96m³ hacia interior de la planta)

Figura 115 Riesgos por caídas al mismo nivel



Figura 116 Riesgos químicos por sistema intergumentario



Figura 117: Riesgos por diseño de estación de trabajo



Figura 118: Riesgos criogénicos



Figura 119: Riesgo por caídas a distinto nivel



Figura 120: Riesgo por caídas de objetos



Figura 121: Controles internos actuales y señalizaciones

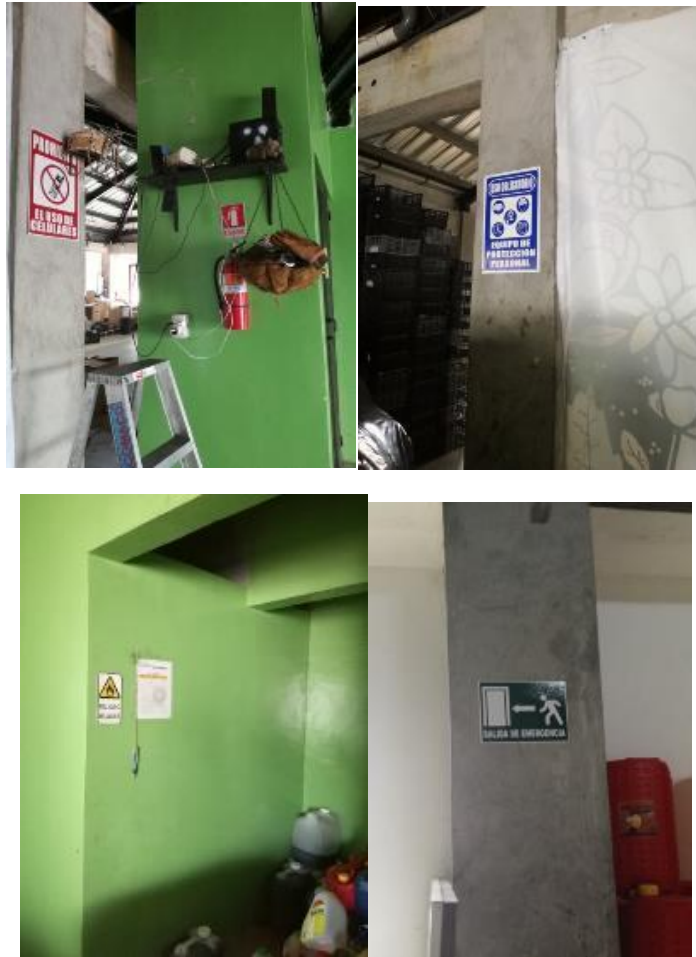


Figura 122: Equipo de protección a operarios




Figura 123: Área de clasificación, en un día con alta demanda de residuos a clasificar



6. Información pertinente a cotización

Figura 124: Cotización de trituradora ENERPAT

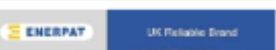



Enviro.Energy.Equipments

FORMAL QUOTATION

**UK Professional Scrap Processing Equipments
Manufacturer**
55 Crown St, Brentwood, Essex CM14 4BD, UK
**ENERPAT CHINA: No 2, Xintai Road, Changqing Industry
Zone, Nantong, Jiangsu, China**
 Email: lily@enerpat.com.cn web: www.enerpatgroup.com

P1: Customer Info		NO: EMC-FQ170923	
Company Name	Universidad Del Valle De Guatemala		
Contact Person	Maria Andrea Jiménez Carriñes		
Telephone Number /Cell Phone	(502) 4542 9739		
Email:	mariaandreaajc@gmail.com		
P2: Machine Description	Qty	Unit Price	Amount
ORGANIC WASTE CRUSHER	1	USD3246.00	USD3246.00
TOTAL AMOUNT		USD3246.00	USD3246.00

Model	C600
Motor Power(Kw)	11
Rotating Speed (r/min)	600
Spindle Dia.Φ (mm)	78
Moving Blades(PCS)	15
Fixed Blades(PCS)	2
Crushing Ability(kg/hr)	100-200 (organic waste)
Feeding Inlet(mm)	600x300
Screen net Dia. Φ (mm)	14


	Machine SizeLxWxH (M)	1.13x1.04x1.63
--	------------------------------	----------------

P3: Machine Description	
Blade	SKD11 (ORIGINAL FROM TAIWAN)

P4: Trading Terms And Remark Info	
Price Term	FOB SHANGHAI
Delivery Time	45 days after received 40% Deposit
Port of destination	
Payment Term	40% T/T in advance.60% before left factory

P5: Manufacturing / Shipping / Warranty & Spare Parts	
MANUFACTURING	
Enerpat manufacture recycling equipment at our factories in <u>Uk</u> , Germany, China to strict European standards. We use good quality parts or their equivalent for durability and reliability. Each machine is built to the highest possible standards and endures strict Quality Control before it leaves any of our factories.	
SHIPPING	
We ship machines around the world. All machines are supplied in Seaworthy Wooden Crates and are safely loaded into shipping containers. We provide paperwork, information and assistance throughout the shipping process.	
WARRANTY & SPARE PARTS	
All Enerpat equipment is supplied with a full 12-Month FREE parts warranty. Spare parts are stocked throughout the world and are readily available via global courier services such as DHL. After the warranty period, spare parts can be ordered at any time from <u>Enerpat</u> .	

Figura 125 Cotización trituradora SATRIND

<p>SatrinTech S.r.l. - Via Meridiana, 122 - 33013 - Aluno (MI) - Italy Tel: +39 02 9027 6903 - Fax: +39 02 9027 6214 E-Mail: info@satrintech.com - Web: www.satrintech.com PEC: satrin@pec.galaxia.it</p>		<p>SatrinTech Shredding Solutions</p> <p>Quotation n. AP/pej 090221700 15.06.2017 pag. 14</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------


Messrs: Universidad del Valle de Guatemala 13 Avenida 11-90, Ciudad de Guatemala 01010 Guatemala	Reference: RF/090221700
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------

Arluno, **28th September 2017**

To the kind attention of: **Mrs Maria Andrea Jimenez**

Object: **Shredding of food waste and light packaging**

We appreciate your interest in our equipment and services. The following quotation provides you with a detailed description of our industrial shredder model:

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Shredder model</td> <td>S30N</td> </tr> <tr> <td>Material to be shred</td> <td>Food waste and light packaging</td> </tr> <tr> <td>Throughput</td> <td>100 kgh</td> </tr> <tr> <td>Input size</td> <td>Irregular</td> </tr> <tr> <td>Output size</td> <td><25mm</td> </tr> </table>	Shredder model	S30N	Material to be shred	Food waste and light packaging	Throughput	100 kgh	Input size	Irregular	Output size	<25mm
Shredder model	S30N										
Material to be shred	Food waste and light packaging										
Throughput	100 kgh										
Input size	Irregular										
Output size	<25mm										

SUMMARY OF PRICES AND CONDITIONS OF SUPPLY	
Delivery terms	Ex Works SatrinTech factory, Aluno, Italy
TOTAL PRICE OF EQUIPMENT Mod. S30N: <ul style="list-style-type: none"> • Shredding chamber with blade set as described • 4hp motor – 400V/50Hz • Control panel • Feeding hopper • Supporting frame • Extra end protections 	Euro 13.200,00
Transport & insurance	Excluded
Packing	Included (with palletized items) At cost for sea-worthy delivery
Spareparts and wearparts	Excluded
Assistance with installation and wiring, initial start-up	Excluded
GRAND TOTAL	Euro 13.200,00

OPTIONALS	
80 lt plastic recovery bin	Euro 110,00

TERMS AND CONDITIONS OF SALE	
Delivery:	60 days from receipt of the final order and from payment of the downpayment (except for Summer shutdown periods).
Note:	When an order advance payment or a leasing payment is agreed, expiry of the delivery times is considered from the time of receipt of the advance payment or of the order of the leasing company.
Payment:	<ul style="list-style-type: none"> • 50% with the order • 70% upon notice of goods ready for dispatch
Offer validity:	60 days
Annexes:	SatrinTech S.r.l. General Terms and Conditions of Sale
Guarantee of confidentiality:	1) In accordance with art. 13 of Legislative Decree no. 196/2003, we hereby communicate that the personal data collected in this offer will be used for administrative purposes or will be processed exclusively for purposes connected with our business. 2) The collected data will in no case be subject to disclosure or dissemination to third parties and will be processed with the aid of electronic and/or paper-based media that guarantee security and confidentiality. 3) Customer information pursuant to and for the effects of arts. 13, 20 and 26 of Legislative Decree no. 196/2003 is to be registered in the database of personal data available on our website at the address: www.satrintech.com in the Contacts page.

Prepared by: rf	Kind regards, Roberto Ferrario Sales Area Manager SatrinTech S.r.l.
-------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------

Figura 126 Cotización trituradora PROSERVA



GUATEMALA, 26 DE SEPTIEMBRE DEL 2017

Atención
María Andrea Jiménez
Universidad del Valle de Guatemala

Por este medio es un gusto saludarle y a la vez presentarle nuestra oferta de los siguientes equipos:

01 Máquina para disminución de tamaño de partículas de materiales orgánicos para ser usados en compostaje fabricado con acero inoxidable 304, capacidad de producción solicitada: 500 libras por hora. Precio unitario: Q.70,000.00 + Iva*



Despacho: 3.0 semanas de fabricación. Validez de precio: hasta el día 15/Oct/2017





ACORDAMIENTO Y MONTAJE:

Cualquiera de estos dos equipos será accionado por un motor marca Siemens de 5 Hp, monofásico, 220 V, controlado por botanera de encendido/apagado con protección térmica. Si es solicitado extra se puede agregar un botón de apagado de emergencia a distancia, el cual tendrá un costo extra y su precio depende de la distancia a la que se le coloque, realmente no es necesario ni indispensable.

Nuestra máquina es fácil de instalar y básicamente nuestros clientes la instalan, nuestros precios no incluyen anclajes a pisos o cambios en estructuras.

El equipo cuenta con garantía por un año si es utilizado para el uso solicitado, este equipo se construye para procesamiento de residuos vegetales húmedos como fibronas y no pretende ser un procesador de troncos secos o leñosos, aunque podrá incluirse dentro de los residuos un porcentaje no mayor al 5% de ramas de poco diámetro y poca dureza pues las cortezas secas pueden llegar a "trabrar" el eje y las cuchillas con el sistema de cribado y provocar un accidente o el daño total del equipo.

Cuando el equipo es entregado, el ingeniero Julio César Monroy le dará una capacitación básica de operación y seguridad de manejo del equipo al personal que lo operará.

Dependiendo del tipo de material a procesar se puede tener un rango de procesamiento que va desde los 200 kilos hasta 1,000 kilos por hora.

Básicamente, el procesamiento interno se realiza en una cámara de cribado y cortado con un diámetro de 11 pulgadas y un ancho de 10 pulgadas, la alimentación cuenta con una tolva abierta de 12 pulgadas que se reduce a 3 pulgadas y en su salida se cuenta con un túnel de 4-5 pulgadas.

Todo el sistema de poleas cuenta con guardas de seguridad para evitar accidentes.

FORMA DE PAGO:

75 % con su orden de compra, 25 % contra entrega del equipo. *Si la Universidad del Valle cuenta con exención de impuestos, solo deban entregar la constancia y no cobraremos el impuesto. Se factura contra entrega final.

Cualquier información adicional que requieran no dude en comunicarse con nosotros. Sin más de momento, aprovechamos la oportunidad para enviarles un cordial saludo.

Atentamente,



Figura 127 Cotización de compactadora Marbe Representaciones



COTIZACION No. 01117
Revisión 1

Guatemala, 13 de septiembre de 2,017

Señores
Grupo CAYALÁ
Guatemala, Ciudad

Atención: ingeniero Luis Águeda

DETALLES DE SUMINISTRO:

Una (01) Compactadora mono-cilíndrica de eje vertical coaxial, marca Tyrone, modelo 30.0T para compactación de desechos sólidos.

ESPECIFICACIONES:

• Materiales a compactar	Botellas Pwt, Latas de Aluminio, Cartón, Papel, Nylon, Textiles, otros plásticos como poliestirenos, foams y desechos de similar consistencia
• Tamaño de paca compactada, alto x ancho x fondo (mm)	Altura variable hasta 900, x 900 ancho x 600 fondo
• Tamaño de ventana de alimentación (mm)	900 x 900
• Fuerza de trabajo (kg)	30,000
• Presión de trabajo (kg/cm ²)	143
• Cilindro maestro	
Diámetro (mm)	100
Carrera (mm)	700
• Hydraulic Power Pack	
Potencia (kw)	7.5
Condiciones eléctricas	220 V, 3 fases, 60 Hertz
Capacidad del reservorio de aceite (litros)	80 aproximadamente
• Dimensiones físicas del equipo	
Alto (mm)	5,100
Ancho (mm)	1,250
Fondo (mm)	900
Peso (kg)	1,750
• País de Origen	China



- Precio del equipo con un descuento de 3.5%, puesto en sus bodegas: Q. 97,579.72
- Garantía: 12 meses desde el momento de embarque.
- Forma de pago: Anticipo 30% y 50% al momento de entrega.
- Tiempo de entrega: 90 días calendario salvo eventos fuera de nuestro control como huelgas en puertos, fenómenos naturales, etc. desde el momento de colocado la orden y recibido el anticipo.

Exclusiones:

- No incluye instalación eléctrica, cimentaciones, aceite, ni ningún trabajo de construcción para alojar el equipo.

Si incluye:

- Arranque y puesta en marcha después de instalado el equipo.
- Entrenamiento para personal de operación y mantenimiento

MARBE REPRESENTACIONES
Esquías de Castilla No. 3-4, Carretera Interamericana, C.A. 20.5 San Lucas, Guatemala.
Teléfono: 06 502 3044 3073
www.marberepresentaciones.com

MARBE REPRESENTACIONES
Esquías de Castilla No. 3-4, Carretera Interamericana, C.A. 20.5 San Lucas, Guatemala.
Teléfono: 06 502 3044 3073
www.marberepresentaciones.com

Cuadro 322: Levantamiento de datos de precio de abono

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Promedio
Abono	GTQ3.79	GTQ4.50	GTQ3.00	GTQ3.76

Cuadro 323 Precios cotización de equipo de oficina

Producto	Valor unitario
Mesa comedor	GTQ1,079.95
Refrigeradora	GTQ3,995.00
Microondas	GTQ949.00
Estanterías	GTQ895.00
Tableros 8 pies	GTQ829.95
Silla comedor	GTQ229.95
Silla secretarial	GTQ695.00
Escritorios	GTQ1,250.00
Pintura epóxica (40m aprox)	GTQ790.00
Botiquín	GTQ2,169.00

Cuadro 324: Precios cotización equipo industria

Cantidad	Material	Valor unitario
6	Botas hule con punta de acero	GTQ170.00
6	Botas industriales cuero dieléctricas con punta de acero	GTQ275.00
6	Delantal resistente a químicos	GTQ60.00
6	Faja- cinturón lumbar	GTQ60.00
6	Traje completo resistente a químicos	GTQ115.00
2	Traje completo blanco con careta para volteo de compostaje	GTQ800.00
6	Guantes de latex	GTQ13.00
6	Guantes de algodón con hule en área de palma de manos	GTQ27.00
6	Lentes resistentes a químicos y viruta de vidrios	GTQ10.00
6	Mascarillas	GTQ15.00
3	Extintores fuegos ABC	GTQ425.00
3	Recargas anuales	GTQ100.00

Cuadro 325: Cotización insumos de limpieza

Insumo	Valor unitario
Desinfectante	GTQ45.00
Detergente	GTQ114.00
Cloro	GTQ52.00
Papel higiénico	GTQ133.00
Trapeadores	GTQ62.00
Esponjas	GTQ20.00
Recogedores	GTQ30.00
Manguera	GTQ275.00

Cuadro 326: Levantamiento de datos precios material reciclable

Material	Recicladora 1	Recicladora 2	Recicladora 3	Recicladora 4	Promedio
Plástico	GTQ0.40	GTQ0.35			GTQ0.38
Carton	GTQ0.20	GTQ0.25	GTQ0.25	GTQ0.35	GTQ0.26
Papel Mixto	GTQ0.30	GTQ0.25	GTQ0.10	GTQ0.25	GTQ0.23
Aluminio	GTQ3.10	GTQ3.00	GTQ2.90	GTQ3.70	GTQ3.18
Vidrio	GTQ0.26	GTQ0.27	GTQ0.25		GTQ0.26
Electrónico	GTQ0.10	GTQ0.15			GTQ0.13
Latón y chatarra	GTQ8.00	GTQ5.00			GTQ6.50
Tetrapak	GTQ0.18	GTQ0.15			GTQ0.17

Figura 128 Propiedades del acero 17% Cr ante corrosión

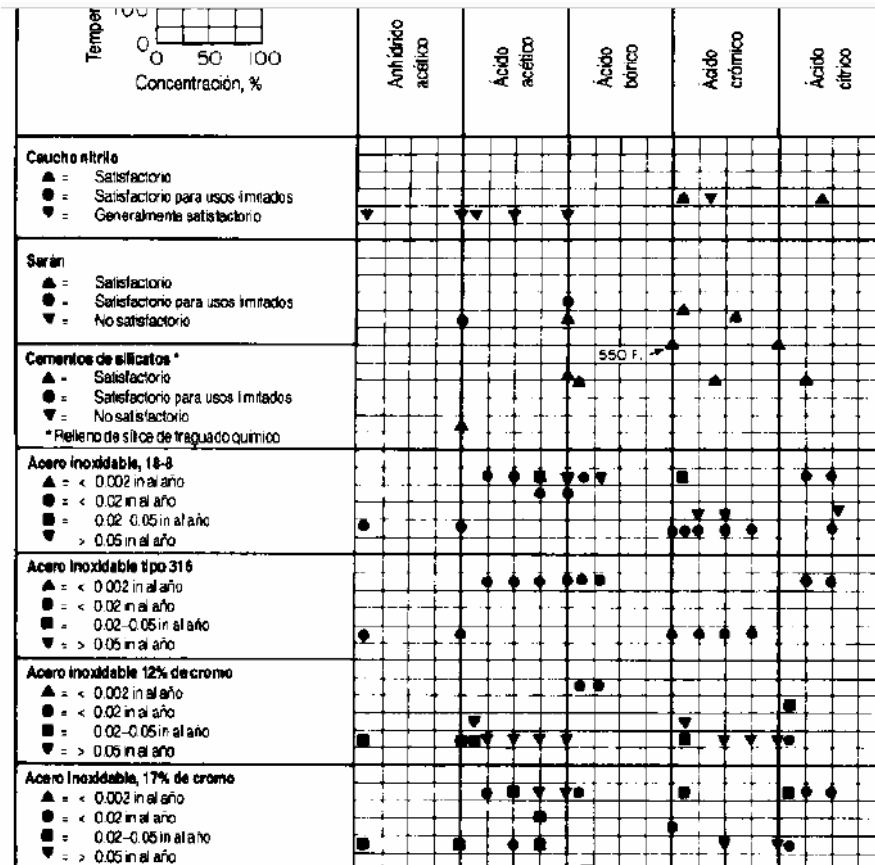


Figura 129 Resistencia del concreto convencional



CONCRETO CONVENCIONAL

Concreto convencional de uso general en la construcción para elementos con bajos o moderados requerimientos estructurales y resistencia mecánica.

- Usos** Estructuras con bajos o moderados requerimientos tales como:
- ▶ Losas, muros, zapatas, vigas, pisos, columnas, bordillos, banquetas, escaleras, etc.
- Ventajas**
- ▶ Calidad y uniformidad garantizada que supera ampliamente el concreto hecho en obra.
 - ▶ Medición y dosificación de materiales controlados con sistemas automatizados.
 - ▶ Entrega de grandes volúmenes en tiempo programado.
 - ▶ Cumplimiento de normas ASTM y recomendaciones ACI.

Datos Técnicos ▶

Descripción	Normativa Empleada	Valor
Resistencia a la compresión	ASTM C39	<ul style="list-style-type: none"> • De 1500 psi [105 kg/cm²] a 5000 psi [350 Kg/cm²] a los 28 días.
Tamaño Máximo del Agregado	ASTM C33	<ul style="list-style-type: none"> • 1 pulg. [25mm]; 3/8 pulg. [9.5 mm]
Asentamiento en Obra	ASTM C143	<ul style="list-style-type: none"> • 5 +/- 1 pulg. [12 +/- 2.5 cm]
Densidad	ASTM C138	<ul style="list-style-type: none"> • 2300 - 2400 Kg/m³
Tipo de Colocación		<ul style="list-style-type: none"> • Directo y/o Bombeado (Hasta 60m Horizontales y 15m verticales). • Distancias Mayores de bombeo. Recomendamos solicitar Concretos Fluidos o Superfluidos.
Tipo de Manejabilidad		<ul style="list-style-type: none"> • 2 horas +/- 30 Minutos. Bajo condiciones climáticas de temperatura normal.
Características Especiales		<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna

Figura 130 Cotización flete trituradora ENERPAT



3a. calle 6-70, zona 13,
Pamplona, Guatemala
Tel: (502) 2259-0600
Fax: (502) 2472-3413
www.cropa.com.gt

Guatemala, 02 de octubre 2017
Your Ref: VTS 2017-5171

Señoría
María Andrea Jiménez Carliés
Presente

A continuación encontrará nuestras tarifas para su importación marítima desde
FOB bodega de su proveedor en SHANGHAI hacia almacenadora fiscal en Ciudad de Guatemala

SHANGHAI- CIUDAD DE GUATEMALA
Servicio Consolidado Marítimo

PESO KILOS	VOLUMEN MTS CUBICOS	TARIFA W/M
575.00	1.92	\$93.00

**COTIZACION REALIZADA EN BASE A PESO Y VOLUMEN PROPORCIONADOS.
SI ALGUNO DE ESTOS FACTORES VARIA, LA PRESENTE COTIZACION PIERDE TOTAL VALIDEZ.**

Flete marítimo desde SHANGHAI hacia Guatemala	\$178.15
Manejo de Panalpina, BL	\$75.00
Seguro sobre mercadería. Valor \$3,846.00	\$47.00
Terminal Handling en destino \$5.00 por tonelada o metro cúbico. Mínimo \$20.00	\$20.00
Collection Charge 5.26% Sobre el valor del flete y gastos en dólares	\$16.84
TOTAL GASTOS EN USDOLARES	\$336.99
Póliza de traslado (DA)	Q400.00
Manejo en Guatemala (Mínimo Q250.00 / Máximo Q900.00) Q75.00 por tonelada o metro cúbico. El factor que resulte mayor	Q250.00
Revisión Aleatoria (Mínimo Q200.00 / Máximo Q300.00) Q100.00 por cada 1,000 kilos ó Q50.00 por cada metro cúbico	Q200.00
Trámite aduanal en recinto fiscal en Guatemala	Q600.00
Entrega local hasta sus bodegas *Límites de la Ciudad de Guatemala	Q350.00
TOTAL GASTOS EN GTQ	Q1,800.00

VALIDEZ 31.12.2017

SALIDAS: QUINCENALES

TIEMPO TRANSITO: 45 DIAS PUERTO A PUERTO/VIA PUSAN

Observaciones

- *Esta cotización no es un contrato de transporte, las condiciones generales, incluyendo limitaciones de responsabilidad, se encuentran establecidas en los documentos de transporte: Cartas de Porte, Bill of Lading, Air Way Bill, en el reverso
- *Las tarifas anteriores NO incluyen seguro, impuestos, trámites aduanales, o cualquier otro gasto extraordinario.
- *Por políticas de PANALPINA, la carga debe transportarse Asegurada. Si usted cuenta con Cobertura de Seguro Internacional por favor indicarlo y firmar carta de Liberación de Responsabilidad. De lo contrario, se asegurará la mercadería desde origen con la Póliza Internacional de Panalpina.
- *Panalpina se reserva el derecho de escoger la línea aérea, marítima o terrestre para cada embarque.
- *Estas tarifas NO aplican para carga peligrosa, con extra peso y/o extra dimensiones.
- *En caso de existir algún gasto de manejo adicional en origen y/o en destino, los será facturado al costo.
- *Estas tarifas están sujetas a cambios sin previo aviso, dependiendo de las condiciones del mercado internacional
- *El Tiempo de Tránsito no incluye los días de espera para consolidación en aeropuertos o puertos de origen o transbordo
- *Estas tarifas han sido cotizadas en base al peso y volumen proporcionados, las cuales quedan sujetas a variación dependiendo el peso y volumen real de la mercadería.

Contacto Panalpina

Marvin Cruz
Pricing de Importaciones



Importación • Exportación • Aduanas • Zona Franca • Almacén General • Depósito Aduanero • Distribución • Mudanzas

7. Resultados de análisis financieros para escenario pesimista y optimista

Cuadro 327: Detalle financiero de situación A (actual) en escenario pesimista

	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
Activos		
Equipo planta		
Termómetro		2,652.00
Báscula		4,000.00
		6,652.00
Depreciacion activos (mensual)		
Equipo planta		
Termómetro		44.20
Báscula		66.67
		110.87
Costos (mensual)		
Mano de Obra		
Salario empresa separadora de desechos		26,000.00
		26,000.00
Materiales		
Insecticidas		945.00
Bacteria		300.00
Empaque abono		200.00
		1,445.00
Costos Indirectos de Fabricación CIF		
Agua		1,527.00
Consumo energía planta		1,200.00
Focos de iluminación		83.33
		2,810.33
Gastos (mensual)		
Gastos fijos mensuales		
Ecotermo (bioinfeccioso)		250.00
Camión municipal (obsoleto)		8,000.00
Proverde (coprocesable)		9,000.00

Mantenimiento infraestructura		
Pintura exterior		416.67
Filtraciones		500.00
Mantenimiento estructuras metálicas		1,500.00
		19,666.67
Ingresos (mensual)		
Abono orgánico (ahorro consumo propio - tercero 20%)	784.58	
Biodiésel (ahorro consumo propio - UVG 50%)	547.25	
	1,331.83	
	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
TOTAL	1,331.83	49,922.00

Cuadro 328: Detalle financiero de situación A (actual) en escenario optimista

	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
Activos		
Equipo planta		
Termómetro		2,652.00
Báscula		4,000.00
		6,652.00
Depreciacion Activos (mensual)		
Equipo planta		
Termómetro		44.20
Báscula		66.67
		110.87
Costos (mensual)		
Mano de Obra		
Salario empresa separadora de desechos		26,000.00
		26,000.00
Materiales		
Insecticidas		945.00
Bacteria		300.00
Empaque abono		200.00
		1,445.00

Costos Indirectos de Fabricación CIF

Agua	1,527.00	
Consumo energía planta	1,200.00	
Focos de iluminación	83.33	
	2,810.33	
Gastos (mensual)		
Gastos fijos mensuales		
Ecotermo (bioinfeccioso)	250.00	
Camión municipal (obsoleto)	8,000.00	
Proverde (coprocesable)	9,000.00	
Mantenimiento infraestructura		
Pintura exterior	416.67	
Filtraciones	500.00	
Mantenimiento estructuras metálicas	1,500.00	
	19,666.67	
Ingresos (mensual)		
Abono orgánico (ahorro consumo propio - tercero 20%)	1,012.76	
Biodiésel (ahorro consumo propio - UVG 50%)	547.25	
	1,560.01	
	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
TOTAL	1,560.01	49,922.00

Cuadro 329: Detalle financiero de situación B (independizarse) en escenario pesimista

	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
Activos		
Equipo planta		
Termómetro		2,652.00
Báscula		4,000.00
Extintores		1,275.00
Troquet o carretón para transporte		2,970.00
Escaleras		700.00
Manguera		275.00

Mobiliario y equipo administrativo	
Escritorios	2,500.00
Sillas secretariales	1,390.00
Estanterías	1,790.00
Mesa comedor	1,079.95
Sillas comedor	1,379.70
Refrigerador	3,495.00
Microondas	949.00
Equipo de cómputo	6,598.00
	31,053.65
Depreciacion Activos	
Equipo planta	
Termómetro	44.20
Báscula	66.67
Extintores	21.25
Troquets para transporte	49.50
Escaleras	11.67
Manguera	4.58
Mobiliario y equipo administrativo	
Escritorios	41.67
Sillas secretariales	23.17
Estanterías	29.83
Mesa comedor	18.00
Sillas comedor	23.00
Refrigerador	58.25
Microondas	15.82
Equipo de cómputo	109.97
	517.56
Costos (mensual)	
Mano de Obra	
Salario operarios	14,948.25
Salario supervisor	3,916.67
Salario encargado planta	5,416.67
Pasivo laboral operarios	1,205.50

Pasivo laboral supervisor	291.67
Pasivo laboral encargado	416.67
Botas de hule con punta de acero	170.00
Botas industriales dieléctricas con punta de acero	137.50
Delantal de PVC resistente a químicos	60.00
Traje completo de PVC resistente a químicos	115.00
Traje completo con careta para volteo compostaje	133.33
Cinturón lumbar elástico	30.00
Guante de algodón con hule en palma mano	81.00
Guante de latex	78.00
Lentes de policarbonato	10.00
Mascarilla con válvula	30.00
	27,040.26
Materiales	
Insecticidas	945.00
Bacteria	300.00
Empaque abono	200.00
	1,445.00
Costos Indirectos de Fabricación CIF	
Agua	1,527.00
Consumo energía planta	1,200.00
Focos de iluminación	83.33
Tableros para clasificación	414.98
Basureros para clasificación	279.17
Jumbos para almacenaje	2,050.00
	5,554.48
Gastos (mensual)	
Gastos fijos mensuales	
Ecotermo (bioinfeccioso)	250.00
Camión municipal (obsoleto)	8,000.00
Proverde (coprocesable)	9,000.00
Mantenimiento infraestructura	
Mantenimiento estructuras metálicas	1,500.00
Pintura exterior	416.67

Pintura interior	416.67	
Pintura epóxica área clasificación	592.50	
Filtraciones	500.00	
Utencilios limpieza	640.00	
Botiquín primeros auxilios	83.33	
Mantenimiento equipo		
Recarga o mantenimiento de extintores	25.00	
Mantenimiento equipo de cómputo	12.50	
	21,436.67	
Ingresos (mensual)		
Cartón	2,620.18	
Vidrio	1,695.41	
Plástico	901.06	
Papel	272.69	
Aluminio	1,885.10	
Tetrapack	0.00	
Latón y chatarra	0.00	
Electrónico	0.00	
Abono orgánico (ahorro consumo propio 100%)	3,421.90	
Biodiésel (ahorro consumo propio - UVG 50%)	547.25	
	11,343.58	
	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
TOTAL	11,343.58	55,476.40

Cuadro 330: Detalle financiero de situación B (independizarse) en escenario optimista

	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
Activos		
Equipo planta		
Termómetro	2,652.00	
Báscula	4,000.00	
Extintores	1,275.00	
Troquet o carretón para transporte	2,970.00	
Escaleras	700.00	
Manguera	275.00	

Mobiliario y equipo administrativo	
Escritorios	2,500.00
Sillas secretariales	1,390.00
Estanterías	1,790.00
Mesa comedor	1,079.95
Sillas comedor	1,379.70
Refrigerador	3,495.00
Microondas	949.00
Equipo de cómputo	6,598.00
	31,053.65
Depreciacion Activos	
Equipo planta	
Termómetro	44.20
Báscula	66.67
Extintores	21.25
Troquets para transporte	49.50
Escaleras	11.67
Manguera	4.58
Mobiliario y equipo administrativo	
Escritorios	41.67
Sillas secretariales	23.17
Estanterías	29.83
Mesa comedor	18.00
Sillas comedor	23.00
Refrigerador	58.25
Microondas	15.82
Equipo de cómputo	109.97
	517.56
Costos (mensual)	
Mano de Obra	
Salario operarios	14,948.25
Salario supervisor	3,916.67
Salario encargado planta	5,416.67
Pasivo laboral operarios	1,205.50

Pasivo laboral supervisor	291.67
Pasivo laboral encargado	416.67
Botas de hule con punta de acero	170.00
Botas industriales dieléctricas con punta de acero	137.50
Delantal de PVC resistente a químicos	60.00
Traje completo de PVC resistente a químicos	115.00
Traje completo con careta para volteo compostaje	133.33
Cinturón lumbar elástico	30.00
Guante de algodón con hule en palma mano	81.00
Guante de latex	78.00
Lentes de policarbonato	10.00
Mascarilla con válvula	30.00
	<hr/>
	27,040.26
	<hr/>
Materiales	
	<hr/>
Insecticidas	945.00
Bacteria	300.00
Empaque abono	200.00
	<hr/>
	1,445.00
	<hr/>
Costos Indirectos de Fabricación CIF	
	<hr/>
Agua	1,527.00
Consumo energía planta	1,200.00
Focos de iluminación	83.33
Tableros para clasificación	414.98
Basureros para clasificación	279.17
Jumbos para almacenaje	2,050.00
	<hr/>
	5,554.48
	<hr/>
Gastos (mensual)	
	<hr/>
Gastos fijos mensuales	
	<hr/>
Ecotermo (bioinfeccioso)	250.00
Camión municipal (obsoleto)	8,000.00
Proverde (coprocesable)	9,000.00
	<hr/>
Mantenimiento infraestructura	
	<hr/>
Mantenimiento estructuras metálicas	1,500.00
Pintura exterior	416.67

Pintura interior	416.67	
Pintura epóxica área clasificación	592.50	
Filtraciones	500.00	
Utencilios limpieza	640.00	
Botiquín primeros auxilios	83.33	
Mantenimiento equipo		
Recarga o mantenimiento de extintores	25.00	
Mantenimiento equipo de cómputo	12.50	
	21,436.67	
Ingresos (mensual)		
Cartón	3,382.18	
Vidrio	2,188.47	
Plástico	1,163.10	
Papel	351.99	
Aluminio	2,433.34	
Tetrapack	0.00	
Latón y chatarra	0.00	
Electrónico	0.00	
Abono orgánico (ahorro consumo propio 100%)	3,421.90	
Biodiésel (ahorro consumo propio - UVG 50%)	547.25	
	13,488.24	
	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
TOTAL	13,488.24	55,476.40

Cuadro 331: Detalle financiero de situación C (independizarse + inversión maquinaria) en escenario pesimista

	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
Activos		
Equipo planta		
Termómetro		2,652.00
Báscula		4,000.00
Extintores		1,275.00
Troquet o carretón para transporte		2,970.00
Escaleras		700.00
Manguera		275.00

Compactadora	97,579.72
Trituradora	28,484.72
Equipo biodiésel	
Planta biodiésel	80,703.30
Generador eléctrico	132,268.00
Mobiliario y equipo administrativo	
Escritorios	2,500.00
Sillas secretariales	1,390.00
Estanterías	1,790.00
Mesa comedor	1,079.95
Sillas comedor	1,379.70
Refrigerador	3,495.00
Microondas	949.00
Equipo de cómputo	6,598.00
	370,089.39
Depreciación Activos	
Equipo planta	
Termómetro	44.20
Báscula	66.67
Extintores	21.25
Troquets para transporte	49.50
Escaleras	11.67
Manguera	4.58
Compactadora	1,626.33
Trituradora	474.75
Equipo biodiésel	
Planta biodiésel	1,345.06
Generador eléctrico	2,204.47
Mobiliario y equipo administrativo	
Escritorios	41.67
Sillas secretariales	23.17
Estanterías	29.83
Mesa comedor	18.00
Sillas comedor	23.00

Refrigerador	58.25
Microondas	15.82
Equipo de cómputo	109.97
	6,168.16
Costos (mensual)	
Mano de Obra planta	
Salario operarios	14,948.25
Salario supervisor	3,916.67
Salario encargado planta	5,416.67
Pasivo laboral operarios	1,205.50
Pasivo laboral supervisor	291.67
Pasivo laboral encargado	416.67
Botas de hule con punta de acero	170.00
Botas industriales dieléctricas con punta de acero	137.50
Delantal de PVC resistente a químicos	60.00
Traje completo de PVC resistente a químicos	115.00
Traje completo con careta para volteo compostaje	133.33
Cinturón lumbar elástico	30.00
Guante de algodón con hule en palma mano	81.00
Guante de latex	78.00
Lentes de policarbonato	10.00
Mascarilla con válvula	30.00
Mano de Obra biodiésel	
Salario operario planta biodiésel	2,893.21
Pasivo laboral operario planta biodiésel	241.10
Guantes operario planta biodiésel	44.04
Mascarillas operario planta biodiésel	1,200.00
Salario operario generador eléctrico	2,893.21
Pasivo laboral operario generador eléctrico	241.10
	34,552.92
Materiales	
Insecticidas	945.00
Bacteria	300.00
Empaque abono	400.00

	1,645.00
Costos Indirectos de Fabricación CIF planta	
Agua	1,527.00
Consumo energía planta	1,200.00
Focos de iluminación	26,000.00
Tableros para clasificación	414.98
Basureros para clasificación	279.17
Jumbos para almacenaje	2,050.00
Consumo energía compactadora	46.20
Consumo aceite compactadora	66.67
Consumo energía trituradora	406.56
Basureros para desechos triturados	13.33
Costos Indirectos de Fabricación CIF biodiésel	
Consumo energía planta biodiésel	57.55
Consumo agua planta biodiésel	25.10
Consumo metanol planta biodiésel	1,679.17
Consumo hidróxido de sodio planta biodiésel	55.99
Consumo agua generador eléctrico	27.47
Consumo aceite generador eléctrico	77.08
Consumo biodiésel generador eléctrico	5,669.51
	39,595.76
Gastos (mensual)	
Gastos fijos mensuales	
Ecotermo (bioinfeccioso)	1,200.00
Camión municipal (obsoleto)	8,000.00
Proverde (coprocesable)	30,137.25
Mantenimiento infraestructura	
Mantenimiento estructuras metálicas	1,500.00
Pintura exterior	945.00
Pintura interior	945.00
Pintura epóxica área clasificación	592.50
Filtraciones	300.00
Utencios limpieza	640.00
Botiquín primeros auxilios	83.33

Mantenimiento equipo		
Recarga o mantenimiento de extintores	25.00	
Mantenimiento equipo de cómputo	12.50	
Mantenimiento compactadora	416.67	
Mantenimiento trituradora	367.00	
Mantenimiento planta biodiésel	201.76	
Mantenimiento generador eléctrico	307.00	
Supervisión técnica generador eléctrico	25.00	
	45,698.01	
Ingresos (mensual)		
Cartón	2,620.18	
Vidrio	1,695.41	
Plástico	901.06	
Papel	272.69	
Aluminio	1,885.10	
Tetrapack	0.00	
Latón y chatarra	0.00	
Electrónico	0.00	
Abono orgánico (ahorro consumo propio 100%)	1,961.46	
Biodiésel (ahorro consumo propio 100%)	1,112.01	
Generador (ahorro energético)	19,061.47	
	29,509.37	
	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
TOTAL	29,509.37	121,491.69

Cuadro 332: Detalle financiero de situación C (independizarse + inversión maquinaria) en escenario optimista

	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
Activos		
Equipo planta		
Termómetro		2,652.00
Báscula		4,000.00
Extintores		1,275.00
Troquet o carretón para transporte		2,970.00

Escaleras	700.00
Manguera	275.00
Compactadora	97,579.72
Trituradora	28,484.72
Equipo biodiésel	
Planta biodiésel	80,703.30
Generador eléctrico	132,268.00
Mobiliario y equipo administrativo	
Escritorios	2,500.00
Sillas secretariales	1,390.00
Estanterías	1,790.00
Mesa comedor	1,079.95
Sillas comedor	1,379.70
Refrigerador	3,495.00
Microondas	949.00
Equipo de cómputo	6,598.00
	370,089.39
Depreciación Activos	
Equipo planta	
Termómetro	44.20
Báscula	66.67
Extintores	21.25
Troquets para transporte	49.50
Escaleras	11.67
Manguera	4.58
Compactadora	1,626.33
Trituradora	474.75
Equipo biodiésel	
Planta biodiésel	1,345.06
Generador eléctrico	2,204.47
Mobiliario y equipo administrativo	
Escritorios	41.67
Sillas secretariales	23.17
Estanterías	29.83

Mesa comedor	18.00
Sillas comedor	23.00
Refrigerador	58.25
Microondas	15.82
Equipo de cómputo	109.97
	6,168.16
Costos (mensual)	
Mano de Obra planta	
Salario operarios	14,948.25
Salario supervisor	3,916.67
Salario encargado planta	5,416.67
Pasivo laboral operarios	1,205.50
Pasivo laboral supervisor	291.67
Pasivo laboral encargado	416.67
Botas de hule con punta de acero	170.00
Botas industriales dieléctricas con punta de acero	137.50
Delantal de PVC resistente a químicos	60.00
Traje completo de PVC resistente a químicos	115.00
Traje completo con careta para volteo compostaje	133.33
Cinturón lumbar elástico	30.00
Guante de algodón con hule en palma mano	81.00
Guante de latex	78.00
Lentes de policarbonato	10.00
Mascarilla con válvula	30.00
Mano de Obra biodiésel	
Salario operario planta biodiésel	2,893.21
Pasivo laboral operario planta biodiésel	241.10
Guantes operario planta biodiésel	44.04
Mascarillas operario planta biodiésel	1,200.00
Salario operario generador eléctrico	2,893.21
Pasivo laboral operario generador eléctrico	241.10
	34,552.92
Materiales	
Insecticidas	945.00

Bacteria	300.00
Empaque abono	400.00
	1,645.00
Costos Indirectos de Fabricación CIF planta	
Agua	1,527.00
Consumo energía planta	1,200.00
Focos de iluminación	26,000.00
Tableros para clasificación	414.98
Basureros para clasificación	279.17
Jumbos para almacenaje	2,050.00
Consumo energía compactadora	46.20
Consumo aceite compactadora	66.67
Consumo energía trituradora	406.56
Basureros para desechos triturados	13.33
Costos Indirectos de Fabricación CIF biodiésel	
Consumo energía planta biodiésel	57.55
Consumo agua planta biodiésel	25.10
Consumo metanol planta biodiésel	1,679.17
Consumo hidróxido de sodio planta biodiésel	55.99
Consumo agua generador eléctrico	27.47
Consumo aceite generador eléctrico	77.08
Consumo biodiésel generador eléctrico	5,669.51
	39,595.76
Gastos (mensual)	
Gastos fijos mensuales	
Ecotermo (bioinfeccioso)	1,200.00
Camión municipal (obsoleto)	8,000.00
Proverde (coprocesable)	30,137.25
Mantenimiento infraestructura	
Mantenimiento estructuras metálicas	1,500.00
Pintura exterior	945.00
Pintura interior	945.00
Pintura epóxica área clasificación	592.50
Filtraciones	300.00

Utencilios limpieza	640.00	
Botiquín primeros auxilios	83.33	
Mantenimiento equipo		
Recarga o mantenimiento de extintores	25.00	
Mantenimiento equipo de cómputo	12.50	
Mantenimiento compactadora	416.67	
Mantenimiento trituradora	367.00	
Mantenimiento planta biodiésel	201.76	
Mantenimiento generador eléctrico	307.00	
Supervisión técnica generador eléctrico	25.00	
	45,698.01	
Ingresos (mensual)		
Cartón	3,382.18	
Vidrio	2,188.47	
Plástico	1,163.10	
Papel	351.99	
Aluminio	2,433.34	
Tetrapack	0.00	
Latón y chatarra	0.00	
Electrónico	0.00	
Abono orgánico (ahorro consumo propio 100%)	2,531.89	
Biodiésel (ahorro consumo propio 100%)	1,112.01	
Generador (ahorro energético)	19,061.47	
	32,224.46	
	Ingresos (Q)	Egresos (Q)
TOTAL	32,224.46	121,491.69

Cuadro 333: Estado de resultados y flujo de efectivo situación A en escenario pesimista

8.73%	Mensual	2017	2018	2019	2020	2021
Ingresos						
Total (Q)	1,331.83	15,981.99	17,376.85	18,893.45	20,542.41	22,335.28
Costos y gastos						
Materiales (Q)	1,445.00	17,340.00	18,853.38	20,498.84	22,287.92	24,233.14
Mano de obra (Q)	26,000.00	312,000.00	339,230.37	368,837.33	401,028.28	436,028.77
CIF (Q)	2,810.33	33,724.00	36,667.32	39,867.53	43,347.04	47,130.24
Gastos (Q)	19,666.67	236,000.00	236,000.00	236,000.00	236,000.00	236,000.00
Total (Q)	49,922.00	599,064.00	630,751.08	665,203.70	702,663.25	743,392.14
Utilidad						
Utilidad (Q)	(48,590.17)	(583,082.01)	(613,374.23)	(646,310.26)	(682,120.84)	(721,056.86)
Depreciación activos (Q)	110.87	1,330.40	1,330.40	1,330.40	1,330.40	1,330.40
Flujo neto de efectivo (Q)	(48,701.03)	(584,412.41)	(614,704.63)	(647,640.66)	(683,451.24)	(722,387.26)

Cuadro 334 Estado de resultados y flujo de efectivo situación A en escenario optimista

19.94%	Mensual	2017	2018	2019	2020	2021
Ingresos						
Total (Q)	1,560.01	18,720.09	22,453.69	26,931.92	32,303.32	38,746.00
Costos y gastos						
Materiales (Q)	1,445.00	17,340.00	20,798.35	24,946.44	29,921.84	35,889.55
Mano de obra (Q)	26,000.00	312,000.00	374,226.31	448,863.25	538,386.02	645,763.50
CIF (Q)	2,810.33	33,724.00	40,450.03	48,517.51	58,194.01	69,800.41
Gastos (Q)	19,666.67	236,000.00	236,000.00	236,000.00	236,000.00	236,000.00
Total (Q)	49,922.00	599,064.00	671,474.68	758,327.20	862,501.86	987,453.46
Utilidad						
Utilidad (Q)	(48,361.99)	(580,343.91)	(649,021.00)	(731,395.27)	(830,198.54)	(948,707.47)
Depreciación activos (Q)	110.87	1,330.40	1,330.40	1,330.40	1,330.40	1,330.40

19.94%	Mensual	2017	2018	2019	2020	2021
Flujo neto de efectivo (Q)	(48,472.86)	(581,674.31)	(650,351.40)	(732,725.67)	(831,528.94)	(950,037.87)

Cuadro 335: Estado de resultados y flujo de efectivo situación B en escenario pesimista

8.73%	Mensual	2017	2018	2019	2020	2021
Ingresos						
Total (Q)	11,343.58	136,122.97	148,003.35	160,920.62	174,965.26	190,235.68
Costos y gastos						
Materiales (Q)	1,445.00	17,340.00	18,853.38	20,498.84	22,287.92	24,233.14
Mano de obra (Q)	27,040.26	324,483.07	352,802.93	383,594.45	417,073.36	453,474.21
CIF (Q)	5,554.48	66,653.70	72,471.02	78,796.07	85,673.14	93,150.42
Gastos (Q)	21,436.67	257,240.00	257,240.00	257,240.00	257,240.00	257,240.00
Total (Q)	55,476.40	665,716.77	701,367.33	740,129.36	782,274.42	828,097.76
Utilidad						
Utilidad (Q)	(44,132.82)	(529,593.80)	(553,363.98)	(579,208.74)	(607,309.16)	(637,862.09)
Depreciación activos (Q)	517.56	6,210.73	6,210.73	6,210.73	6,210.73	6,210.73
Flujo neto de efectivo (Q)	(44,650.38)	(535,804.53)	(559,574.71)	(585,419.47)	(613,519.89)	(644,072.82)

Cuadro 336: Estado de resultados y flujo de efectivo situación B en escenario optimista

19.94%	Mensual	2017	2018	2019	2020	2021
Ingresos						
Total (Q)	13,488.24	161,858.84	194,140.51	232,860.53	279,303.01	335,008.12
Costos y gastos						
Materiales (Q)	1,445.00	17,340.00	20,798.35	24,946.44	29,921.84	35,889.55
Mano de obra (Q)	27,040.26	324,483.07	389,199.05	466,822.19	559,926.75	671,600.40
CIF (Q)	5,554.48	66,653.70	79,947.33	95,892.30	115,017.37	137,956.82
Gastos (Q)	21,436.67	257,240.00	257,240.00	257,240.00	257,240.00	257,240.00

19.94%	Mensual	2017	2018	2019	2020	2021
Total (Q)	55,476.40	665,716.7 7	747,184.7 3	844,900.9 3	962,105.9 6	1,102,686. 76
Utilidad						
Utilidad (Q)	(41,988.1 6)	(503,857.9 3)	(553,044.2 2)	(612,040.3 9)	(682,802.9 6)	(767,678.6 4)
Depreciación activos (Q)	517.56	6,210.73	6,210.73	6,210.73	6,210.73	6,210.73
Flujo neto de efectivo (Q)	(42,505.7 2)	(510,068.6 6)	(559,254.9 5)	(618,251.1 2)	(689,013.6 9)	(773,889.3 7)

Cuadro 337: Estado de resultados y flujo de efectivo situación C en escenario pesimista

8.73%	Mensual	2017	2018	2019	2020	2021
Ingresos						
Total (Q)	29,509.3 7	354,112.45	385,018.26	418,621.44	455,157.40	494,882.09
Costos y gastos						
Materiales	1,645.00	19,740.00	21,462.84	23,336.05	25,372.75	27,587.20
Mano de obra	34,552.9 2	414,635.01	450,823.04	490,169.45	532,949.89	579,464.08
CIF	39,595.7 6	475,149.14	516,618.65	561,707.50	610,731.55	664,034.27
Gastos	45,698.0 1	548,376.10	548,376.10	548,376.10	548,376.10	548,376.10
	121,491. 69	1,457,900.2 5	1,537,280.6 4	1,623,589.1 0	1,717,430.3 0	1,819,461.6 5
Utilidad						
Utilidad	(91,982.3 2)	(1,103,787. 80)	(1,152,262. 38)	(1,204,967. 66)	(1,262,272. 90)	(1,324,579. 56)
Depreciación activos	6,168.16	74,017.88	74,017.88	74,017.88	74,017.88	74,017.88
Flujo neto de efectivo	(98,150.4 7)	(1,177,805. 68)	(1,226,280. 26)	(1,278,985. 54)	(1,336,290. 78)	(1,398,597. 43)

Cuadro 338: Estado de resultados y flujo de efectivo situación C en escenario optimista

19.94%	Mensual	2017	2018	2019	2020	2021
Ingresos						
Total (Q)	32,224.4 6	386,693.57	463,817.01	556,322.21	667,276.95	800,360.87

19.94%	Mensual	2017	2018	2019	2020	2021
Costos y gastos						
Materiales	1,645.00	19,740.00	23,677.01	28,399.23	34,063.27	40,856.96
Mano de obra	34,552.9 2	414,635.01	497,331.19	596,520.56	715,492.60	858,192.81
CIF	39,595.7 6	475,149.14	569,914.45	683,580.08	819,915.55	983,442.22
Gastos	45,698.0 1	548,376.10	548,376.10	548,376.10	548,376.10	548,376.10
	121,491. 69	1,457,900.2 5	1,639,298.7 5	1,856,875.9 7	2,117,847.5 2	2,430,868.0 9
Utilidad						
Utilidad	(89,267.2 2)	(1,071,206. 68)	(1,175,481. 74)	(1,300,553. 77)	(1,450,570. 57)	(1,630,507. 22)
Depreciación activos	6,168.16	74,017.88	74,017.88	74,017.88	74,017.88	74,017.88
Flujo neto de efectivo	(95,435.3 8)	(1,145,224. 56)	(1,249,499. 62)	(1,374,571. 64)	(1,524,588. 45)	(1,704,525. 10)

Cuadro 339: Estado proyectado financiero situación A en escenario pesimista

	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Q)	(6,652.00)					
Flujo neto de efectivo (Q)		(584,412. 41)	(614,704. 63)	(647,640. 66)	(683,451. 24)	(722,387. 26)
Flujo de efectivo descontado (Q)	(6,652.00)	(531,284. 01)	(508,020. 35)	(486,582. 01)	(466,806. 39)	(448,545. 65)
TMAR	10%					
VPN	(2,447,890. 42)					

Cuadro 340: Estado proyectado financiero situación A en escenario optimista

	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Q)	(6,652.00)					
Flujo neto de efectivo (Q)		(581,674. 31)	(650,351. 40)	(732,725. 67)	(831,528. 94)	(950,037. 87)
Flujo de efectivo descontado (Q)	(6,652.00)	(528,794. 83)	(537,480. 49)	(550,507. 64)	(567,945. 46)	(589,898. 77)
TMAR	10%					

	0	1	2	3	4	5
VPN	(2,781,279.19)					

Cuadro 341: Estado proyectado financiero situación B en escenario pesimista

	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Q)	(31,053.65)					
Flujo neto de efectivo (Q)		(535,804.53)	(559,574.71)	(585,419.47)	(607,309.16)	(644,072.82)
Flujo de efectivo descontado (Q)	(31,053.65)	(487,095.03)	(462,458.44)	(439,834.31)	(414,800.33)	(399,918.55)
TMAR	10%					
VPN	(2,235,160.30)					

Cuadro 342: Estado proyectado financiero situación B en escenario optimista

	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Q)	(31,053.65)					
Flujo neto de efectivo (Q)		(510,068.66)	(559,254.95)	(618,251.12)	(682,802.96)	(773,889.37)
Flujo de efectivo descontado (Q)	(31,053.65)	(463,698.78)	(462,194.18)	(464,501.22)	(466,363.61)	(480,524.41)
TMAR	10%					
VPN	(2,368,335.85)					

Cuadro 343: Estado proyectado financiero situación C en escenario pesimista

	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Q)	(213,419.74)					
Flujo neto de efectivo (Q)		(1,177,805.68)	(1,226,280.26)	(1,278,985.54)	(1,336,290.78)	(1,398,597.43)
Flujo de efectivo descontado (Q)	(213,419.74)	(1,070,732.43)	(1,013,454.76)	(960,920.77)	(912,704.58)	(868,418.97)
TMAR	10%					
VPN	(5,039,651.24)					

Cuadro 344: Estado proyectado financiero situación C en escenario optimista						
	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Q)	(213,419.74)					
Flujo neto de efectivo (Q)		(1,145,224.56)	(1,249,499.62)	(1,374,571.64)	(1,524,588.45)	(1,704,525.10)
Flujo de efectivo descontado (Q)	(213,419.74)	(1,041,113.24)	(1,032,644.31)	(1,032,736.02)	(1,041,314.42)	(1,058,375.98)
TMAR	10%					
VPN	(5,419,603.71)					

Anexo N: Módulo 8 Estudio de procesos, logística, y gestión de proyecto sobre el manejo integral de residuos en un complejo comercial

Figura 131. Camión de recolección



Figura 132. Carretón de recolección en jornada nocturna



Figura 133. Bolsas etiquetadas en distintos puntos del complejo comercial



Cuadro 345: Tabulación de información en proceso de recolección en fin de semana

ID	Grupo	Tiempo	Distancia con lugar anterior	Cantidad de Bolsas	Identificación de bolsas
1	Matutino	NA	NA	7	1::7
2	Matutino	NA	NA	1	8
3	Matutino	0:04:05	825.62	3	9::11

ID	Grupo	Tiempo	Distancia con lugar anterior	Cantidad de Bolsas	Identificación de bolsas
4	Matutino	0:02:04	333	0	
5	Matutino	0:20:13	1271	11	12::22
6	Matutino	0:07:36	349	6	23::28
7	Matutino	0:15:50	804	6	29::34
8	Matutino	0:03:40	173	0	
9	Matutino	0:03:32	114.39	0	
10	Matutino	0:06:50	374	6	35::40
11	Matutino	0:10:17	129	9	41::49
12	Matutino	0:05:04	282	0	
13	Matutino	0:15:40	111	21	50-70
14	Matutino	0:06:01	600	5	71::75
15	Matutino		567		
16	Matutino	0:05:21	973	16	76::91
17	Matutino	0:10:30	412	2	92::93
18	Matutino	0:02:55	141	3	94::96
19	Matutino	0:03:18	0	2	97::98
20	Matutino	0:14:36	60	3	99::101
21	Matutino	0:06:00	82.7	4	102::105
22	Matutino	0:07:43	511	3	106::108
23	Matutino	0:03:48	98	5	109::113
24	Matutino	0:11:25	915	4	114::117
25	Matutino	0:03:00	868	2	118::119
26	Matutino	0:19:21	803	8	120::127
27	Matutino	0:04:32	46	4	128::131
28	Vespertino		554		
29	Vespertino	0:07:24	46	6	132::137
30	Vespertino	0:04:05	456	2	138::139
31	Vespertino	0:03:58	115	0	
32	Vespertino	0:02:16	333	2	140::141
33	Vespertino	0:17:03	1271	10	142::151
34	Vespertino	0:05:36	349	0	
35	Vespertino	0:10:40	814	11	152-162
36	Vespertino	0:05:41	599	6	163::168
37	Vespertino		567		
38	Vespertino	0:06:05	973	4	169::172

ID	Grupo	Tiempo	Distancia con lugar anterior	Cantidad de Bolsas	Identificación de bolsas
39	Vespertino	0:13:24	151	15	173::187
40	Vespertino	0:05:43	246	7	188::194
41	Vespertino	0:09:22	340	5	195-199
42	Vespertino	0:07:50	341	7	200::206
43	Vespertino	0:05:42	98.6	10	207::216
44	Vespertino	0:08:25	813	0	
45	Vespertino	0:03:30	258	10	217::226
46	Vespertino	0:12:36	60.6	14	227::240
47	Vespertino	0:15:43	142	20	241::260
48	Vespertino	0:05:46	46	8	261::268
49	Vespertino	0:13:00	79	4	269::271
50	Nocturno		491		
51	Nocturno	NA	1277	8	272::279
52	Nocturno	0:05:10	482	6	280::285
53	Nocturno	0:05:15	6.44	2	286::287
54	Nocturno	0:04:56	14.4	1	288
55	Nocturno	0:08:18	264	2	289::290
56	Nocturno	0:06:45	64	3	291::293
57	Nocturno	0:05:27	29	1	294
58	Nocturno	0:03:16	94.72	2	295::296
59	Nocturno	0:03:26	299	1	297
60	Nocturno	0:13:12	104	7	298::304
61	Nocturno	0:10:10	128	5	305::309
62	Nocturno	0:12:49	51	3	310::312
63	Nocturno	0:09:46	258	5	313::317
64	Nocturno	0:07:58	301	3	318::321
65	Nocturno	0:02:37	97	10	322::331
66	Nocturno	0:06:15	107	8	332::339
67	Nocturno	0:07:35	245	12	340::351

Cuadro 346: Tabulación de información proceso de recolección entre semana

ID	Grupo	Tiempo [min]	Distancia con lugar anterior [m]	Cantidad de Bolsas	Identificación de bolsas
1	Matutino	0:06:43	825.62	1	1
2	Matutino	0:01:48	333	0	
3	Matutino	0:24:05	1271	15	2::16
4	Matutino	0:13:39	349	19	17::35
5	Matutino	0:14:22	804	7	36::42
6	Matutino	0:05:23	173	3	43::45
7	Matutino	0:06:38	114.39	3	46::48
8	Matutino	0:04:24	285	3	49::51
9	Matutino	0:04:17	89	1	52
10	Matutino	0:07:45	129	15	53::67
11	Matutino	0:06:48	205	4	68::71
12	Matutino	0:41:57	313	12	72::83
13	Matutino	0:08:54	600	3	84::86
14	Matutino		564		
15	Matutino	0:05:27	973	5	87::91
16	Matutino	0:16:40	195	0	
17	Matutino	0:09:22	485	10	92::101
18	Matutino	0:02:02	1006	4	102::105
19	Matutino	0:16:40	103	4	106::109
20	Matutino	0:10:13	141	2	110::111
21	Matutino	0:11:20	60	2	112::113
22	Matutino	0:03:43	82.7	2	114::115
23	Matutino	0:06:02	511	3	116::118
24	Matutino	0:07:16	98	15	119::132
25	Matutino	0:17:20	605	8	133::140
26	Matutino	0:06:21	75.3	0	
27	Matutino	0:07:50	78.6	10	141::150
28	Matutino	0:15:37	148	6	151::156
29	Vespertino		601		
29	Vespertino	0:08:29	1157	12	157::168
30	Vespertino	0:09:02	457	1	169
31	Vespertino	0:04:52	117	2	170::171
32	Vespertino	0:03:45	294	6	172::177
33	Vespertino	0:07:22	88	7	178::184
34	Vespertino	0:07:38	131	8	185::192

ID	Grupo	Tiempo [min]	Distancia con lugar anterior [m]	Cantidad de Bolsas	Identificación de bolsas
35	Vespertino	0:11:05	613	9	193::201
36	Vespertino	0:02:59	333	1	202
37	Vespertino	0:15:50	1023	10	203::212
38	Vespertino	0:04:24	192	0	
39	Vespertino	0:09:01	389	6	213::218
40	Vespertino	0:06:58	110	1	219
41	Vespertino	0:13:22	704	8	220::227
42	Vespertino	0:20:28	86	9	228::236
43	Vespertino	0:05:46	513	0	0
44	Vespertino		564		
45	Vespertino	0:09:55	973	3	237::239
46	Vespertino	0:10:12	151	8	240::247
47	Vespertino	0:03:10	35	2	248::249
48	Vespertino	0:05:54	246	4	250::253
49	Vespertino	0:06:42	340	3	254::256
50	Vespertino	0:11:35	141	10	257::266
51	Vespertino	0:09:13	60.6	14	267::280
52	Vespertino	0:12:54	82.7	5	281::285
53	Vespertino	0:05:50	511	1	286
54	Vespertino	0:07:07	98.6	8	287-294
55	Vespertino	0:07:17	813	2	295::296
56	Vespertino	0:11:42	395	8	297::304
57	Vespertino	0:17:00	116	20	305::324
58	Vespertino	0:03:12	86.3	1	325::326
59	Vespertino		419		
60	Nocturno	0:02:24	819	1	327
61	Nocturno	0:05:19	66	2	328::329
62	Nocturno	0:03:56	29	1	330
63	Nocturno	0:05:40	28	2	331::332
64	Nocturno	0:07:43	54.4	2	333::334
65	Nocturno	0:06:27	57	7	335::341
66	Nocturno	0:09:08	139	2	342::343
67	Nocturno	0:06:09	49	2	344::345
68	Nocturno	0:05:03	33	0	0
69	Nocturno	0:08:06	109	4	346::349

ID	Grupo	Tiempo [min]	Distancia con lugar anterior [m]	Cantidad de Bolsas	Identificación de bolsas
70	Nocturno	0:04:04	45.6	4	350::353
71	Nocturno	0:03:02	110	4	354::357
72	Nocturno	0:20:39	437		

Figura 134: Bolsas pequeñas encontradas en algunos puntos en el complejo comercial



Figura 135: Encuesta para plan de necesidades

PREGUNTAS
RESPUESTAS
129

✕
⋮

ECO-CAYALÁ - UVG: Estudio de necesidades de locales

En conjunto con la Universidad del Valle se está llevando a cabo un estudio de las necesidades que tiene cada local con respecto a los desechos que genera. El motivo de esta encuesta es para determinar dichas necesidades y tomar acciones al respecto.

Como estudiante de la Universidad del Valle agradezco de antemano su apoyo.

Número *

Texto de respuesta corta

Nombre *

Texto de respuesta corta

Estudio de necesidades de locales

*Obligatorio

ECO-CAYALÁ - UVG: Estudio de necesidades de locales

En conjunto con la Universidad del Valle se está llevando a cabo un estudio de las necesidades que tiene cada local con respecto a los desechos que genera. El motivo de esta encuesta es para determinar dichas necesidades y tomar acciones al respecto.

Como estudiante de la Universidad del Valle agradezco de antemano su apoyo.

¿Qué desechos genera usualmente? *

- Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros)
- Cartón
- Vidrio
- Plástico
- Papel
- Metales
- Bioinfeccioso (jeringas, agujas, entre otros)
- Coprocesable
- Otro: _____

De los tipos de desechos mencionados anteriormente, ¿cuáles son los que genera en mayor cantidad? *

- Desecho orgánico
- Cartón
- Vidrio
- Plástico
- Papel
- Metales
- Bioinfeccioso
- Coprocesable
- Otro: _____

¿Cuántas bolsas de desechos genera semanalmente? *

Ingrese solamente el número por favor.

Tu respuesta _____

¿Que peso en libras estima que tienen las bolsas que genera semanalmente en promedio? *

Ingrese solamente el número por favor.

Tu respuesta _____

¿Tiene espacio para colocar más de un basurero donde tenga alguno actualmente? *

Sí

No

¿Estaría dispuesto a clasificar sus desechos con apoyo del complejo comercial? *

Sí

No

ATRÁS

SIGUIENTE

Nunca envíe contraseñas a través de Formularios de Google.

Sección 3 de 3



¡Nos interesa tu opinión!

Descripción (opcional)

¿Por qué no apoyaría clasificando sus desechos? *

Texto de respuesta larga

Cuadro 347: Tabulación de respuestas de encuesta de plan de necesidades

Clasificación	¿Qué desechos genera usualmente?	De los tipos de desechos mencionados anteriormente, ¿cuáles son los que genera en mayor cantidad?	Contenido orgánico	Contenido papel	Contenido cartón	Contenido vidrio	Contenido plástico	Contenido metales	Contenido bioinfeccioso	Contenido otros	¿Cuántas bolsas de desechos genera semanalmente?	¿Que peso en libras estima que tienen las bolsas que genera semanalmente en	¿Tiene espacio para colocar más de un basurero donde tenga alguna actualmente?	¿Estaría dispuesto a clasificar sus desechos con apoyo del complejo comercial?	¿Por qué no apoyaría clasificando sus desechos?
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Desecho orgánico, Cartón, Metales	Mayoría	Minoría	Mayoría	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	70	25	No	Sí	
Bancos y Oficinas	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre	Cartón, Papel	Minoría	Mayoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	8	10	Sí	Sí	
Bancos y Oficinas	Cartón, Plástico, Papel	Papel	Nada	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	14	6	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	14	0.5	No	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Vidrio, Plástico, Papel	Cartón, Papel	Nada	Mayoría	Mayoría	Minoría	Minoría	Nada	Nada	Nada	21	1	No	Sí	
Bancos y Oficinas	Papel	Papel	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	7	4	No	Sí	
Productos/Servicios	Cartón	Cartón	Nada	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	7	1	No	Sí	
Alimentos	Plástico, Papel	Plástico	Nada	Minoría	Nada	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	15	0.5	No	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre	Desecho orgánico, Papel	Mayoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Minoría	Nada	Nada	42	35	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Plástico, Papel, Metales, Esponja	Papel	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Minoría	Nada	Minoría	7	1	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Plástico, Papel, Guantes plásticos	Minoría	Mayoría	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Mayoría	7	6	Sí	Sí	

Clasificación	¿Qué desechos genera usualmente?	De los tipos de desechos mencionados anteriormente, ¿cuáles son los que genera en mayor cantidad?	Contenido orgánico	Contenido papel	Contenido cartón	Contenido vidrio	Contenido plástico	Contenido metales	Contenido bioinfeccioso	Contenido otros	¿Cuántas bolsas de desechos genera semanalmente?	¿Que peso en libras estima que tienen las bolsas que genera semanalmente en	¿Tiene espacio para colocar más de un basurero donde tenga alguna actualmente?	¿Estaría dispuesto a clasificar sus desechos con apoyo del complejo comercial?	¿Por qué no apoyaría clasificando sus desechos?
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel	Cartón, Papel	Nada	Mayoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	14	2	Sí	No	El encargado no se encuentra en la tienda
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico, Papel	Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	49	5	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico	Cartón	Minoría	Nada	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	10	7	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Papel, Metales	Papel	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Minoría	Nada	Nada	14	1	No	Sí	
Restaurante	Plástico, Papel	Papel	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	56	7	No	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Plástico	Cartón	Nada	Nada	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	8	2	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Papel	Cartón	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	7	4	No	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Papel	Cartón	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	3	5	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Metales	Desecho orgánico	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Minoría	Nada	Nada	21	2	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Papel	Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	4	10	No	Sí	

Clasificación	¿Qué desechos genera usualmente?	De los tipos de desechos mencionados anteriormente, ¿cuáles son los que genera en mayor cantidad?	Contenido orgánico	Contenido papel	Contenido cartón	Contenido vidrio	Contenido plástico	Contenido metales	Contenido bioinfeccioso	Contenido otros	¿Cuántas bolsas de desechos genera semanalmente?	¿Que peso en libras estima que tienen las bolsas que genera semanalmente en	¿Tiene espacio para colocar más de un basurero donde tenga alguna actualmente?	¿Estaría dispuesto a clasificar sus desechos con apoyo del complejo comercial?	¿Por qué no apoyaría clasificando sus desechos?
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel	Cartón	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	1	2	No	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel, Desecho electrónico	Cartón, Plástico, Papel	Nada	Mayoría	Mayoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Minoría	9	1	No	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Desecho orgánico, Papel	Mayoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Minoría	Nada	Nada	14	5	Sí	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Desecho orgánico	Mayoría	Minoría	Minoría	Nada	Minoría	Minoría	Nada	Nada	14	2	No	No	Solo entre semana, fin de semana no da tiempo porque hay mucha gente
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel, Duropor	Plástico, Papel	Nada	Mayoría	Minoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Minoría	2	1	Sí	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	14	5	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Papel	Cartón, Plástico	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	3	5	No	Sí	
Alimentos	Plástico, Papel	Plástico	Nada	Minoría	Nada	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	21	1	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Papel	Cartón	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	14	2	No	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Papel	Cartón	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	3	1	Sí	Sí	
Alimentos	Cartón, Vidrio, Plástico, Papel	Vidrio, Papel	Nada	Mayoría	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Nada	Nada	21	20	No	No	Hay mucho movimiento y todo se tira rápido

Clasificación	¿Qué desechos genera usualmente?	De los tipos de desechos mencionados anteriormente, ¿cuáles son los que genera en mayor cantidad?	Contenido orgánico	Contenido papel	Contenido cartón	Contenido vidrio	Contenido plástico	Contenido metales	Contenido bioinfeccioso	Contenido otros	¿Cuántas bolsas de desechos genera semanalmente?	¿Que peso en libras estima que tienen las bolsas que genera semanalmente en	¿Tiene espacio para colocar más de un basurero donde tenga alguna actualmente?	¿Estaría dispuesto a clasificar sus desechos con apoyo del complejo comercial?	¿Por qué no apoyaría clasificando sus desechos?
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Desecho orgánico	Mayoría	Minoría	Minoría	Minoría	Minoría	Nada	Nada	Minoría	28	10	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	3	1	No	No	Son basureros muy pequeños
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Desecho orgánico	Mayoría	Minoría	Minoría	Minoría	Minoría	Minoría	Nada	Nada	84	30	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre	Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	14	2	Sí	No	No está el encargado de la tienda
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón, Papel	Minoría	Mayoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	4	2	No	No	El basurero lo usan los clientes y no se fijan
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	7	1	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón, Papel	Minoría	Mayoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	14	1	No	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel, Nylon, Papel Espuma	Cartón	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Minoría	1	0.5	No	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Vidrio, Papel, Metales	Cartón	Nada	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	2	2	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre	Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	3	4	No	Sí	
Productos/Servicios	Plástico	Plástico	Nada	Nada	Nada	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	1	0.5	No	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel	Plástico	Nada	Minoría	Minoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	2	5	No	Sí	

Clasificación	¿Qué desechos genera usualmente?	De los tipos de desechos mencionados anteriormente, ¿cuáles son los que genera en mayor cantidad?	Contenido orgánico	Contenido papel	Contenido cartón	Contenido vidrio	Contenido plástico	Contenido metales	Contenido bioinfeccioso	Contenido otros	¿Cuántas bolsas de desechos genera semanalmente?	¿Que peso en libras estima que tienen las bolsas que genera semanalmente en	¿Tiene espacio para colocar más de un basurero donde tenga alguna actualmente?	¿Estaría dispuesto a clasificar sus desechos con apoyo del complejo comercial?	¿Por qué no apoyaría clasificando sus desechos?
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre	Plástico	Minoría	Minoría	Nada	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	7	0.5	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Plástico, Papel	Papel	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	30	0.5	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel	Cartón, Papel	Nada	Mayoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	10	3	No	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Papel	Cartón	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	6	1	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel	Cartón	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	1	3	No	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Desecho orgánico	Mayoría	Minoría	Minoría	Minoría	Minoría	Nada	Nada	Nada	25	15	Sí	No	Se intentó y cuando hay mucho movimiento nadie lo hace
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel, Stickers, PVC	Cartón, Plástico	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Minoría	5	1	No	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Plástico, Papel,	Desecho orgánico	Mayoría	Minoría	Nada	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	10	0.5	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel	Cartón, Plástico	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	7	2	Sí	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre	Desecho orgánico, Plástico	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	20	5	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Plástico, Papel	Papel	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	2	4	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre	Cartón	Minoría	Nada	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	5	0	No	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Papel	Cartón, Papel	Nada	Mayoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	3	4	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Vidrio, Plástico,	Plástico	Nada	Minoría	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	8	3	No	No	Muy poco espacio
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Minoría	Minoría	Nada	Nada	Nada	42	15	No	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Desecho orgánico, Vidrio	Mayoría	Minoría	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Nada	Nada	14	30	Sí	Sí	

Clasificación	¿Qué desechos genera usualmente?	De los tipos de desechos mencionados anteriormente, ¿cuáles son los que genera en mayor cantidad?	Contenido orgánico	Contenido papel	Contenido cartón	Contenido vidrio	Contenido plástico	Contenido metales	Contenido bioinfeccioso	Contenido otros	¿Cuántas bolsas de desechos genera semanalmente?	¿Que peso en libras estima que tienen las bolsas que genera semanalmente en	¿Tiene espacio para colocar más de un basurero donde tenga alguna actualmente?	¿Estaría dispuesto a clasificar sus desechos con apoyo del complejo comercial?	¿Por qué no apoyaría clasificando sus desechos?
Alimentos	Cartón, Plástico, Papel	Papel	Nada	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	30	5	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Plástico, Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	3	3	No	No	Es muy pequeño el espacio
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	15	10	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Papel,	Desecho orgánico, Cartón	Mayoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	10	30	Sí	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Desecho orgánico, Cartón	Mayoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	70	6	Sí	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre	Plástico	Minoría	Minoría	Nada	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	4	2	No	No	Los empleados si, los clientes no
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre	Papel	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Minoría	Nada	Nada	Minoría	14	0.25	No	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Desecho orgánico	Mayoría	Minoría	Minoría	Minoría	Minoría	Minoría	Nada	Nada	70	4	No	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Cartón	Minoría	Nada	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	7	25	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	7	2	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel,	Cartón, Plástico, Papel	Nada	Mayoría	Mayoría	Nada	Mayoría	Minoría	Nada	Nada	4	100	No	Sí	

Clasificación	¿Qué desechos genera usualmente?	De los tipos de desechos mencionados anteriormente, ¿cuáles son los que genera en mayor cantidad?	Contenido orgánico	Contenido papel	Contenido cartón	Contenido vidrio	Contenido plástico	Contenido metales	Contenido bioinfeccioso	Contenido otros	¿Cuántas bolsas de desechos genera semanalmente?	¿Que peso en libras estima que tienen las bolsas que genera semanalmente en	¿Tiene espacio para colocar más de un basurero donde tenga alguna actualmente?	¿Estaría dispuesto a clasificar sus desechos con apoyo del complejo comercial?	¿Por qué no apoyaría clasificando sus desechos?
Alimentos	Cartón, Papel, Metales	Cartón	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Minoría	Nada	Nada	7	2	No	No	No cuando hay mucha venta
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Papel, Grasa	Cartón, Plástico	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Minoría	20	10	No	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Papel, Metales	Minoría	Mayoría	Minoría	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	7	7	No	No	No da tiempo
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Minoría	Nada	Nada	5	7	No	No	Hay muy poco espacio
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio, Plástico, Grasa (Trampa de	Desecho orgánico	Mayoría	Nada	Minoría	Minoría	Minoría	Nada	Nada	Minoría	21	25	No	Sí	
Alimentos	Plástico, Papel	Plástico	Nada	Minoría	Nada	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	3	25	No	Sí	
Bancos y Oficinas	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Plástico	Minoría	Minoría	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	10	10	Sí	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Vidrio	Minoría	Minoría	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Nada	Nada	25	10	Sí	No	Fines de semana hay mucho movimiento
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Papel, Metales,	Desecho orgánico, Papel	Mayoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Minoría	Nada	Minoría	6	3	Sí	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Desecho orgánico, Papel	Mayoría	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	30	10	Sí	Sí	

Clasificación	¿Qué desechos genera usualmente?	De los tipos de desechos mencionados anteriormente, ¿cuáles son los que genera en mayor cantidad?	Contenido orgánico	Contenido papel	Contenido cartón	Contenido vidrio	Contenido plástico	Contenido metales	Contenido bioinfeccioso	Contenido otros	¿Cuántas bolsas de desechos genera semanalmente?	¿Que peso en libras estima que tienen las bolsas que genera semanalmente en	¿Tiene espacio para colocar más de un basurero donde tenga alguna actualmente?	¿Estaría dispuesto a clasificar sus desechos con apoyo del complejo comercial?	¿Por qué no apoyaría clasificando sus desechos?
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Cartón, Vidrio, Plástico	Minoría	Minoría	Mayoría	Mayoría	Mayoría	Nada	Nada	Minoría	56	25	Sí	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Minoría	Nada	Nada	26	70	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Papel	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	8	1	No	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel	Cartón, Plástico, Papel	Nada	Mayoría	Mayoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	4	0.5	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	7	0.5	No	Sí	
Bancos y Oficinas	Cartón, Papel, Duropor	Cartón	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Minoría	8	1	Sí	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio, Plástico, Papel, Metales	Desecho orgánico, Cartón	Mayoría	Minoría	Mayoría	Minoría	Minoría	Minoría	Nada	Nada	84	60	Sí	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio, Papel,	Vidrio	Minoría	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	4	25	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Minoría	Nada	Nada	1	2	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Desecho orgánico	Mayoría	Minoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	4	1	Sí	No	Preguntar al encargado.
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel	Plástico	Nada	Minoría	Minoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	30	1	Sí	Sí	

Clasificación	¿Qué desechos genera usualmente?	De los tipos de desechos mencionados anteriormente, ¿cuáles son los que genera en mayor cantidad?	Contenido orgánico	Contenido papel	Contenido cartón	Contenido vidrio	Contenido plástico	Contenido metales	Contenido bioinfeccioso	Contenido otros	¿Cuántas bolsas de desechos genera semanalmente?	¿Que peso en libras estima que tienen las bolsas que genera semanalmente en	¿Tiene espacio para colocar más de un basurero donde tenga alguna actualmente?	¿Estaría dispuesto a clasificar sus desechos con apoyo del complejo comercial?	¿Por qué no apoyaría clasificando sus desechos?
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre	Papel	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	1	0.5	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre	Desecho orgánico	Mayoría	Minoría	Nada	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	10	0.5	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	5	6	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	7	5	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Minoría	Minoría	Minoría	Nada	Nada	5	3	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Desecho orgánico, Cartón	Mayoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	4	3	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio, Plástico, Papel, Metales,	Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Minoría	Minoría	Minoría	Nada	Minoría	14	1	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	4	2	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre	Papel	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	5	0.5	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Plástico, Papel	Plástico	Minoría	Minoría	Nada	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	3	0.5	Sí	Sí	

Clasificación	¿Qué desechos genera usualmente?	De los tipos de desechos mencionados anteriormente, ¿cuáles son los que genera en mayor cantidad?	Contenido orgánico	Contenido papel	Contenido cartón	Contenido vidrio	Contenido plástico	Contenido metales	Contenido bioinfeccioso	Contenido otros	¿Cuántas bolsas de desechos genera semanalmente?	¿Que peso en libras estima que tienen las bolsas que genera semanalmente en	¿Tiene espacio para colocar más de un basurero donde tenga alguna actualmente?	¿Estaría dispuesto a clasificar sus desechos con apoyo del complejo comercial?	¿Por qué no apoyaría clasificando sus desechos?
Productos/Servicios	Cartón, Plástico, Papel	Cartón, Plástico	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	3	4	Sí	No	Por el apoyo del
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Vidrio, Plástico,	Desecho orgánico	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Minoría	Nada	Nada	Minoría	14	10	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Desecho orgánico, Cartón	Mayoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	5	2	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio, Plástico, Papel, Duropor,	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Minoría	Minoría	Minoría	Nada	Minoría	21	10	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico, Papel, Cerámico, Duropor	Plástico, Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Minoría	14	6	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	7	20	Sí	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre	Desecho orgánico, Cartón, Grasa	Mayoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Mayoría	150	20	No	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	Minoría	Nada	Nada	50	8	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón, Plástico	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	12	2	No	Sí	
Hospitales y Veterinarias	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Papel	Cartón	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	20	2	Sí	Sí	

Clasificación	¿Qué desechos genera usualmente?	De los tipos de desechos mencionados anteriormente, ¿cuáles son los que genera en mayor cantidad?	Contenido orgánico	Contenido papel	Contenido cartón	Contenido vidrio	Contenido plástico	Contenido metales	Contenido bioinfeccioso	Contenido otros	¿Cuántas bolsas de desechos genera semanalmente?	¿Que peso en libras estima que tienen las bolsas que genera semanalmente en	¿Tiene espacio para colocar más de un basurero donde tenga alguna actualmente?	¿Estaría dispuesto a clasificar sus desechos con apoyo del complejo comercial?	¿Por qué no apoyaría clasificando sus desechos?
Hospitales y Veterinarias	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Papel, Bioinfeccioso (jeringas, agujas, entre otros), Bioinfeccioso se lo	Papel, Bioinfeccioso	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Mayoría	Nada	5	0.5	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Plástico, Papel, Metales, Bioinfeccioso (jeringas, agujas, entre otros)	Papel, Cabello, Gillette	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Minoría	Minoría	Minoría	Mayoría	3	1	Sí	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Plástico, Papel,	Metales	Minoría	Minoría	Nada	Nada	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	7	5	Sí	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio, Plástico, Papel, Metales,	Desecho orgánico, Vidrio	Mayoría	Minoría	Minoría	Mayoría	Minoría	Minoría	Nada	Minoría	25	10	No	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio, Plástico, Papel, Metales,	Cartón, Vidrio, Metales	Minoría	Minoría	Mayoría	Mayoría	Minoría	Mayoría	Nada	Minoría	25	15	No	Sí	
Bancos y Oficinas	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Nada	Nada	Nada	5	5	Sí	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Cartón, Plástico	Minoría	Minoría	Mayoría	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Nada	14	1	Sí	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón, Plástico	Minoría	Minoría	Mayoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	7	1	No	Sí	

Clasificación	¿Qué desechos genera usualmente?	De los tipos de desechos mencionados anteriormente, ¿cuáles son los que genera en mayor cantidad?	Contenido orgánico	Contenido papel	Contenido cartón	Contenido vidrio	Contenido plástico	Contenido metales	Contenido bioinfeccioso	Contenido otros	¿Cuántas bolsas de desechos genera semanalmente?	¿Que peso en libras estima que tienen las bolsas que genera semanalmente en	¿Tiene espacio para colocar más de un basurero donde tenga alguna actualmente?	¿Estaría dispuesto a clasificar sus desechos con apoyo del complejo comercial?	¿Por qué no apoyaría clasificando sus desechos?
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Vidrio	Minoría	Minoría	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Nada	Nada	8	8	No	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Desecho orgánico, Plástico	Mayoría	Minoría	Minoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	5	10	No	Sí	
Hospitales y Veterinarias	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico, Papel, Bioinfeccioso (jeringas, agujas, entre otros), Bioinfeccioso no se	Papel, Bioinfeccioso	Minoría	Mayoría	Nada	Nada	Minoría	Nada	Mayoría	Nada	7	1	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Cartón, Papel	Papel	Nada	Mayoría	Minoría	Nada	Nada	Nada	Nada	Nada	6	1	No	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Plástico	Minoría	Minoría	Minoría	Nada	Mayoría	Nada	Nada	Nada	7	3	No	Sí	
Alimentos	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Cartón, Papel	Minoría	Mayoría	Mayoría	Nada	Minoría	Minoría	Nada	Nada	7	10	No	Sí	
Restaurante	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Vidrio,	Cartón, Vidrio	Minoría	Minoría	Mayoría	Mayoría	Minoría	Minoría	Nada	Nada	15	25	Sí	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Plástico, Metales	Minoría	Minoría	Minoría	Nada	Mayoría	Mayoría	Nada	Nada	20	25	No	Sí	
Productos/Servicios	Desecho orgánico (de origen natural, como alimentos, plantas, entre otros), Cartón, Plástico,	Papel	Minoría	Mayoría	Minoría	Nada	Minoría	Minoría	Nada	Nada	15	5	Sí	Sí	

Figura 136. Planeación 1era fase de prueba piloto

PLANEACIÓN 1ERA FASE - PRUEBA PILOTO

OPTIMIZACIÓN DE PROCESO DE SEPARACIÓN

Justificación

En la planta de desechos sólidos del complejo comercial se logra separar alrededor del 57% de los desechos que llegan a la planta. Este porcentaje representa aproximadamente media tonelada de desechos al día, de la cual se estima que un 43% es material orgánico. Los procesos que se han llevado a cabo no han sido los más eficientes, justificando la realización de una prueba piloto para mejorar la eficiencia de separación de la planta, el aprovechamiento del material orgánico, y consecuentemente la calidad del compost a través de un proceso de separación desde el origen.

Objetivos

Demostrar estadísticamente a través de una prueba de hipótesis la reducción en tiempos de separación en relación a la cantidad de peso que ingresa a la planta.

Parámetros a medir

- Peso por bolsa
- Tiempo de separación por bolsa
- % de eficiencia de separación de material orgánico

Metodología

Paso 1: Documentación de proceso de separación

Paso 2: Toma de muestra de proceso actual (muestra 1)

Paso 3: Toma de muestra para realización de compost

Paso 4: Tabulación de datos

Paso 5: Diseño de 2da Fase de Prueba Piloto

Planteamiento de pruebas de hipótesis:

1. Tiempos de separación/peso

- Ho: El tiempo de separación por peso no disminuirá si se separan los desechos orgánicos e inorgánicos desde el origen.
- Ha: Los tiempos de separación disminuirán si se separan desechos orgánicos e inorgánicos desde el origen.

2. Tiempos de separación/bolsa

- Ho: El tiempo de separación por bolsa no disminuirá si se separan los desechos orgánicos e inorgánicos desde el origen.
- Ha: Los tiempos de separación disminuirán si se separan desechos orgánicos e inorgánicos desde el origen.

NOTA: Se debe mencionar que se tomó una muestra del compost diario para que en el módulo de tratamiento de residuos orgánicos se realizará compost con el fin de verificar su calidad.

Figura 137. Planeación 2da fase de prueba piloto

PLANEACIÓN 2DA FASE - PRUEBA PILOTO

OPTIMIZACIÓN DE PROCESO DE SEPARACIÓN

Justificación

En la primera fase de la prueba piloto, se tomó el tiempo que le toma a un operario de la Planta de Manejo de Desechos Sólidos (PMDS) separar una bolsa de desechos y también se pesó la cantidad de materia orgánica en cierta cantidad de bolsas cada día.

Para la segunda fase de la prueba variarán las entradas en el proceso. En este caso variarán los tipos de bolsa ya que estas estarán separadas desde el origen. Para correr el estudio se necesita analizar aproximadamente 15 bolsas por 5 días (cantidad de tiempo que se corrió la prueba en la primera fase).

Escenarios

Escenario 1: Se llevan 100 bolsas a inicios de semana y esas son las bolsas que se separan en la prueba toda la semana.

- **Desventajas:** La materia se empieza a descomponer afectando el desempeño de los operarios para separar los desechos.

Escenario 2: Se recolecta *diariamente* con las alianzas y se llevan las bolsas a la planta. Estas se identificarán con un sticker blanco donde tendrá un número para identificar las bolsas de las distintas fuentes.

- **Desventajas:** Conseguir una muestra de 25 bolsas diaria.

De los anteriores escenarios se optó por el número 2, para no afectar el desempeño de los operarios y dar acompañamiento en el proceso de recolección de las bolsas.

Planeación mínima de bolsas por lugar

Lugar	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes
Restaurante 1	3	3	3	3	3	3	3
Restaurante 2	3	3	3	3	3	3	3
Restaurante 3	3	3	3	3	3	3	3
Restaurante 4	3	3	3	3	3	3	3
Cafetería	3	3	3	3	3	3	3
TOTAL	15	15	15	15	15	15	15

Nota: La cantidad puede variar según lo que se deseche cada día. Estos números representan el mínimo que se debe recolectar cada día.

Planeación de recolección

Se dará acompañamiento a la empresa tercerizada en el recorrido que se hace en el complejo comercial para recolectar las bolsas en el complejo comercial.

Metodología

Paso 1: Toma de medidas, desarrollo e implementación de herramienta para locales/puntos interesados en colaborar para aplicar gestión integral de residuos.

Paso 2: Capacitaciones en locales/puntos interesados acerca de la gestión integral de residuos.

Paso 3: Acompañamiento a empresa tercerizada de recolección de bolsas.

Paso 4: Llevar muestras a PMDS cada día para tomar tiempos, pesos y cantidad de material orgánico.

Paso 5: Tabulación de datos.

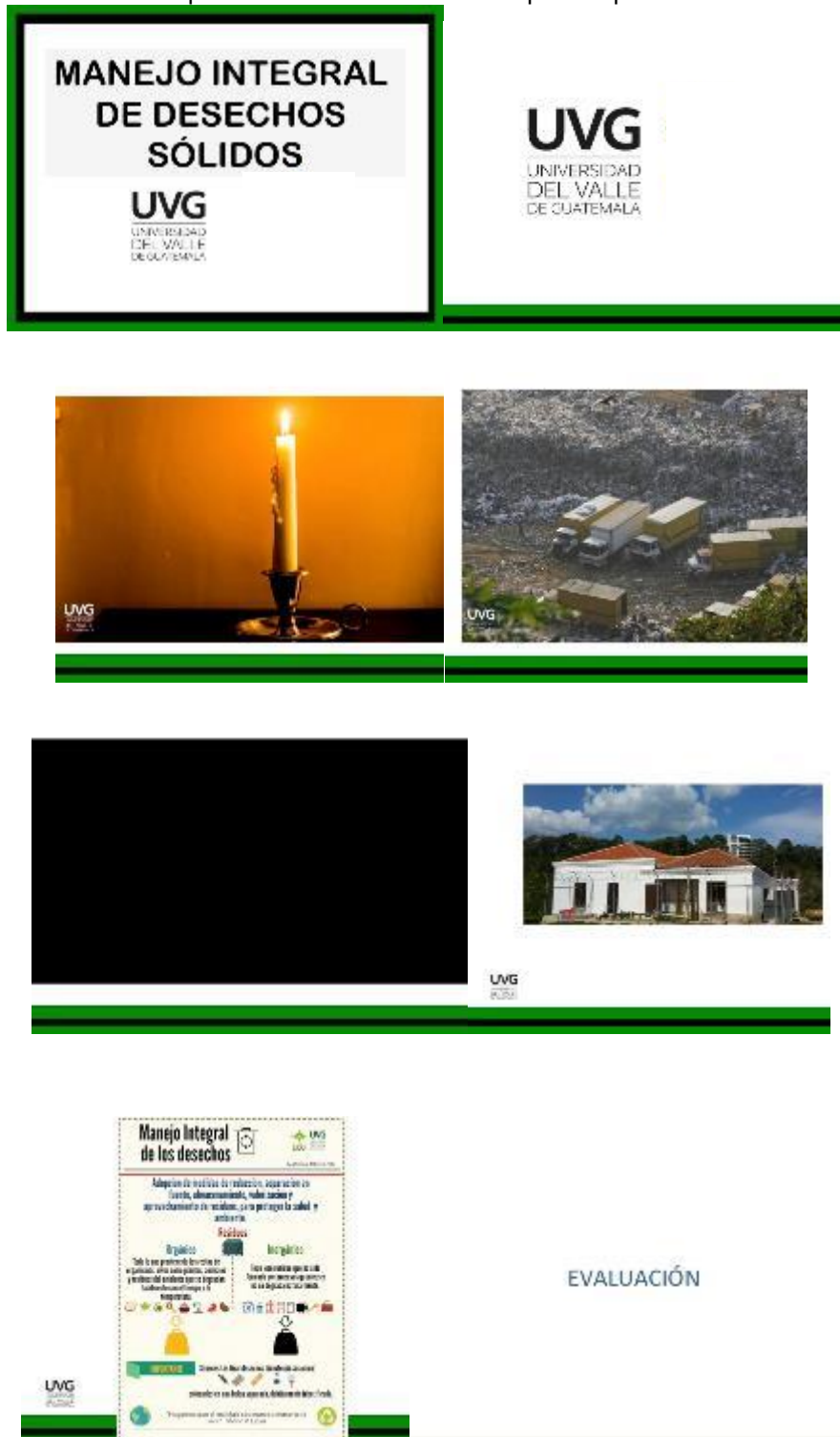
Paso 6: Análisis estadístico a través de prueba de hipótesis establecida en 1era fase de planeación.

Paso 7: Conclusiones

Cuadro 348: Dimensiones de basureros de lugares donde se obtuvo la muestra para la prueba piloto

Lugar	Medidas de basureros	
	Rango radio Interno[cm]	Rango Radio Externo [cm]
Restaurante 1	53 - 56	56 - 58
Restaurante 2	53 - 56	56 - 58
Restaurante 3	53 - 56	56 - 58
Cafetería	45 - 48	48 - 50

Figura 138. Presentación empleada en capacitaciones en restaurantes/locales que aportaron para obtener la muestra de la prueba piloto





UVG

¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

UVG
UNIVERSIDAD DEL VALLE
DE GUAYAMA

Figura 139. Diseño para brindar tarjeta de bolsillo a colaboradores de los locales/restaurantes



Figura 140. Material de apoyo para colocar en ubicación de los basureros de los restaurantes/locales

ORGÁNICO	INORGÁNICO
ORGÁNICO	INORGÁNICO
ORGÁNICO	INORGÁNICO
ORGÁNICO	INORGÁNICO
ORGÁNICO	INORGÁNICO

Figura 141. Capacitaciones en restaurantes



Figura 142. Desarrollo de afiche para prueba de cultura

**¡AYÚDANOS A SEPARAR
NUESTROS RESIDUOS!**

ORGÁNICO	INORGÁNICO
<p>Restas de Comida</p>	<p>Plástico</p>
<p>Papel SUCIO</p>	<p>Aluminio</p>
<p>Cartón SUCIO</p>	<p>Vidrio</p>
	<p>Cartón y Papel LIMPIO</p>
	<p>Otro... ¿No es comida? ¡Ponte aquí!</p>

*Al separar tus desechos, ayudas a reducir lo que llega a un basurero municipal y **AYUDAS AL PLANETA***

UVG
UNIVERSIDAD
DEL VALLE
DE GUATEMALA

Figura 143. Desarrollo de material de apoyo para prueba de cultura



Figura 144. Material de apoyo para prueba de cultura



Figura 145. Botes separados para determinación de % de acierto en prueba de cultura



Cuadro 349: Tabulación de resultados de prueba de cultura

Fecha	Hora	BOTE	Bolsa	Errores	Aciertos	Total	% Acierto
23/09/17	3:00 p.m.	B1	O1	19	12	31	38.71%
23/09/17	3:00 p.m.	B1	I1	1	23	24	95.83%
23/09/17	3:00 p.m.	B2	O2	7	8	15	53.33%
23/09/17	3:00 p.m.	B2	I2	4	14	18	77.78%
24/09/17	12:15 p.m.	B1	O1	11	6	17	35.29%
24/09/17	12:15 p.m.	B1	I1	8	25	33	75.76%
24/09/17	12:15 p.m.	B2	O2	37	29	66	43.94%
24/09/17	12:15 p.m.	B2	I2	20	47	67	70.15%
24/09/17	3:30 p.m.	B1	O1	7	5	12	41.67%
24/09/17	3:30 p.m.	B1	I1	8	20	28	71.43%
24/09/17	3:30 p.m.	B2	O2	8	7	15	46.67%
24/09/17	3:30 p.m.	B2	I2	6	13	19	68.42%
25/09/17	3:00 p.m.	B1	O1	9	10	19	52.63%
25/09/17	3:00 p.m.	B1	I1	6	26	32	81.25%
25/09/17	3:00 p.m.	B2	O2	0	0	0	NA
25/09/17	3:00 p.m.	B2	I2	0	0	0	NA
26/09/17	3:00 p.m.	B1	O1	0	0	0	NA
26/09/17	3:00 p.m.	B1	I1	1	3	4	75.00%
26/09/17	3:00 p.m.	B2	O2	4	0	4	0.00%
26/09/17	3:00 p.m.	B2	I2	5	8	13	61.54%
27/09/17	3:00 p.m.	B1	O1	4	1	5	20.00%
27/09/17	3:00 p.m.	B1	I1	6	10	16	62.50%
27/09/17	3:00 p.m.	B2	O2	10	4	14	28.57%
27/09/17	3:00 p.m.	B2	I2	8	21	29	72.41%
28/09/17	3:00 p.m.	B1	O1	4	0	4	0.00%
28/09/17	3:00 p.m.	B1	I1	4	16	20	80.00%
28/09/17	3:00 p.m.	B2	O2	7	2	9	22.22%
28/09/17	3:00 p.m.	B2	I2	4	18	22	81.82%
29/09/17	3:00 p.m.	B2	I2	23	30	53	56.60%
29/09/17	3:00 p.m.	B1	O1	5	10	15	66.67%
29/09/17	3:00 p.m.	B2	O2	5	4	9	44.44%
29/09/17	3:00 p.m.	B1	I1	6	14	20	70.00%

Cuadro 350: Matriz de distancias entre puntos (jornada matutina 1)²⁶

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	100000	838	1167	1921	1289	632	575	622	901	980	876	806	498	555
2	927	100000	333	1295	652	534	700	745	1038	811	616	545	346	950
3	1194	304	100000	1271	674	795	968	1010	1297	1090	888	820	622	1228
4	1105	464	482	100000	349	795	962	1004	1291	1091	886	811	613	1221
5	1401	658	676	1052	100000	804	1168	1210	1496	1281	1081	1010	807	1519
6	632	516	778	1497	969	100000	173	217	502	589	567	499	185	749
7	1121	1143	1406	2120	1589	1092	100000	113	400	488	617	735	910	1244
8	1011	1039	1294	2004	1488	985	1162	100000	285	382	513	624	807	1141
9	993	743	1001	1713	1198	693	868	909	100000	89	221	337	513	1117
10	917	664	920	1625	1116	610	783	825	1112	100000	129	251	426	1035
11	875	620	882	1584	1072	568	738	785	1069	203	100000	205	389	996
12	804	549	811	1497	1000	498	668	706	996	406	207	100000	313	912
13	491	348	605	1298	799	186	360	401	689	580	381	313	100000	600
14	567	881	1143	1851	1334	676	622	663	956	1037	916	849	541	100000

²⁶ En las matrices se pueden observar las distancias entre los puntos de la jornada. En este caso los lugares están representados por los números en la primera fila y columna.

Cuadro 351: Matriz de distancias entre puntos (jornada matutina 2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	100000	973	901	1081	813	744	806	1208	1277	600	564	498
2	969	100000	1168	412	226	246	308	392	482	370	414	478
3	993	228	100000	103	258	274	337	427	518	415	459	513
4	894	128	1083	100000	141	170	230	341	429	296	352	410
5	804	238	996	354	100000	60	147	449	536	207	253	315
6	735	253	921	369	82	100000	82	465	551	142	188	248
7	804	319	996	433	150	82	100000	511	596	206	251	313
8	932	969	826	1085	800	734	792	100000	98	589	544	481
9	1021	1058	915	1174	889	823	881	89	100000	605	633	570
10	597	385	790	493	211	140	201	593	681	100000	75	111
11	554	434	745	543	259	194	250	636	725	65	100000	79
12	491	487	689	616	331	264	324	732	822	121	69	100000

Cuadro 352: Matriz de distancias entre puntos (jornada vespertina 1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	100000	933	575	622	901	980	876	838	1167	1921	899	1289	498	555
2	933	100000	483	526	813	896	853	827	1084	1786	875	1280	475	1043
3	1121	936	100000	113	400	488	617	1143	1406	2120	1198	1589	910	1244
4	1011	828	1162	100000	285	382	513	1039	1294	2004	1082	1488	807	1141
5	993	530	868	909	100000	89	221	743	1001	1713	794	1198	513	1117
6	917	431	783	825	1112	100000	129	664	920	1625	714	1116	426	1035
7	875	647	738	785	1069	203	100000	620	882	1584	668	1072	389	996
8	927	1035	700	745	1038	811	616	100000	333	1295	254	652	346	950
9	1194	1289	968	1010	1297	1090	888	304	100000	1271	510	674	622	1228
10	1105	1314	962	1004	1291	1091	886	464	482	100000	186	349	613	1221
11	889	1108	752	800	1082	871	675	249	509	888	100000	377	397	994
12	1401	1520	1168	1210	1496	1281	1081	658	676	1052	351	100000	807	1519
13	491	819	360	401	689	580	381	348	605	1298	395	799	100000	600
14	567	1320	622	663	956	1037	916	881	1143	1851	927	1334	541	100000

Cuadro 353: Matriz de distancias entre puntos (jornada vespertina 2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	100000	973	1119	1155	969	1081	813	744	806	1208	1277	901	600	498
2	969	100000	153	189	58	412	226	246	308	392	482	1168	370	478
3	1163	198	100000	36	257	600	421	438	499	601	692	1356	562	670
4	1127	162	129	100000	221	564	385	402	463	565	656	1320	526	634
5	908	58	210	245	100000	346	170	186	246	352	442	1104	310	423
6	894	128	556	592	349	100000	141	170	230	341	429	1083	296	410
7	804	238	376	414	169	354	100000	60	147	449	536	996	207	315
8	735	253	394	431	186	369	82	100000	82	465	551	921	142	248
9	804	319	454	491	247	433	150	82	100000	511	596	996	206	313
10	932	969	1104	1140	900	1085	800	734	792	100000	98	826	589	481
11	1021	1058	1193	1229	989	1174	889	823	881	89	100000	915	605	570
12	993	228	358	394	148	103	258	274	337	427	518	100000	415	513
13	597	385	519	555	311	493	211	140	201	593	681	790	100000	111
14	491	487	620	656	415	616	331	264	324	732	822	689	121	100000

Cuadro 354: Matriz de distancias entre puntos (jornada nocturna)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	100000	927	992	1006	1021	982	927	809	755	721	614	575	466
2	988	100000	54	67	72	133	91	155	202	233	332	358	483
3	938	52	100000	26	38	85	126	258	302	331	437	462	566
4	906	80	27	100000	27	62	103	243	280	310	415	447	546
5	921	99	39	25	100000	75	117	250	293	321	429	455	562
6	855	114	57	62	75	100000	52	187	233	255	365	390	494
7	803	68	131	146	159	52	100000	133	178	208	311	338	442
8	672	121	182	203	216	183	125	100000	55	80	186	213	317
9	624	176	237	258	271	238	180	47	100000	29	135	180	279
10	602	202	264	281	294	257	206	92	30	100000	106	152	250
11	505	314	374	391	397	369	311	185	133	109	100000	46	140
12	468	358	412	432	440	391	333	203	153	129	45	100000	105
13	445	464	520	534	546	497	438	311	260	237	145	106	100000

Cuadro 355. Matriz de distancias con análisis ABC de peso (jornada matutina 1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	100000	1921	1289	575	901	876	806	498	555
2	1105	100000	349	962	1291	886	811	613	1221
3	1401	1052	100000	1168	1496	1081	1010	807	1519
4	1121	2120	1589	100000	400	617	735	910	1244
5	993	1713	1198	868	100000	221	337	513	1117
6	875	1584	1072	738	1069	100000	205	389	996
7	804	1497	1000	668	996	207	100000	313	912
8	491	1298	799	360	689	381	313	100000	600
9	567	1851	1334	622	956	916	849	541	100000

Cuadro 356. Matriz de distancias con análisis ABC de peso (jornada matutina 2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	100000	973	901	1081	813	744	806	1208	1277	600	564	498
2	969	100000	1168	412	226	246	308	392	482	370	414	478
3	993	228	100000	103	258	274	337	427	518	415	459	513
4	894	128	1083	100000	141	170	230	341	429	296	352	410
5	804	238	996	354	100000	60	147	449	536	207	253	315
6	735	253	921	369	82	100000	82	465	551	142	188	248
7	804	319	996	433	150	82	100000	511	596	206	251	313
8	932	969	826	1085	800	734	792	100000	98	589	544	481
9	1021	1058	915	1174	889	823	881	89	100000	605	633	570
10	597	385	790	493	211	140	201	593	681	100000	75	111
11	554	434	745	543	259	194	250	636	725	65	100000	79
12	491	487	689	616	331	264	324	732	822	121	69	100000

Cuadro 357. Matriz de distancias con análisis ABC de peso (jornada vespertina 1)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	100000	933	575	901	876	1921	1289	498
2	933	100000	483	813	853	1786	1280	475
3	1121	936	100000	400	617	2120	1589	910
4	993	530	868	100000	221	1713	1198	513
5	875	647	738	1069	100000	1584	1072	389
6	1105	1314	962	1291	886	100000	349	613
7	1401	1520	1168	1496	1081	1052	100000	807
8	491	819	360	689	381	1298	799	100000

Cuadro 358. Matriz de distancias con análisis ABC de peso (jornada vespertina 2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	100000	973	1119	1155	969	1081	813	744	806	1208	1277	901	600	498
2	969	100000	153	189	58	412	226	246	308	392	482	1168	370	478
3	1163	198	100000	36	257	600	421	438	499	601	692	1356	562	670
4	1127	162	129	100000	221	564	385	402	463	565	656	1320	526	634
5	908	58	210	245	100000	346	170	186	246	352	442	1104	310	423
6	894	128	556	592	349	100000	141	170	230	341	429	1083	296	410
7	804	238	376	414	169	354	100000	60	147	449	536	996	207	315
8	735	253	394	431	186	369	82	100000	82	465	551	921	142	248
9	804	319	454	491	247	433	150	82	100000	511	596	996	206	313
10	932	969	1104	1140	900	1085	800	734	792	100000	98	826	589	481
11	1021	1058	1193	1229	989	1174	889	823	881	89	100000	915	605	570
12	993	228	358	394	148	103	258	274	337	427	518	100000	415	513
13	597	385	519	555	311	493	211	140	201	593	681	790	100000	111
14	491	487	620	656	415	616	331	264	324	732	822	689	121	100000

Cuadro 359 Matriz de distancias con análisis ABC de peso (jornada nocturna)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	100000	927	992	1006	1021	982	927	809	755	721	614	575	466
2	988	100000	54	67	72	133	91	155	202	233	332	358	483
3	938	52	100000	26	38	85	126	258	302	331	437	462	566
4	906	80	27	100000	27	62	103	243	280	310	415	447	546
5	921	99	39	25	100000	75	117	250	293	321	429	455	562
6	855	114	57	62	75	100000	52	187	233	255	365	390	494
7	803	68	131	146	159	52	100000	133	178	208	311	338	442
8	672	121	182	203	216	183	125	100000	55	80	186	213	317
9	624	176	237	258	271	238	180	47	100000	29	135	180	279
10	602	202	264	281	294	257	206	92	30	100000	106	152	250
11	505	314	374	391	397	369	311	185	133	109	100000	46	140
12	468	358	412	432	440	391	333	203	153	129	45	100000	105
13	445	464	520	534	546	497	438	311	260	237	145	106	100000

Cuadro 360. Cálculo de depreciación de vehículo empleado

Cálculo de depreciación de Chevrolet N300	
Precio del vehículo [Q]	88,900
Vida útil estimada [años]	10
Depreciación anual [Q]	8890
km anuales estimados [km]	7560
Depreciación por km [Q/km]	1.17592593

Figura 146. Acta de constitución del proyecto

ACTA DE CONSTITUCIÓN

Título del Proyecto: Manejo Integral de Desechos Sólidos y Aceites en un complejo comercial

Patrocinador del Proyecto: El complejo comercial

Gerente del Proyecto: Nery Llamas

Supervisor del Proyecto: Cristián Rossi - Universidad del Valle de Guatemala

Cliente del Proyecto: El complejo comercial (CC)

Fecha preparado: 10 marzo 2017

Propósito del Proyecto o Justificación:

- Falta de documentación de operaciones y procesos de la Planta de Manejo de Desechos Sólidos (PMDS).
- Incertidumbre de la calidad del compost generado en la PMDS
- El complejo comercial (CC) genera una gran cantidad de desechos diariamente, y actualmente está en el 20% de su tamaño previsto.
- Mala gestión de separación de desechos desde la fuente en CC.
- Viabilidad para producir biodiésel propio, debido a la gran cantidad de aceites que desechan en CC.

Descripción del Proyecto:

- Presentar propuestas a largo plazo, así como soluciones a corto plazo para los problemas que enfrenta la PMDS día a día.
- Entre las propuestas a largo plazo se encuentran:
 - Propuesta de rediseño de PMDS
 - Propuesta de mejora de procesos en PMDS o interesados
 - Propuesta de mejora de manejo de compostaje
 - Propuestas alternativas para el aprovechamiento de los desechos
 - Propuesta de formar un equipo de separación propio
 - Propuesta de implementación de planta de biodiésel
 - Entre las soluciones a corto plazo se encuentran:
 - Capacitaciones a miembros de CC en cuanto al Manejo Integral de Desechos Sólidos y aceites, y presentación de la nueva metodología de separación de desechos

Requerimientos de Alto Nivel:

- Se debe tener autorización de los interesados previo a la realización de cualquier actividad
- Cada reporte de los miembros del equipo deben entregarse a más tardar el 16 de octubre
- Esta fase del proyecto debe de entregarse en consolidado a más tardar el 29 de octubre
-

Riesgos de Alto Nivel:

- Resistencia de parte del CC a poner en marcha los planes de los miembros del equipo
- Resistencia al cambio de parte de miembros del CC, en cuanto a la separación de desechos desde la fuente.

Objetivos del Proyecto	Criterios de éxito	Persona que aprueba
Alcance		
<ul style="list-style-type: none"> Presentar propuestas con el fin de mejorar el manejo integral de desechos en el CC. 	<ul style="list-style-type: none"> Presentar aprobado por asesores las propuestas en cada una de las áreas de aplicación. 	Patrocinador del Proyecto
Tiempo		
<ul style="list-style-type: none"> Presentar preprotocolo en el final del 2do semestre del año 2016 Presentar protocolo en el final del 1er semestre del 2017 Presentar trabajo individual escrito a más tardar el 16 de Octubre del 2017 Presentar trabajo consolidado a más tardar el 29 de octubre del 2017 	<ul style="list-style-type: none"> Presentar cada entrega (a excepción del preprotocolo) con la aprobación de los asesores de cada una de las áreas en las fechas establecidas 	Patrocinador del Proyecto
Hitos		
Hitos		Fecha límite
Investigación del contexto		25/11/16
Aprobación de preprotocolo del proyecto		25/11/16
Aprobación de protocolo del proyecto		23/06/17
Propuesto de tratamiento de residuos orgánicos		16/10/17
Propuesta de planta de biodiésel		16/10/17
Auditoría de Oficina Verde		16/10/17
Capacitación y sistematización en una cafetería y restaurante, respectivamente, sobre un programa de gestión integral de residuos		16/10/17
Propuesta de mejora en proceso de recolección y separación de residuos		16/10/17
Propuesta de diseño de planta y economía y finanzas		16/10/17

Presupuesto estimado:	
N/A. Por ser un proyecto a nivel de propuesta, en el cierre del proyecto se realizará un acta de cierre con los recursos empleados en cada una de las área del proyecto y las propuestas.	
Interesados	Rol
El complejo comercial	Cliente
Gamaliel Zambrano	Director del departamento del que es dueño el proyecto
Cristián Rossi	Supervisor del proyecto
<ul style="list-style-type: none"> • Nery Llamas • María Andrea Jiménez 	Administradores del proyecto y encargados del área de Ingeniería Industrial
<ul style="list-style-type: none"> • Arleen Argeñal • Mariajosé Carlos • María Amanda Amado • Brenda Girón • Angeles Cifuentes 	Miembros del equipo encargadas del área de Ingeniería Química
<ul style="list-style-type: none"> • Jessica Morales • Lucía Mutz 	Miembros del equipo encargadas del área de Psicopedagogía
<ul style="list-style-type: none"> • Empresas tercerizadas • Comercios aledaños o cercanos a la planta del complejo comercial 	Beneficiarios del proyecto
<ul style="list-style-type: none"> • Comercios en complejo comercial • Visitantes del complejo comercial • Inquilinos del complejo comercial 	Raíz de los desechos


Nivel de Autoridad de Gerente de Proyecto:
Decisiones de contratación:
<ul style="list-style-type: none">• No será necesaria la realización de contratación de personal para llevar a cabo el proyecto.
Decisiones técnicas:
<ul style="list-style-type: none">• Asesores: cada una de las áreas disciplinarias del proyecto contará como mínimo con un asesor ad honorem por persona, según lo establecido en las bases de cada departamento en la Universidad del Valle de Guatemala.
Supuestos y restricciones:
<ul style="list-style-type: none">• Restricciones:<ul style="list-style-type: none">• El crecimiento del complejo comercial no es lineal• Supuestos:<ul style="list-style-type: none">• El complejo comercial brindará toda la información necesaria para llevar a cabo el proyecto
Aprobaciones:
Firma de Gerente del Proyecto

Nery Rodrigo Llamas

Figura 147. Identificación de interesados

IDENTIFICACIÓN DE INTERESADOS						
Título del Proyecto: Manejo Integral de Desechos Sólidos y Aceites en un complejo comercial						
Patrocinador del Proyecto: El Complejo Comercial						
Gerente del Proyecto: Nery Llamas						
Supervisor del Proyecto: Cristián Rossi - Universidad del Valle de Guatemala						
Cliente del Proyecto: El complejo comercial						
Fecha preparado: 13 marzo 2017						
ID	Nombre	Puesto	Rol	Interés	Poder	Peso
011	Ejecutivo 1 del complejo comercial	Patrocinador del proyecto	Brindar apoyo a lo largo del proyecto	6	10	60
012	Ejecutivo 2 del complejo comercial	Encargado de empresas tercerizadas en complejo comercial	Brindar apoyo con actividades que se deseen realizar en el complejo comercial	5	10	50
021	Gamaliel Zambrano	Director del proyecto	Aprobar trabajo realizado	10	10	100
022	Cristián Rossi	Supervisor del proyecto	Asesorar las operaciones del proyecto	10	10	100
031	Nery Llamas	Gerente del proyecto	Gestionar las actividades del grupo multidisciplinario y desarrollo del módulo de optimización de procesos y logística.	10	5	50
032	María Andrea Jiménez	Encargada en el área de Ingeniería Industrial, del módulo de Diseño de Planta y Finanzas	Desarrollo del módulo de Diseño de Planta y Finanzas.	10	5	50
033	Arleen Argeñal	Encargada en el área de ingeniería química, del módulo de "Proceso Aerobio del tratamiento de residuos orgánicos"	Desarrollo del módulo de Proceso Aerobio en el tratamiento de residuos orgánicos.	10	5	50
034	Mariajosé Carlos	Encargada en el área de ingeniería química, del módulo de "Proceso Anaerobio del tratamiento de residuos orgánicos"	Desarrollo del módulo de Proceso Anaerobio en el tratamiento de residuos orgánicos.	10	5	50

ID	Nombre	Puesto	Rol	Interés	Poder	Peso
035	Angeles Cifuentes	Encargada en el área de ingeniería química, del módulo de Biodiésel	Desarrollo del módulo de "Evaluación técnica y económica de una planta de biodiésel".	10	5	50
036	Brenda Girón	Encargada en el área de ingeniería química, del módulo de Biodiésel	Desarrollo del módulo de "Evaluación técnica y económica de una planta de biodiésel".	10	5	50
037	Amanda Amado	Encargada en el área de ingeniería química, del módulo de Biodiésel	Desarrollo del módulo de "Evaluación técnica de instalación de un generador".	10	5	50
038	María Rodríguez	Encargada en el área de ingeniería química, del módulo de Oficina Verde	Desarrollo del módulo de "Evaluación técnica para el tratamiento de agua residual de biodiésel".	10	5	50
039	Lucía Mutz	Encargada en el área de psicopedagogía, el módulo de...	Desarrollo del módulo	10	5	50
0310	Jessica Morales	Encargada en el área de psicopedagogía, el módulo de educación y manejo integral de residuos.	Desarrollo del módulo de Educación y manejo integral de residuos.	10	5	50
041	Inquilinos complejo comercial	Inquilino complejo comercial	Proveer de residuos a la PMDS	1	10	10
042	Empresas tercerizada de recolección	Recolector de residuos en complejo comercial	Recolectar en todo el CC los residuos y llevarlos a la PMDS	5	10	50
043	Empresa tercerizada de separación	Clasificador de residuos en PMDS	Brindar servicio de reciclaje de residuos y producción de compost en PMDS	5	10	50
044	Otras empresas tercerizadas	Fuerza de seguridad, jardinería, entre otros	Velar por la seguridad y buena apariencia del complejo comercial	1	5	5

Simbología de los IDs	
010	Miembro del complejo comercial
020	Supervisores UVG
030	Equipo de trabajo
040	Terceros al complejo comercial

Figura 148. Plan de gestión del alcance

PLAN DE GESTIÓN DEL ALCANCE	
<p>Título del Proyecto: Manejo Integral de Desechos Sólidos y Aceites en Complejo Comercial Patrocinador del Proyecto: El Complejo Comercial Gerente del Proyecto: Nery Llamas Supervisor del Proyecto: Cristián Rossi - Universidad del Valle de Guatemala Cliente del Proyecto: El Complejo Comercial Fecha preparado: 13 marzo 2017</p>	
A. Definición del alcance	
<p>a. En concreto, hacer rentable la PMDS y apoyar con el lanzamiento de división ecológica del complejo comercial.</p> <p>b. En general, pedir apoyo a los estudiantes de la Universidad del Valle para evaluación y viabilidades en el marco social-educativo, químico e industrial con respecto a la PMDS y la división ecológica del complejo comercial.</p> <p>c. Preferible trabajar con objetivos a corto plazo.</p>	
B. Recopilación de requisitos	
<p>a. Generales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preferiblemente que las reuniones sean de lunes a jueves, ya que fines de semana el flujo de gente es mayor. • Los miembros de MP PMDS deben estar siempre identificados con sus carnés al visitar la planta. • Se debe tener discreción en el CC para no llamar la atención de los visitantes. • Los miembros de MP PMDS deben llevar el equipo de seguridad adecuado siempre que se visite la planta (casco, lentes, bata, cofia y botas punto de acero). • La PMDS tiene presupuesto al mes pero es confidencial, por lo que se basa en propuestas planteadas por el equipo de trabajo. • El CC debe capacitar a sus empleados y empresas subcontratadas antes de lanzar alguna campaña al público. 	

b. Sobre el presupuesto

- El presupuesto para el proyecto es variable y dependiente de lo que el CC considere conveniente invertir. Por esta razón el presupuesto está ligado a las propuestas que se vayan desarrollando con el tiempo o al final del proyecto.

c. Outsourcing

- Empresa tercerizada de recolección de desechos:
- La empresa tercerizada de recolección de desechos tiene una ruta definida y pasa de 1 a 3 veces al día, dependiendo del lugar.
- Se debe solicitar autorización para realizar cualquier actividad que involucre a la empresa.
- Empresa tercerizada de clasificación de desechos:
- La empresa de separación de desechos trabaja de 8:00 am a 4:00 pm.
- La empresa presenta reportes de lo recolectado de forma mensual.
- Se debe solicitar autorización para realizar cualquier actividad que involucre a la empresa.

C. Creación de EDT (Estructura de Desglose de Trabajo) – Por área relacionada en el proyecto**D. Enunciado oficial del proyecto:**

Hace un año el complejo comercial puso en marcha una planta de manejo de desechos sólidos y el desarrollo de una división ecológica con poco éxito.

Por esta razón, a través de este proyecto en conjunto con un grupo multidisciplinario de la Universidad del Valle se busca obtener propuestas para mejorar el desempeño actual de la planta, de la división ecológica y cualquier otra viabilidad dentro del marco ambiental del impacto que genera el complejo comercial.

Cuadro 361. Diccionario EDT

DICCIONARIO DE LA EDT							
ID	Nombre	Descripción	Salidas	Riesgos	Hitos	Métricas de calidad	Responsable
1	MEGAPROYECTO PMDS	Proyecto de graduación de un grupo multidisciplinario relacionado con el manejo integral de desechos en un complejo comercial	1.1 Ingeniería Química 1.2 Psicopedagogía 1.3 Ingeniería Industrial	NA	NA	NA	Arleen Argueñal, María José Carlos, Ángeles Cifuentes, Brenda Girón, Amanda Amado, María Rodríguez, María Andrea Jiménez, Nery Rodrigo Llamas
1.1	INGENIERÍA QUÍMICA	Área del proyecto que desarrolla el tema de tratamiento de residuos orgánicos, biodiesel y oficina verde en el complejo comercial.	1.1.1 Tratamiento Residuos Orgánicos 1.1.2 Biodiesel 1.1.3 Oficina Verde	NA	NA	NA	Arleen Argueñal, María José Carlos, Ángeles Cifuentes, Brenda Girón, Amanda Amado, María Rodríguez
1.1.1	TRATAMIENTO RESIDUOS ORGÁNICOS	Módulo de Ing. Química que desarrolla el proceso aerobio y anaerobio en el tratamiento de los residuos orgánicos del complejo comercial	1.1.1 Proceso Aerobio 1.1.2 Proceso Anaerobio	NA	NA	NA	Arleen Argueñal, María José Carlos
1.1.1.1	PROCESO AEROBIO	Paquete de trabajo designado a la evaluación de un proceso de compostaje a nivel laboratorio utilizando material orgánico de la PMDS ubicada en el complejo comercial.	1.1.1.1 Caracterización y evaluación de lotes producidos 1.1.1.2 Evaluación del proceso de compostaje a nivel laboratorio 1.1.1.3 Diagrama de flujo preliminar del proceso de compostaje	> La materia prima de cada lote tiene distintas proporciones de materiales lo que ocasiona una varianza en las características de la materia prima. > El método de medición de las propiedades a nivel laboratorio no es el óptimo.	a. Caracterización de lotes	a. Evaluación de propiedades de compostaje a nivel laboratorio por 1 mes mínimo	Arleen Argeñal
1.1.1.2	PROCESO ANAEROBIO	Evaluar el proceso anaerobio para tratamiento de los residuos orgánicos para determinar potencial de generación de biogás de la materia prima en un proceso anaerobio	1.1.1.2.1 Evaluación de materia prima 1.1.1.2.2 Evaluación del proceso a nivel laboratorio 1.1.1.2.3 Factibilidad de los productos en un proceso anaerobio	> Variaciones en la temperatura durante el desarrollo del experimento > Mantener condiciones adecuadas para desarrollo de microorganismos > Funcionamiento adecuado de trampa de gas	a. Recolección materia prima y preparación de mezcla b. Construcción de digestores c. Desarrollo de experimento d. Análisis de condiciones y material	Porcentaje de remoción de DQO y Sólidos Volátiles	María José Carlos
1.1.2	BIODIESEL	Módulo de Ing. Química que desarrolla la evaluación técnica de una planta de biodiesel, de un generador que funcione con la misma y el tratamiento de aguas residuales.	1.1.2.1 Evaluación técnica y económica de una planta de biodiesel 1.1.2.2 Evaluación técnica de instalación de generador 1.1.2.3 Evaluación técnica y económica del tratamiento de agua residual de biodiesel	NA	NA	NA	Ángeles Cifuentes, Brenda Girón, Amanda Amado
1.1.2.1	Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiesel.	Paquete de trabajo designado a la selección de una planta de producción de biodiesel, analizando aspectos técnicos y económicos.	1.1.2.1.1 Caracterización aceite 1.1.2.1.2 Caracterización biodiésel 1.1.2.1.3 Selección Planta Biodiesel por aspectos técnicos 1.1.2.1.4 Costo Operativo Planta Biodiésel 1.1.2.1.5 Rentabilidad económica de la producción de biodiésel	> Disminución en la cantidad de aceite de cocina usado, recolectado dentro del complejo comercial. > Resistencia de los restaurantes/cafeeterías a recolectar y donar el aceite usado. > Resistencia del personal dentro del complejo comercial, para brindar información.	a. Trabajar con un aceite que cumpla con todas las especificaciones de normas de calidad, para poder utilizarla como materia prima. b. Obtener un biodiésel apto para operar un equipo, según normas ASTM y ADAC. c. Seleccionar una planta que se ajuste a las necesidades del complejo comercial.	a. >= 80% de porcentaje de conversión de aceite de cocina usado.	Ángeles Cifuentes
1.1.2.1.1	Caracterización aceite	Paquete de trabajo designado a la evaluación de las características del aceite, obtenido en el complejo comercial.	1.1.2.1.1.1 Análisis de densidad. 1.1.2.1.1.2 Análisis de viscosidad. 1.1.2.1.1.3 Análisis de Agua y sedimentación. 1.1.2.1.1.4 Análisis de pH. 1.1.2.1.1.5 Análisis de humedad y materiales volátiles. 1.1.2.1.1.6 Análisis de número ácido.	> Obtener un aceite muy sucio y oscuro. > Variación de los resultados de los diferentes análisis, al evaluar diferentes lotes.	a. Líquido newtoniano claro. b. Fluido libre de agua y sólidos suspendidos. c. Líquido con pH ácido.	a. = 0% de trazas de agua y sólidos suspendidos.	Ángeles Cifuentes

DICCIONARIO DE LA EDT

ID	Nombre	Descripción	Salidas	Riesgos	Hitos	Métricas de calidad	Responsable
1.1.2.1.2	Caracterización biodiésel	Paquete de trabajo designado a la evaluación de las características del biodiésel, al trabajar con las condiciones de operación de la planta propuesta.	1.1.2.1.2.1 Análisis de densidad. 1.1.2.1.2.2 Análisis de viscosidad. 1.1.2.1.2.3 Análisis de Agua y sedimentación. 1.1.2.1.2.4 Análisis de pH. 1.1.2.1.2.5 Análisis 3/27. 1.1.2.1.2.6 Análisis de número ácido.	> Obtener trazas de agua en el producto terminado. > Variación de los resultados de los diferentes análisis, al evaluar diferentes lotes.	a. Líquido libre de aceite y materia prima no reaccionada. b. Fluido libre de agua y sólidos suspendidos. c. Líquido poco viscoso.	a. = 0% de trazas de agua y sólidos suspendidos.	Angeles Cifuentes
1.1.2.1.3	Selección Planta Biodiesel por aspectos técnicos	Paquete de trabajo designado al análisis de los aspectos técnicos de diversas plantas de producción de biodiésel; para la selección de la que se ajusta a las necesidades del complejo comercial.	1.1.2.1.3.1 Tamaño óptimo de la planta. 1.1.2.1.3.2 Suministros e insumos para la producción. 1.1.2.1.3.3 Matriz de selección.	> Disminución en la cantidad de aceite de cocina usado, recolectado dentro del complejo comercial. > Resistencia de los restaurantes/cafeeterías a recolectar y donar el aceite usado. > Resistencia del personal dentro del complejo comercial, para brindar información.	a. Seleccionar una planta con capacidad de escalamiento. b. Automatización. c. Tiempo de producción bajo. d. Proceso por lotes.	NA	Angeles Cifuentes
1.1.2.1.4	Costo Operativo Planta Biodiesel	Paquete de trabajo designado a la determinación del costo de producción de un lote de biodiésel, al trabajar con las plantas de mayor interés a nivel técnico.	1.1.2.1.4.1 Materia prima 1.1.2.1.4.2 Energía eléctrica 1.1.2.1.4.3 Consumo de agua 1.1.2.1.4.4 Mantenimiento 1.1.2.1.4.5 Mano de obra directa 1.1.2.1.4.6 Otros costos	> Variación en los precios de energía eléctrica y agua dentro del complejo comercial. > Variación en el salario de la mano de obra directa. > Variación en los costos de equipo de seguridad personal. > Variación de cantidad de lotes anuales.	a. Comparación costo por lote de producción de las dos plantas de interés.	NA	Angeles Cifuentes
1.1.2.1.5	Rentabilidad económica de la producción de biodiésel	Paquete de trabajo designado a la determinación de los flujos de efectivo anuales, dependiendo de las horas de carga del generador eléctrico, al trabajar con las plantas de mayor interés a nivel técnico. Con la finalidad de determinar la rentabilidad económica de las mismas.	1.1.2.1.5.1 Materia prima 1.1.2.1.5.2 Energía eléctrica 1.1.2.1.5.3 Consumo de agua 1.1.2.1.5.4 Mantenimiento 1.1.2.1.5.5 Mano de obra directa 1.1.2.1.5.6 Otros costos 1.1.2.1.5.7 Ingresos	> Variación en los precios de energía eléctrica y agua dentro del complejo comercial. > Variación en el salario de la mano de obra directa. > Variación en los costos de equipo de seguridad personal. > Variación de cantidad de lotes anuales.	a. TIR > TMAR b. VAN >= 0	NA	Angeles Cifuentes
1.1.2.2	Evaluación y propuesta de la instalación de un generador eléctrico operado con biodiesel para carga de vehículos eléctricos	Paquete de trabajo designado a las actividades para realizar propuestas para la instalación de un generador eléctrico que aproveche el biodiésel.	1.1.2.2.1 Identificación de equipos 1.1.2.2.2 Obtención de información de los equipos de carga 1.1.2.2.3 Determinación de la ubicación de la planta 1.1.2.2.4 Evaluación de posibles generadores eléctricos y cálculo de la potencia del generador 1.1.2.2.5 Comparación económica entre la conexión de los vehículos a las conexiones eléctricas vs. Uso de generador eléctrico que opere con biodiésel	> Crecimiento de la población de automóviles	> Determinación de potencia real > Comparación de resultados básicos de la caracterización del biodiesel	NA	Brenda Girón
1.1.2.3	Evaluación técnica y económica del tratamiento de agua residual de biodiesel	Paquete de trabajo designado a las actividades para obtener una propuesta para el tratamiento de agua residual de biodiesel	1.1.2.3.1 Análisis de lavado de biodiesel actual 1.1.2.3.2 Selección de método para tratamiento de agua 1.1.2.3.3 Propuesta en base a resultados	> Falta de equipos para la determinación de los parámetros de la caracterización	> Generación de Biodiesel > Caracterización de agua residual > Propuesta final	Que el resultado de la propuesta en base a resultados cumpla con lo establecido en el acuerdo gubernativo 236-2006 con respecto a la calidad del agua.	Amanda Amado

DICCIONARIO DE LA EDT							
ID	Nombre	Descripción	Salidas	Riesgos	Hitos	Métricas de calidad	Responsable
1.1.3	OFICINA VERDE	Programa orientado a la implementación de prácticas sostenibles en actividades diarias en áreas administrativas, basadas en indicadores de desempeño de consumo de energía eléctrica, agua y generación de residuos, que busca reducir el impacto negativo provocado por las actividades laborales de los trabajadores.	1.1.3.1 Análisis situación actual 1.1.3.2 Elaboración diagnóstico 1.1.3.3 Implementación de opciones de mejora	a. Actitud del personal para implementar nuevas practicas o cambiar habitos actuales. b. Viabilidad economica, técnica y organizacional de la implementación de las opciones de mejora. c. Cambios en la estructura organizacional de la institución. d. Cambio del área donde se realizó la evaluación.	a. Realización de visitar para analisis interno y auditoria. b. Revisión de documentación existente sobre consumos de energía eléctrica, agua e insumos de oficinas. c. Visitas para realizar mediciones de seguridad y salud ocupacional (iluminación, niveles de presión sonora y estres térmico). d. Obtención de indicadores de desempeño. e. Identificación de oportunidades de mejora.	NA	María Rodríguez
1.1.3.1	Análisis situación actual	Planificación de visitas y recorridos por las instalaciones administrativas del área administrativa del complejo comercial, para obtener información sobre la situación actual, es decir prácticas sostenibles que tengan actualmente implementadas. Además se pretende obtener información sobre el consumo de energía eléctrica, agua e insumos de oficina.	1.1.3.1.1 Análisis interno 1.1.3.1.2 Auditoría	a. No tener acceso a la documentación sobre consumos en oficinas. b. No contar con los equipos adecuados para las mediciones de seguridad y salud ocupacional. c. Rechazo del personal a colaborar al momento de realizar las mediciones.	a. Factura de energía eléctrica para verificar consumo del área. b. Lecturas de los contadores para verificar consumo de agua. c. Análisis de las boletas de registro de insumos a bodega. d. Realizar mediciones con equipos adecuados (niveles de iluminación, niveles de presión sonora y estrés térmico).	NA	María Rodríguez
1.1.3.1.1	Análisis Interno	Consiste en la evaluación de historicos correspondientes a consumos de energía electrica, agua y consumo de insumos, además de la documentación correspondiente a cumplimiento de leyes y normas ambientales del país.	1.1.3.1.1.1 Balance de energía eléctrica en base a facturas de energía eléctrica 1.1.3.1.1.2 Balance de agua en base a lecturas de contadores 1.1.3.1.1.3 Balance de insumos de oficina de mayor consumo	a. Que la organización no proporcione la información. B. La organización no cuente con datos historicos de consumos de sus recursos. C. Incumplimiento o falta de estudios de impacto ambiental.	a. Reunión para revisión de cumplimiento de requisitos legales del programa. B. Revisión de facturas de consumo de energía eléctrica de un año. C. Revisión de datos historicos de lecturas de contadores de agua sobre el consumo de este recursos. D. Revisión de boletas de solicitud de insumo a bodega.	NA	María Rodríguez
1.1.3.1.2	Auditoría	Consiste en planificar tres visitas a las instalaciones administrativas del complejo comercial para levantar inventario de equipos que consumen energía eléctrica, realizar aforos para generar documento que incluya los resultados de la evaluación interna y auditoría realizada en las instalaciones administrativas de complejo comercial. Además este	1.1.3.1.2.1 Balance energético en base a inventario de equipo 1.1.3.1.2.2 Balance de agua en base a aforos 1.1.3.1.2.3 Evaluación de mediciones	a. Durante la auditora cambien equipo que ocnusme energia electrica. B. Durante auditoria cambien equipo que consume agua. C. Durante auditoria readecuen	a. Recorrido en instalaciones administrativas para levantar inventario de equipo electrico. B. Aforos en baños, pilas y lavatrastos. C. Prestamo de equipos. D. recorrido	NA	María Rodríguez
1.1.3.2	Elaboración diagnóstico	Generar documento que incluya los resultados de la evaluación interna y auditoría realizada en las instalaciones administrativas de complejo comercial. Además este	1.1.3.2.1 Análisis de datos 1.1.3.2.2 Generación KPIs 1.1.3.2.3 Plan de acción 1.1.3.2.4 Identificación de aspectos e impactos ambientales	a. Poca documentación sobre consumos de energía eléctrica, agua e insumos de oficina. b. Cambio del área de trabajo durante la elaboración del	a. Balance de consumo de energía eléctrica mensual y por áreas. b. Blance del consumo de agua potable y purificada. c. Identificación de los insumo de de	NA	María Rodríguez
1.1.3.3	Implementación de opciones de mejora	En base a la evaluación realizada durante la auditoría y a laas actividades críticas identificadas en la elaboración del diagnóstico, se identificarann varias onnitiunidades de	1.1.3.3.1 Capacitaciones 1.1.3.3.2 Programa de oficina verde	a. Disposición del personal a formar un comité de oficina verde que se encargue de monitorerar el programa. b. Disponibilidad de tiempo por parte	a. Definir responsables del programa. b. Definir alcance del programa. c. Establecer política ambiental comprometida o verificar la actual. d. Identificar los aspectos e impactos	NA	María Rodríguez
1.2	PSICOPEDAGOGÍA	Área del proyecto encargada del módulo de educación en el complejo comercial.	1.2.1 Educación en manejo integral de residuos 1.2.2 Implementación de resultados de estudio	NA	NA	NA	Jessica Morales, Martha Lucía Mutz

DICCIONARIO DE LA EDT							
ID	Nombre	Descripción	Salidas	Riesgos	Hitos	Métricas de calidad	Responsable
1.2.1	Sistematización en una guía, de los pasos establecidos para la enseñanza-aprendizaje del manejo integral de los residuos dentro de un restaurante de comida rápida	Propuesta Psicopedagógica para la enseñanza del Manejo integral de los residuos, por medio de una guía que describe la sistematización de un proceso ya existente.	1.2.1.1 Estudio de Casos 1.2.1.2 Diagnóstico de necesidades de capacitación 1.2.1.3 Sistematización de los pasos en una guía	NA	NA	NA	Jessica Morales
1.2.1.1	Estudio de Casos	Para el proceso de investigación se utilizará un estudio de casos el cual se enfoca en el estudio del proceso de inducción para el personal de nuevo ingreso, respecto al manejo	1.2.1.1.1 Observaciones periódicas 1.2.1.1.2 Entrevista con Gerente 1.2.1.1.3 Encuestas a colaboradores	1. Disponibilidad de tiempo para entrevista 2. Autorización de visitas	1. Observaciones periódicas 2. Entrevista con Gerente 3. Encuestas a colaboradores	formato de Entrevistas, diarios de campo y encuestas aprobadas por asesor.	Jessica Morales
1.2.1.2	Diagnóstico de necesidades de capacitación	Para conocer Las necesidades de capacitación respecto al manejo integral de residuos se realizó un diagnóstico.	1.2.1.2.1 Entrevista con colaboradores 1.2.1.2.2 Entrevista con gerente	Disponibilidad de horarios para realizar entrevistas y encuestas.	NA	Levar un registro de todo lo dicho, si es posible que sea grabado en audio.	Jessica Morales
1.2.1.3	Sistematización de los pasos en una guía	Se investigan las prácticas que ya realizan y estas son escritas en una guía para futuras orientaciones y se proponen nuevas líneas de acción.	1.2.1.3.1 Entrevistas con gerente 1.2.1.3.2 Capacitación para reforzar los temas de manejo integral. 1.2.1.3.3 Redacción de la guía con pasos sistematizados.	Accesibilidad y autorización para realizar las capacitaciones	Entrevistas con gerente.	Propuesta de capacitación y sistematización validadas por expertos y por trabajo de campo	Jessica Morales
1.2.2.2	Taller de capacitación para la enseñanza a colaboradores de una cafetería en un complejo comercial acerca del manejo de los residuos	Desarrollo de investigación- acción para enseñanza de manejo de residuos.	1.2.2.2.1 Establecer tipo de investigación: Investigación-acción 1.2.2.2.2 Elegir grupo foco para la implementación de proyecto 1.2.2.2.3 Investigación bibliográfica	> Resistencia al taller de capacitación y poca asistencia de colaboradores.	> Identificación de oportunidades de aprendizaje > Diseño de propuesta en base a necesidades > Ejecución de propuesta	NA	Lucía Mutz
1.3	INGENIERÍA INDUSTRIAL	Módulo de las áreas de ingeniería industrial a desarrollar en el proyecto que consiste en la optimización de proceso, diseño de planta, economía y finanzas y gestión de proyecto	1.3.1 Gestión de Proyectos 1.3.2 Optimización de procesos y logística 1.3.3 Diseño de planta 1.3.4 Economía y Finanzas	NA	NA	NA	Nery Llamas, María Andrea Jiménez
1.3.1	GESTIÓN DE PROYECTOS	Módulo del área de ingeniería industrial para desarrollar y organizar el proyecto.	1.3.1.1 Inicio de proyecto 1.3.1.2 Planeación de proyecto 1.3.1.3 Ejecución de proyecto 1.3.1.4 Seguimiento y control de	NA	NA	NA	Nery Llamas
1.3.1.1	INICIO	Grupo de proceso en el que se establece las bases del proyecto.	1.3.1.1.1 Acta de constitución 1.3.1.1.2 Identificación de los interesados	> Variación en lo definido en el acta de constitución	> Acta de constitución del proyecto	NA	Nery Llamas
1.3.1.2	PLANEACIÓN	Grupo de proceso en el que se definen la planificación por cada una de las área de conocimiento a desarrollar en el proyecto.	1.3.1.2.1 Gestión de alcance del proyecto 1.3.1.2.2 Gestión del tiempo del proyecto 1.3.1.2.3 Gestión de los costos del	> Variación en lo planificado por las necesidades inminentes de la empresa relacionadas directamente con el proyecto. > Cambios en metodología por	> Estructura de desglose de trabajo (con diccionario) > Cronograma del proyecto > Costos del proyecto	NA	Nery Llamas
1.3.1.3	EJECUCIÓN	Grupo de proceso en el que se establece la ejecución de lo planeado en el proyecto.	1.3.1.3.1 EDT inicial vs EDT final 1.3.1.3.2 Análisis de riesgos presentados	NA	NA	NA	Nery Llamas
1.3.1.4	SEGUIMIENTO Y CONTROL	Grupo de proceso en el que se verifican los criterios de aceptación de lo planeado y ejecutado.	1.3.1.4.1 Seguimiento del proyecto a través de minutas semanales	NA	NA	NA	Nery Llamas
1.3.1.5	CIERRE	Grupo de proceso en el que se cierra lo realizado en la fase I del proyecto.	1.3.1.5.1 Documento de cierre 1.3.1.5.2 Lecciones aprendidas	NA	NA	NA	Nery Llamas
1.3.2	OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS Y LOGÍSTICA	Módulo del área de ingeniería industrial para estudio de procesos y realización de propuestas de mejora.	1.3.2.1 Documentación de procesos y situación actual 1.3.2.2 Prueba Piloto y Prueba de Cultura 1.3.2.3 Propuestas procesos actuales	NA	NA	NA	Nery Llamas

DICCIONARIO DE LA EDT

ID	Nombre	Descripción	Salidas	Riesgos	Hitos	Métricas de calidad	Responsable
1.3.2.1	DOCUMENTACIÓN DE PROCESOS Y SITUACIÓN ACTUAL	Paquete de trabajo designado a la documentación de los procesos actuales tanto de operación como de logística, así como de la situación actual de la PMDS.	1.3.2.1.1 Documentación proceso de recolección 1.3.2.1.2 Documentación proceso de separación 1.3.2.1.3 Diagnóstico de necesidades	> Variación en el proceso realizado por las empresas tercerizadas. > Resistencia de los comercios/residencias en el complejo comercial para brindar	a. DOP proceso de separación b. DOP proceso de recolección c. Respuesta de todo el complejo comercial a encuesta de necesidades	a. >= 80% de respuesta en encuesta.	Nery Llamas
1.3.2.2	PRUEBA PILOTO Y PRUEBA DE CULTURA	Prueba piloto para mejorar el proceso de recolección de los desechos desde la raíz para mejorar el proceso de separación.	1.3.2.2.1 Diseño experimental Prueba Piloto 1.3.2.2.2 Capacitaciones y Diseño de herramienta para obtención de	> Resistencia de parte de inquilinos para adoptar una metodología de clasificación de desechos > Que la prueba no sea lo	> Colocación de metodología de separación en interesados en la prueba > Último registro de muestra de	NA	Nery Llamas
1.3.2.3	PROPUESTAS PROCESOS ACTUALES	Paquete de trabajo designado a las actividades para realizar propuestas para la mejora de procesos en la PMDS.	1.3.2.3.1 Propuesta de mejora del proceso de recolección 1.3.2.3.2 Propuesta de mejora del proceso de separación 1.3.2.3.3 Propuesta para	NA	> Propuesta proceso de recolección > Propuesta procesos de separación > Propuesta implementación de basureros > Propuesta plan de necesidades	> Rechazo de hipótesis nula en prueba piloto para realizar propuesta en proceso de separación	Nery Llamas
1.3.3.	DISEÑO DE PLANTA	Módulo del área de ingeniería industrial para el análisis del diseño de la planta actual, y la elaboración de una propuesta de rediseño de la misma.	1.3.3.1 Análisis de diseño en situación actual 1.3.3.2 Análisis de diseño de situación propuesta	NA	> Plano con rediseño propuesto de planta	NA	María Andrea Jiménez
1.3.3.1	ANÁLISIS DE DISEÑO DE SITUACIÓN ACTUAL	Grupo de proceso en el que se analiza la planta que está en funcionamiento actualmente.	1.3.3.1.1. Documentación de diseño de planta actual 1.3.3.1.2. Análisis de seguridad industrial en diseño de planta actual	> Variación constante en áreas de trabajo > Resistencia a seguir medidas de seguridad industrial de los operarios	NA	NA	María Andrea Jiménez
1.3.3.1.1	DOCUMENTACIÓN DE DISEÑO DE PLANTA ACTUAL	Grupo de tareas en el que se documenta y analiza el diseño de planta actual.	1.3.3.1.1.1. Adquisición de plano teórico 1.3.3.1.1.2. Documentación de plano con dimensiones experimentales 1.3.3.1.1.3. Realización de plano con	NA	> Diseño experimental evaluado	NA	María Andrea Jiménez
1.3.3.1.2	ANÁLISIS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN DISEÑO DE PLANTA ACTUAL	Grupo de tareas en el que se realiza un análisis de riesgos en la planta actual.	1.3.3.1.2.1. Análisis de riesgos 1.3.3.1.2.2. Análisis del diseño del ambiente de trabajo	NA	> Seguridad Industrial evaluada	NA	María Andrea Jiménez
1.3.3.2	ANÁLISIS DE DISEÑO DE SITUACIÓN PROPUESTA	Grupo de proceso en el que se realiza una propuesta sobre el rediseño de la planta instalada en el complejo comercial.	1.3.3.2.1. Definición de espacio físico para áreas de trabajo de maquinaria propuesta 1.3.3.2.2. Documentación de diseño de planta propuesta	NA	> Plano experimental con flujo propuesto	NA	María Andrea Jiménez
1.3.3.2.1	DEFINICIÓN DE ESPACIO FÍSICO PARA MAQUINARIA PROPUESTA	Grupo de tareas en el que se define el espacio físico para la maquinaria propuesta	1.3.3.2.1.1. Establecer requerimientos de espacio físico y carga sobre piso de maquinaria propuesta 1.3.3.2.1.2. Definir localización de maquinaria propuesta	NA	NA	NA	María Andrea Jiménez
1.3.3.2.2	DOCUMENTACIÓN DE REDISEÑO DE PLANTA PRPUESTA	Grupo de tareas en el que se define el plano de rediseño, instalada en el complejo comercial.	1.3.3.2.2.1. Modificar plano experimental 1.3.3.2.2.2. Realización de plano con área de trabajo para trituradora	NA	NA	NA	María Andrea Jiménez
1.3.4	ECONOMÍA Y FINANZAS	Módulo del área de ingeniería industrial para el análisis del costo financiero que representa la planta actualmente, y la elaboración de propuesta del costo financiero de	1.3.4.1 Análisis financiero de situación actual 1.3.4.2 Análisis financiero de situación propuesta	> Poca apertura a información financiera del complejo comercial	> TIR de situaciones A, B, C definidas	NA	María Andrea Jiménez
1.3.4.1	ANÁLISIS FINANCIERO DE SITUACIÓN ACTUAL	Grupo de proceso en el que se analiza el costo financiero de las situaciones A y B, del módulo financiero.	1.3.4.1.1. Recopilación de datos financieros 1.3.4.1.2. Elaboración de estados financieros para evaluar situación A	NA	NA	NA	NA
1.3.4.1.1	RECOPIACIÓN DE DATOS FINANCIEROS	Grupo de tareas en el que se identifica y recopila los costos, gastos, y activos, involucrados en las situaciones A y B.	1.3.4.1.1.1. Documentación de datos financieros situación A. 1.3.4.1.1.2. Documentación de datos financieros situación B.	NA	NA	NA	María Andrea Jiménez
1.3.4.1.2	ELABORACIÓN DE ESTADOS FINANCIEROS PARA EVALUAR SITUACIÓN A	Grupo de tareas en el que se evalúa la situación A	1.3.4.1.2.1. Realización de estados financieros situación A 1.3.4.1.2.2. Realización de estados financieros situación B 1.3.4.1.2.3. Realización de estados	NA	> Definida mejor situación actual	NA	María Andrea Jiménez

Figura 149: Plan de gestión del tiempo

PLAN DE GESTIÓN DEL TIEMPO

Título del Proyecto: Manejo Integral de Desechos Sólidos y Aceites en Complejo Comercial

Patrocinador del Proyecto: El Complejo Comercial

Gerente del Proyecto: Nery Llamas

Supervisor del Proyecto: Cristián Rossi - Universidad del Valle de Guatemala

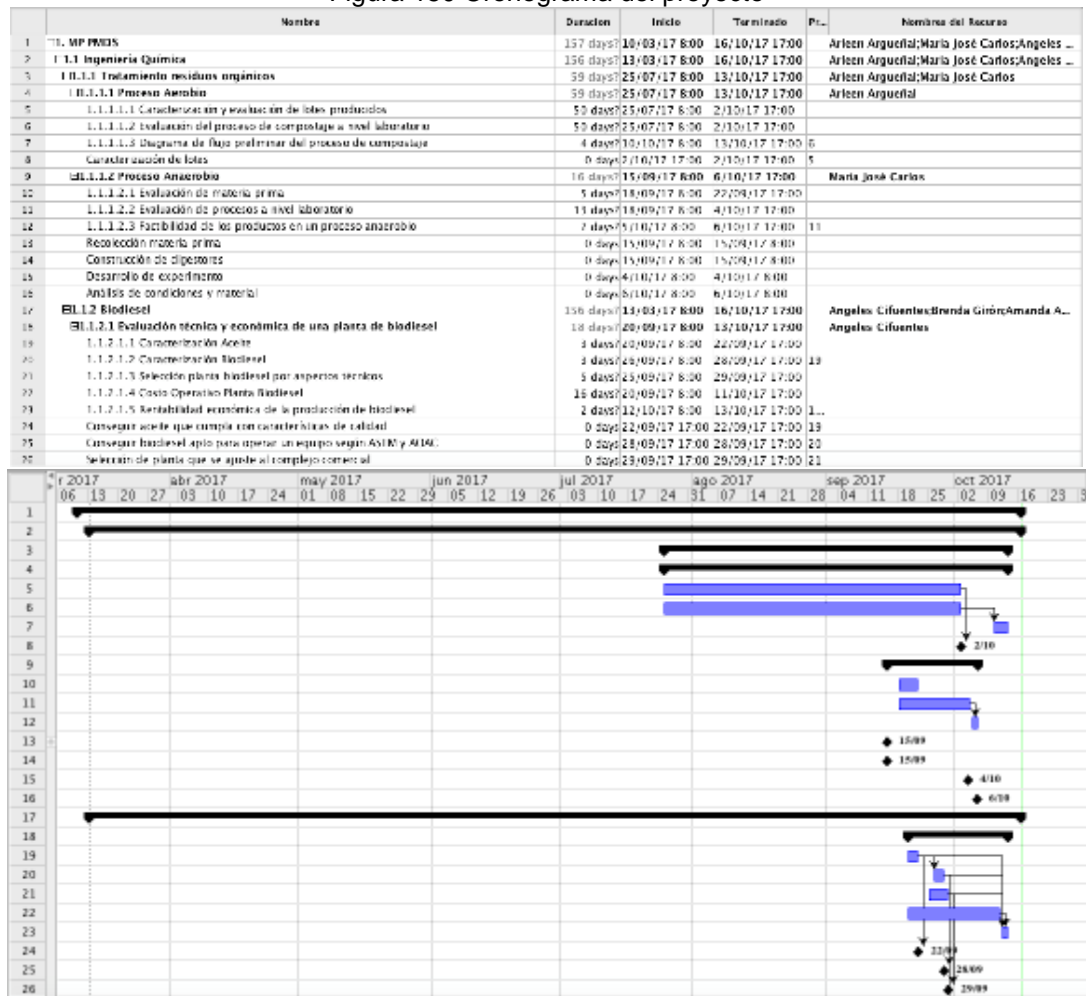
Cliente del Proyecto: El Complejo Comercial

Fecha actualización: 9 de octubre del 2017

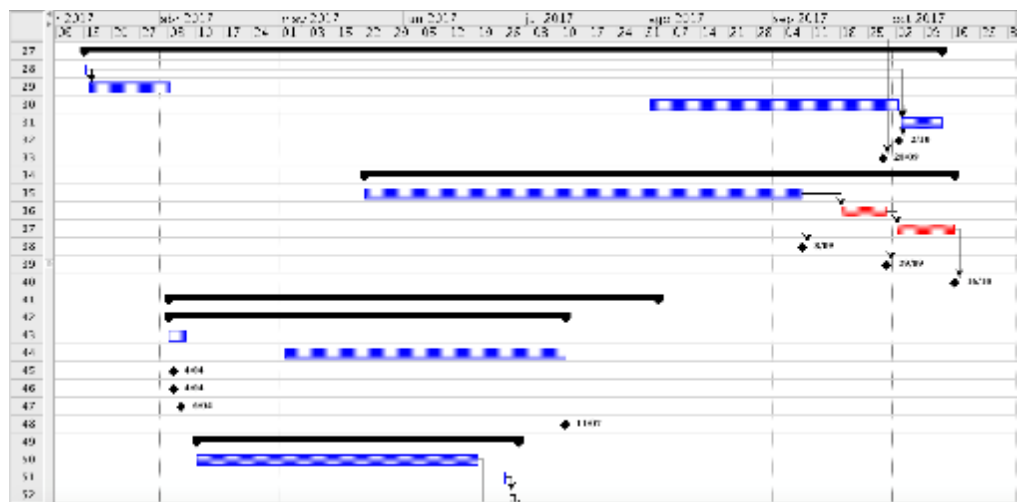
A. Definición del tiempo del proyecto

Una vez definida la gestión del alcance inicial (con todo y sus cambios a lo largo del proyecto) se gestionó el cronograma del proyecto. A Continuación se presenta el diagrama de Gantt empleado en el proyecto.

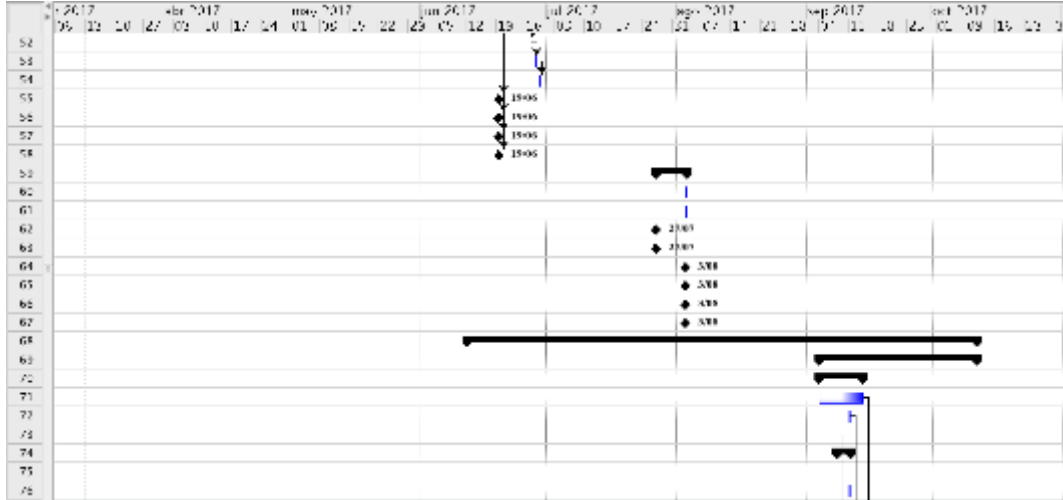
Figura 150 Cronograma del proyecto



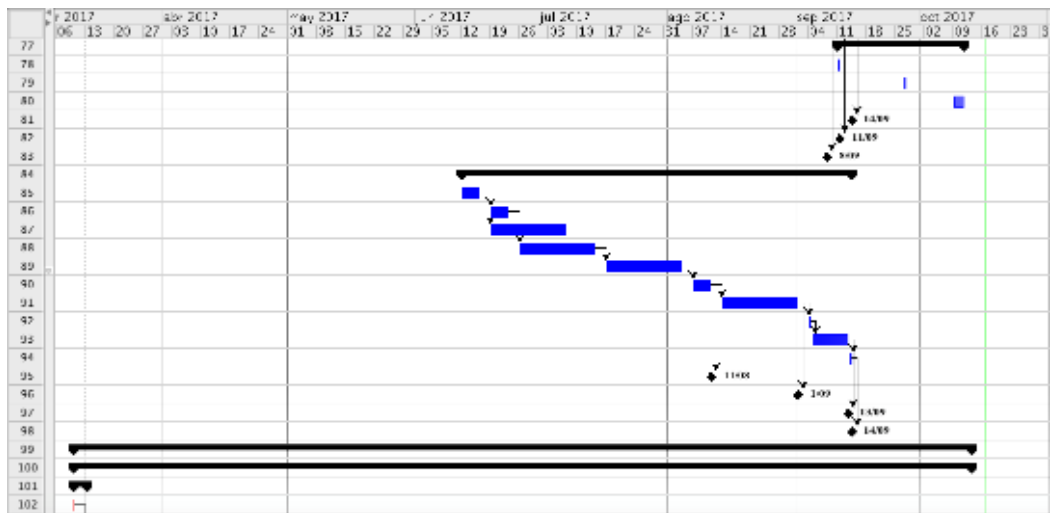
	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Pr...	Nombre del Docente
27	E1.1.2.2 Evaluación técnica de instalaciones de generador	155 días	15/03/17 8:00	11/10/17 17:00		Brenda Gilin
28	1.1.2.2.1 Identificación de equipos	1 día	15/03/17 8:00	15/03/17 17:00		
29	1.1.2.2.2 Observación de información de los equipos de carga	13 días	16/03/17 8:00	3/04/17 17:00	28	
30	1.1.2.2.3 Posición de pedales generadores eléctricos y cálculo de la potencia del generador	45 días	15/03/17 8:00	2/05/17 17:00		
31	1.1.2.2.4 Comparación económica: conceptos eléctricos y generador	8 días	15/03/17 8:00	15/03/17 17:00	2...	
32	Determinación de potencia real	8 días	15/03/17 17:00	2/04/17 17:00	30	
33	Comparación de resultados: técnicos de la caracterización de biodiesel	3 días	28/03/17 17:00	28/03/17 17:00	29	
34	F1.1.2.1 Evaluación técnica y económica del tratamiento de aguas residuales de biodiesel	100 días	22/03/17 8:00	18/10/17 17:00		Amanda Amado
35	1.1.2.1.1 Análisis de estado de biodiesel actual	80 días	22/03/17 8:00	8/09/17 17:00		
36	1.1.2.1.2 Selección de método para tratamiento de agua	10 días	16/03/17 8:00	24/03/17 17:00	35	
37	1.1.2.1.3 Pruebas en banco a resultados	11 días	15/03/17 8:00	15/03/17 17:00	36	
38	Generación de biodiesel	3 días	15/03/17 17:00	8/03/17 17:00	32	
39	Caracterización de agua residual	3 días	29/03/17 17:00	2/04/17 17:00	38	
40	Prueba final para el tratamiento de aguas	3 días	16/10/17 17:00	18/10/17 17:00	37	
41	L1.1.2 Oficina Verde	89 días	7/04/17 8:00	5/06/17 17:00		Marta Rodríguez
42	F1.1.3.1 Análisis de situación actual	32 días	7/04/17 8:00	11/07/17 17:00		
43	1.1.3.1.1 Análisis interno	9 días	7/04/17 8:00	7/04/17 17:00		
44	1.1.3.1.2 Análisis	51 días	7/04/17 8:00	11/07/17 17:00		
45	Caracterización de consumo eléctrico	3 días	7/04/17 8:00	4/04/17 8:00		
46	Lista de actividades para verificar consumo de agua	3 días	7/04/17 8:00	4/04/17 8:00		
47	Análisis de balance de ingresos de Internet a hoteles	3 días	7/04/17 8:00	4/04/17 8:00		
48	Mediciones en el ambiente de trabajo	3 días	11/07/17 8:00	11/07/17 8:00		
49	E1.1.2.2 Evaluación diagnóstica	59 días	10/04/17 8:00	28/06/17 17:00		
50	1.1.2.2.1 Análisis de datos	51 días	10/04/17 8:00	19/06/17 17:00		
51	1.1.2.2.2 Generación KPIs	1 día	26/06/17 8:00	26/06/17 17:00		
52	1.1.2.2.3 Plan de acción	1 día	27/06/17 8:00	27/06/17 17:00		



	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Pr...	Nombre del Docente
52	1.1.3.2.1 Plan de acción	1 día	27/06/17 8:00	27/06/17 17:00	51	
53	1.1.3.2.4 Identificación de equipos e impactos ambientales	1 día	28/06/17 8:00	28/06/17 17:00	52	
54	1.1.3.2.5 Identificación línea base	1 día	29/06/17 8:00	29/06/17 17:00	53	
55	Medida de consumo de energía eléctrica por área	2 días	19/06/17 17:00	20/06/17 17:00	50	
56	Medida de consumo de agua potable por área	2 días	19/06/17 17:00	20/06/17 17:00	50	
57	Identificación de equipos de mayor consumo en bodega	2 días	19/06/17 17:00	20/06/17 17:00	50	
58	Análisis de nivel de cumplimiento de condiciones de trabajo	2 días	19/06/17 17:00	20/06/17 17:00	50	
59	E1.1.3.2 Implementación de opciones de mejora	6 días	27/07/17 8:00	1/08/17 17:00		
60	1.1.3.2.1 Capacitaciones	1 día	27/07/17 8:00	3/08/17 17:00		
61	1.1.3.2.2 Programa de Oficina Verde	1 día	27/07/17 8:00	3/08/17 17:00		
62	Definición de responsables del programa	2 días	27/07/17 8:00	27/07/17 8:00		
63	Definición de alcance del programa	2 días	27/07/17 8:00	27/07/17 8:00		
64	Establecimiento de política ambiental	2 días	27/07/17 8:00	3/08/17 8:00		
65	Identificar acciones e impactos ambientales	2 días	27/07/17 8:00	3/08/17 8:00		
66	Trabajo de la línea base de indicadores de desempeño	2 días	27/07/17 8:00	3/08/17 8:00		
67	Reunión informativa con responsables del programa	2 días	27/07/17 8:00	3/08/17 8:00		
68	L1.2 Psicopedagogía	88 días	12/06/17 8:00	11/10/17 17:00		Jessica Montecarlo Muro
69	F1.2.1 Sistematización de manejo integral de residuos en un restaurante	28 días	4/09/17 8:00	11/10/17 17:00		Jessica Morales
70	E1.2.1.1 Estudio de Casos	8 días	4/09/17 8:00	14/09/17 17:00		
71	1.2.1.1.1 Observaciones periódicas	3 días	5/09/17 8:00	24/09/17 17:00		
72	1.2.1.1.2 Entrenos con Correo	1 día	11/09/17 8:00	11/09/17 17:00		
73	1.2.1.1.3 Inicialización y colaboraciones	1 día	5/09/17 8:00	5/09/17 17:00		
74	F1.2.1.2 Diagnóstico de necesidades de capacitación	2 días	8/09/17 8:00	11/09/17 17:00		
75	1.2.1.2.1 Entrenos con colaboradores	1 día	5/09/17 8:00	5/09/17 17:00		
76	1.2.1.2.2 Entrenos con gerentes	1 día	11/09/17 8:00	11/09/17 17:00		

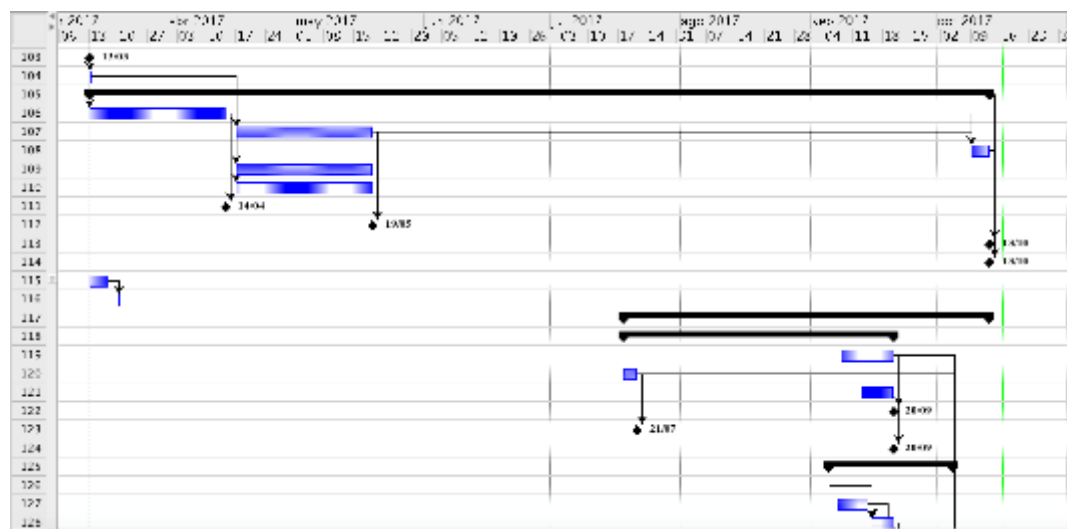


	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Pr.	Responsables del Recurso
77	F1.3.1.1 Sistematización de los pasos en una guía	25 días	11/09/17 8:00	11/10/17 17:00		
78	1.3.1.1.1 Entrevista con gerente	1 día	11/09/17 8:00	11/09/17 17:00		
79	1.3.1.1.2 Capacitación para obtener los temas de manejo integral	1 día	27/09/17 8:00	27/09/17 17:00		
80	1.3.1.1.3 Redacción de la guía con puntos sistematizados	3 días	01/10/17 8:00	11/10/17 17:00		
81	Revisión de observaciones	3 días	14/09/17 17:00	14/09/17 17:00	71	
82	Entrevista con Gerente	6 días	11/09/17 17:00	11/09/17 17:00	70	
83	Revisión a realizándose	3 días	02/09/17 17:00	02/09/17 17:00	72	
84	L.2.2 Taller de capacitación de manejo integral de residuos en una cafetería	69 días	12/06/17 8:00	14/08/17 17:00		Luisa Nuñez
85	1.2.2.1 Fines y tipos de investigación: Investigación-acción	3 días	14/06/17 8:00	16/06/17 17:00		
86	1.2.2.2 Búsqueda de grupo foco para la implementación de proyectos	5 días	19/06/17 8:00	21/06/17 17:00	85	
87	1.2.2.3 Investigación bibliográfica de estrategias similares en función de grupo foco	13 días	19/06/17 8:00	02/07/17 17:00	85	
88	1.2.2.4 Diseño de instrumentos de recolección	15 días	26/06/17 8:00	14/07/17 17:00	85	
89	1.2.2.5 Aplicación de técnicas de investigación y documentación de instrumentos diseñados	16 días	01/07/17 8:00	01/08/17 17:00	88	
90	1.2.2.6 Análisis de datos para identificar oportunidades de aprendizaje y objetivos de proyecto	5 días	07/08/17 8:00	11/08/17 17:00	89	
91	1.2.2.7 Efectos de taller de capacitación considerando investigación	13 días	14/08/17 8:00	01/09/17 17:00	90	
92	1.2.2.8 Validación de propuestas a través de jurado de expertos	1 día	04/09/17 8:00	04/09/17 17:00	91	
93	1.2.2.9 Aplicación de propuestas de taller de capacitación identificando aspectos a mejorar	7 días	02/09/17 8:00	12/09/17 17:00	92	
94	1.2.2.10 Observación post implementación de propuestas, para identificar efectos de esta en identificación de oportunidades de aprendizaje	1 día	14/09/17 8:00	14/09/17 17:00	93	
95	Diseño de propuesta en base a necesidades	3 días	11/08/17 17:00	11/08/17 17:00	90	
96	Revisión de propuestas	3 días	12/09/17 17:00	12/09/17 17:00	91	
97	Taller sobre ejecución	3 días	12/09/17 17:00	12/09/17 17:00	92	
98	Taller sobre ejecución	3 días	14/09/17 17:00	14/09/17 17:00	94	
99	F1.3 Ingresos indirectos	156 días	10/03/17 8:00	15/10/17 17:00		María Andrea JiménezRory Rodrigo Llamas
100	L.3.1.1 Gestión de Proyecto	156 días	10/03/17 8:00	15/10/17 17:00		Rory Rodrigo Llamas
101	F1.3 Ingresos indirectos	2 días	10/03/17 8:00	15/03/17 17:00		
102	1.3.1.1.1 Acta de constitución	1 día	10/03/17 8:00	10/03/17 17:00		



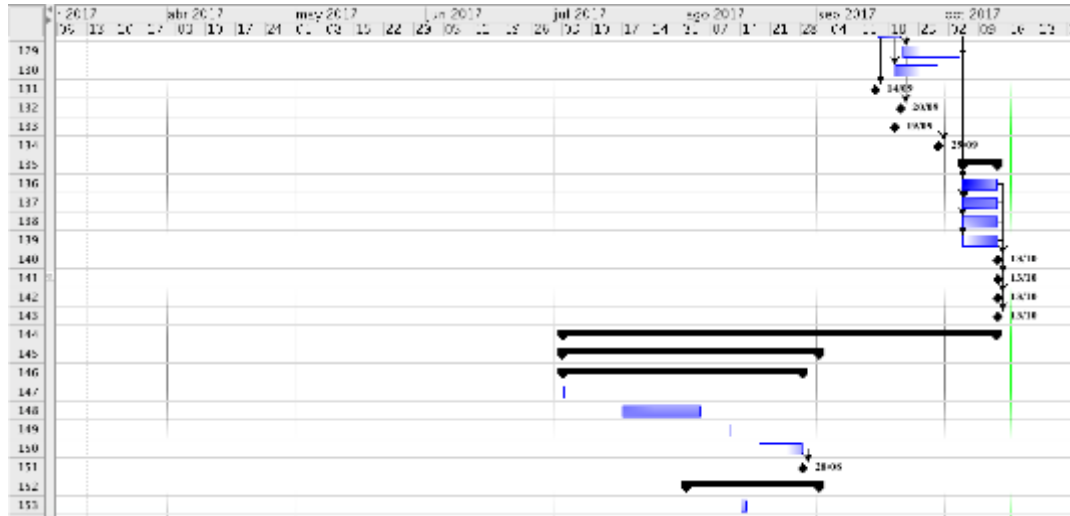
105	Acta de reunión	0 días 18/03/17 8:00	18/03/17 8:00	
106	1.3.1.1.2 Identificación de los interesados	1 día 18/03/17 8:00	18/03/17 17:00	L..
107	1.3.1.2 Planeación de proyecto	155 días 07/11/01/17 8:00	11/10/17 17:00	
108	1.3.1.2.1 Gestión de riesgos del proyecto	45 días 18/03/17 8:00	18/03/17 17:00	L..
109	1.3.1.2.2 Gestión del tiempo del proyecto	25 días 17/04/17 8:00	18/03/17 17:00	L..
110	1.3.1.2.3 Gestión de los costos del proyecto	5 días 01/11/17 8:00	11/10/17 17:00	L..
111	1.3.1.2.4 Gestión de los riesgos del proyecto	45 días 17/04/17 8:00	18/03/17 17:00	L..
112	1.3.1.2.5 Gestión de los interesados del proyecto	25 días 17/04/17 8:00	18/03/17 17:00	L..
113	Estrategia de despliegue de trabajo con Ericsson en	0 días 16/04/17 17:00	16/04/17 17:00	L..
114	Programa del proyecto	0 días 20/03/17 17:00	18/03/17 17:00	L..
115	Costos del proyecto	0 días 17/06/17 17:00	11/10/17 17:00	L..
116	1.3.1.1.1 Planificación de procesos	0 días 18/03/17 17:00	18/03/17 17:00	L..
117	1.3.1.4 Seguimiento y control de proyecto	5 días 18/03/17 8:00	17/03/17 17:00	L..
118	1.3.1.5 Cierre de proyecto	1 día 20/01/17 8:00	20/01/17 17:00	L..
119	1.3.2 Optimización de procesos y logística	64 días 18/07/17 8:00	18/10/17 17:00	
120	1.3.2.1 Documentación de procesos y situación actual	47 días 18/07/17 8:00	20/09/17 17:00	
121	1.3.2.1.1 Documentación proceso de recolección	9 días 06/09/17 8:00	20/09/17 17:00	
122	1.3.2.1.2 Documentación proceso de separación	4 días 18/07/17 8:00	21/09/17 17:00	
123	1.3.2.1.3 Diagrama de necesidades de recolección de CA	6 días 18/09/17 8:00	20/09/17 17:00	
124	RFQ Proceso de Recolección	0 días 20/09/17 17:00	20/09/17 17:00	L..
125	RFQ Proceso de Separación	0 días 21/07/17 17:00	21/09/17 17:00	L..
126	Requerimiento a muestra de necesidades en el campo comercial	0 días 20/09/17 17:00	20/09/17 17:00	L..
127	1.3.2.2 Prueba Piloto y Prueba de Cultura	22 días 09/09/17 8:00	01/10/17 17:00	
128	1.3.2.2.1 Diseño experimental Prueba Piloto	1 día 09/09/17 8:00	09/09/17 17:00	L..
129	1.3.2.2.2 Capacitación y Uso de herramienta para obtención de muestras	6 días 07/09/17 8:00	14/09/17 17:00	L..
130	1.3.2.2.3 Registro de muestras de prueba piloto	4 días 15/09/17 8:00	20/09/17 17:00	L..

Nery Rodrigo Llamas

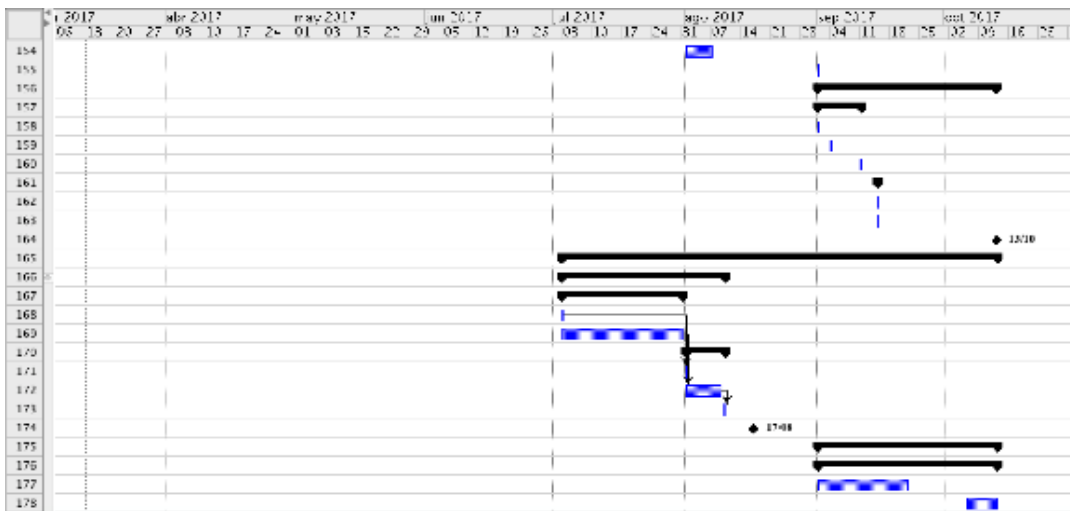


	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Pl.	Nombre del Recurso
129	1.3.2.2.4 Resultados Prueba Piloto	10 días 11/09/17 8:00	01/10/17 17:00	L..		
130	1.3.2.2.5 Prueba de cultura	9 días 18/09/17 8:00	29/09/17 17:00	L..		
131	Colocación de sistema de manejo integral de residuos para prueba piloto	0 días 14/09/17 17:00	14/09/17 17:00	L..		
132	Ultimo registro de prueba piloto	0 días 20/09/17 17:00	20/09/17 17:00	L..		
133	Colocación de basureros para prueba de cultura	0 días 18/09/17 8:00	18/09/17 8:00	L..		
134	Ultimo registro de prueba de cultura	0 días 29/09/17 17:00	29/09/17 17:00	L..		
135	1.3.2.3 Propuestas Procesos Actuales	7 días 05/10/17 8:00	13/10/17 17:00			
136	1.3.2.3.1 Propuesta de mejora del proceso de recolección	7 días 05/10/17 8:00	13/10/17 17:00	L..		
137	1.3.2.3.2 Propuesta de mejora del proceso de separación	7 días 05/10/17 8:00	13/10/17 17:00	L..		
138	1.3.2.3.3 Propuesta para implementación de basureros	7 días 05/10/17 8:00	13/10/17 17:00	L..		
139	1.3.2.3.4 Propuesta en base a resultados del plan de necesidades	7 días 05/10/17 8:00	13/10/17 17:00	L..		
140	Propuesta proceso de recolección	0 días 13/10/17 17:00	13/10/17 17:00	L..		
141	Propuesta proceso de separación	0 días 13/10/17 17:00	13/10/17 17:00	L..		
142	Propuesta de implementación de basureros	0 días 13/10/17 17:00	13/10/17 17:00	L..		
143	Propuesta plan de necesidades	0 días 13/10/17 17:00	13/10/17 17:00	L..		
144	1.3.3 Diseño de planta	74 días 03/07/17 8:00	13/10/17 8:00			
145	1.3.3.1 Análisis de diseño en situación actual	45 días 03/07/17 8:00	1/09/17 17:00			
146	1.3.3.1.1 Documentación de diseño de planta actual	41 días 03/07/17 8:00	28/08/17 17:00			
147	1.3.3.1.1.1 Adquisición de plano teórico	1 día 03/07/17 8:00	03/07/17 17:00			
148	1.3.3.1.1.2 Documentación de plano con dimensiones experimentales	15 días 17/07/17 8:00	01/08/17 17:00			
149	1.3.3.1.1.3 Realización de plano con dimensiones experimentales	1 día 11/08/17 8:00	11/08/17 17:00			
150	1.3.3.1.1.4 Análisis de diseño actual	7 días 18/08/17 8:00	28/08/17 17:00			
151	Realización diseño experimental	0 días 28/08/17 17:00	28/08/17 17:00	L..		
152	1.3.3.1.2 Análisis de seguridad industrial en diseño de planta actual	24 días 01/08/17 8:00	1/09/17 17:00			
153	1.3.3.1.2.1 Análisis de riesgo	2 días 14/08/17 8:00	15/08/17 17:00			

María Andrea Jiménez



	Nombre	Duracion	Inicio	Terminado	Pr...	Nombres del Recurso
154	1.3.3.1.2.2. Análisis del diseño del ambiente de trabajo	5 days?	1/08/17 8:00	7/08/17 17:00		
155	Evaluación Seguridad industrial	1 day?	1/09/17 8:00	1/09/17 17:00		
156	1.3.3.2. Análisis de diseño de situación propuesta	30 days?	1/09/17 8:00	13/10/17 8:00		
157	1.3.3.2.1. Definición de espacio físico para áreas de trabajo de maquinaria propuesta	7 days?	1/09/17 8:00	11/09/17 17:00		
158	1.3.3.2.1.1. Establecer requerimientos de espacio físico y carga sobre piso de maquinaria	1 day?	1/09/17 8:00	1/09/17 17:00		
159	1.3.3.2.1.2. Definir localización de maquinaria propuesta	1 day?	4/09/17 8:00	4/09/17 17:00		
160	1.3.3.2.1.3. Análisis de seguridad industrial de maquinaria propuesta	1 day?	11/09/17 8:00	11/09/17 17:00		
161	1.3.3.2.2. Documentación de diseño de planta propuesta	1 day?	15/09/17 8:00	15/09/17 17:00		
162	1.3.3.2.2.1. Modificar plano experimental	1 day?	15/09/17 8:00	15/09/17 17:00		
163	1.3.3.2.2.2. Realización de plano con área de trabajo para trituradora	1 day?	15/09/17 8:00	15/09/17 17:00		
164	Plano experimental con flujo propuesto	0 days?	13/10/17 8:00	13/10/17 8:00		
165	1.3.4. Economía y Finanzas	75 days?	3/07/17 8:00	13/10/17 17:00		María Andrea Jiménez
166	1.3.4.1. Análisis financiero de situación actual	29 days?	3/07/17 8:00	10/08/17 17:00		
167	1.3.4.1.1. Recopilación de datos financieros	21 days?	3/07/17 8:00	31/07/17 17:00		
168	1.3.4.1.1.1. Documentación de datos financieros situación A.	1 day?	3/07/17 8:00	3/07/17 17:00		
169	1.3.4.1.1.2. Documentación de datos financieros situación B.	21 days?	3/07/17 8:00	31/07/17 17:00		
170	1.3.4.1.2. Elaboración de estados financieros para evaluar situación A	8 days?	1/08/17 8:00	10/08/17 17:00		
171	1.3.4.1.2.1. Realización de estados financieros situación A	1 day?	1/08/17 8:00	1/08/17 17:00	1...	
172	1.3.4.1.2.2. Realización de estados financieros situación B	7 days?	1/08/17 8:00	9/08/17 17:00	1...	
173	1.3.4.1.2.3. Obtención de VPN de situaciones A y B	1 day?	10/08/17 8:00	10/08/17 17:00	1...	
174	Definición de mejora de situación actual	0 days?	17/08/17 8:00	17/08/17 8:00		
175	1.3.4.2. Análisis financiero de situación propuesta	31 days?	1/09/17 8:00	13/10/17 17:00		
176	1.3.4.2.1. Recopilación de datos financieros situación C	31 days?	1/09/17 8:00	13/10/17 17:00		
177	1.3.4.2.1.1. Documentación de datos financieros de trituradora y compactadora.	16 days?	1/09/17 8:00	22/09/17 17:00		
178	1.3.4.2.1.2. Documentación de datos financieros de planta de biodiésel.	6 days?	6/10/17 8:00	13/10/17 17:00		



	Nombre	Duracion	Inicio	Terminado	Pt.	Nombre del Recurso
173	El.3.4.2.2. Elaboración de estados financieros para evaluar situación C	1 day	13/10/17 8:00	13/10/17 17:00		
182	1.3.4.2.2.1. Realización de estados financieros situación C.	1 day	13/10/17 8:00	13/10/17 17:00		
181	1.3.4.2.2.2. Obtención de VPM de situación C.	1 day	13/10/17 8:00	13/10/17 17:00		
182	Definición de mejor situación del proyecto	0 days	13/10/17 8:00	13/10/17 8:00		

	ago 2017	sep 2017	oct 2017	nov 2017	dic 2017	ene 2018	feb 2018	mar 2018	abr 2018	may 2018	jun 2018	jul 2018	ago 2018	sep 2018	oct 2018	nov 2018	dic 2018	
179																		
180																		
181																		
182																		

Figura 151. Plan de gestión del costo

PLAN DE GESTIÓN DEL COSTO

Título del Proyecto: Manejo Integral de Desechos Sólidos y Aceites en Complejo Comercial

Patrocinador del Proyecto: El Complejo Comercial

Gerente del Proyecto: Nery Llamas

Supervisor del Proyecto: Cristián Rossi - Universidad del Valle de Guatemala

Cliente del Proyecto: El Complejo Comercial

Fecha preparado: 9 de octubre del 2017

A. Definición de los costos del proyecto

Para la gestión de los costos del proyecto no se realizó un presupuesto, debido a que, como se menciona en el acta de constitución y en el enunciado del proyecto, el alcance se encuentra definido por la realización de propuestas en cada una de las áreas involucradas definidas en cada uno de los módulos del proyecto. A continuación se presenta un resumen de los recursos empleados por actividad.

ID	Actividad	Recurso empleado	Costo
1.1.1.1.1	1.1.1.1.1 Caracterización y evaluación de lotes producidos	Agua Destilada, electricidad, entre otros	Q 130.82
1.1.2.1.1	1.1.2.1.1 Caracterización Aceite	Fenofaleína, Hidróxido de potasio, Metanol, Agua destilada, electricidad, entre otros	Q 24.62
1.3.2.2.2	1.3.2.2.2 Capacitaciones y Diseño de herramienta para obtención de muestras	Tubo PVC de 1", Ganchos, Bolsas Jardineras, entre otros	Q 681.94
1.3.2.2.5	1.3.2.2.5 Prueba de cultura	Afiches y material de apoyo	Q 530.19

Cuadro 362. Costos del módulo de tratamiento de residuos sólidos

MATERIALES			
Reactivo	Cantidad Utilizada [gal]	Q/gal	Costo total [Q]
Agua Destilada	0.12	4	0.47
USO DE ELECTRICIDAD			
Equipo	KWh	Q/kWh	Costo total (Q)
Balanza de Humedad	14.4	1.19	17.136
Potenciómetro	0.024	1.19	0.02856
Estufa	95.16	1.19	113.2404
Costo Total			130.87

Cuadro 363. Costos del módulo de evaluación técnica de una planta de biodiésel

COSTO DE PRODUCCIÓN	
1. Densidad	
Costo agua destilada por 5 galones	Q 20.00
Agua destilada por análisis (gal)	0.0067
Número de análisis realizados	9
	<u>Q 0.24</u>
2. Humedad y materiales volátiles	
Costo electricidad (Q/kWh)	Q 1.89
Energía eléctrica por análisis (kWh)	0.003
Número de análisis realizados	9
	<u>Q 0.05</u>
3. Viscosidad	
Costo electricidad (Q/kWh)	Q 1.89
Energía eléctrica por análisis (kWh)	0.002
Número de análisis realizados	9
	<u>Q 0.03</u>
4. pH	
Costo electricidad (Q/kWh)	Q 1.89
Energía eléctrica por análisis (kWh)	0.001
Número de análisis realizados	9
	<u>Q 0.02</u>
5. Agua y sedimentación	
Costo electricidad (Q/kWh)	Q 1.89
Energía eléctrica por análisis (kWh)	0.001
Número de análisis realizados	9
	<u>Q 0.02</u>
6. Índice de acidez	
Costo agua destilada por 5 galones	Q 20.00
Agua destilada por análisis (gal)	0.011
Costo Hidróxido de potasio por saco de 1 kg	Q 162.40
Hidróxido de potasio por análisis 0.1 M (g)	0.11
Hidróxido de potasio por análisis 0.1 N (g)	0.11
Costo de fenofaleína en solución 1% etanolica indicador pH 8.2 - 9.8 por 1 L	Q 1,104.32
Fenofaleína por análisis (L)	0.002
Costo metanol 99% tonel de 55 galones	Q 1,705.00
Metanol utilizado por análisis (gal)	0.013
Número de análisis realizados	9
	<u>Q 24.27</u>
Costo caracterización	Q 24.62

Cuadro 364. Costos empleados en la optimización de procesos y logística

COSTO DE MÓDULO DE OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS Y GESTIÓN DE PROYECTO		
1. Desarrollo de Herramienta y materiales por establecimiento		
Tubos PVC de 1" (x10) [Q]	Q	35.94
Bolsas jardineras para establecimientos (x16) [Q]	Q	455.00
Ganchos (x4) [Q]	Q	32.00
Material de apoyo (adhesivos) (x3) [Q]	Q	59.00
Material de apoyo (tarjeta tamaño bolsillo) (x81) [Q]	Q	100.00
	Q	681.94
2. Prueba de cultura		
Afiches (x4) [Q]	Q	360.00
Material de apoyo basureros [Q]	Q	170.19
	Q	530.19
Costo Total	Q	1,212.13

Figura 152. Plan de gestión de riesgos

PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS				
Título del Proyecto: Manejo Integral de Desechos Sólidos y Aceites en Complejo Comercial				
Patrocinador del Proyecto: Luis Águeda - Complejo Comercial				
Gerente del Proyecto: Nery Llamas				
Supervisor del Proyecto: Cristián Rossi - Universidad del Valle de Guatemala				
Cliente del Proyecto: El Complejo Comercial				
Fecha preparado: 17 de abril 2017				
A. Definición de los riesgos del proyecto				
Para la gestión de los riesgos del proyecto, se tomaron los riesgos de la EDT de cada uno de los módulos desarrollados. La ponderación de los riesgos es realizada a través de la dimensión de impacto y probabilidad de cada uno, con el fin de tomar un plan de acción para los riesgos.				
ID	Nombre	Riesgo	Impacto	Probabilidad
1.1.1.1a	PROCESO AEROBIO	La materia prima de cada lote tiene distintas proporciones de materiales lo que ocasiona una varianza en las características de la materia prima.	8	10
1.1.1.1b	PROCESO AEROBIO	El método de medición de las propiedades a nivel laboratorio no es el óptimo.	3	10
1.1.2.1a	Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel.	Disminución en la cantidad de aceite de cocina usado, recolectado dentro del complejo comercial.	5	1

ID	Nombre	Riesgo	Impacto	Probabilidad
1.1.2.1b	Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel.	Resistencia de los restaurantes/cafeeterías a recolectar y donar el aceite usado.	10	8
1.1.2.1c	Evaluación técnica y económica para la instalación de una planta de biodiésel.	Resistencia del personal dentro del complejo comercial, para brindar información.	10	10
1.1.2.1.1a	Caracterización aceite	Obtener un aceite muy sucio y oscuro.	5	8
1.1.2.1.1b	Caracterización aceite	Variación de los resultados de los diferentes análisis, al evaluar diferentes lotes.	3	5
1.1.2.1.2a	Caracterización biodiésel	Obtener trazas de agua en el producto terminado.	5	5
1.1.2.1.2b	Caracterización biodiésel	Variación de los resultados de los diferentes análisis, al evaluar diferentes lotes.	3	5
1.1.2.1.3a	Selección Planta Biodiésel por aspectos técnicos	Disminución en la cantidad de aceite de cocina usado, recolectado dentro del complejo comercial.	5	1
1.1.2.1.3b	Selección Planta Biodiésel por aspectos técnicos	Resistencia de los restaurantes/cafeeterías a recolectar y donar el aceite usado.	10	8
1.1.2.1.3c	Selección Planta Biodiésel por aspectos técnicos	Resistencia del personal dentro del complejo comercial, para brindar información.	10	10
1.1.2.1.4a	Costo Operativo Planta Biodiésel	Variación en los precios de energía eléctrica y agua dentro del complejo comercial.	8	1
1.1.2.1.4b	Costo Operativo Planta Biodiésel	Variación en el salario de la mano de obra directa.	5	1
1.1.2.1.4c	Costo Operativo Planta Biodiésel	Variación en los costos de equipo de seguridad personal.	3	1
1.1.2.1.4d	Costo Operativo Planta Biodiésel	Variación de cantidad de lotes anuales.	8	1

ID	Nombre	Riesgo	Impacto	Probabilidad
1.1.2.1.5a	Rentabilidad económica de la producción de biodiésel	Variación en los precios de energía eléctrica y agua dentro del complejo comercial.	8	1
1.1.2.1.5b	Rentabilidad económica de la producción de biodiésel	Variación en el salario de la mano de obra directa.	5	1
1.1.2.1.5c	Rentabilidad económica de la producción de biodiésel	Variación en los costos de equipo de seguridad personal.	3	1
1.1.2.1.5d	Rentabilidad económica de la producción de biodiésel	Variación de cantidad de lotes anuales.	8	1
1.1.2.2a	Evaluación y propuesta de la instalación de un generador eléctrico operado con biodiésel para carga de vehículos eléctricos	Crecimiento de la población de automóviles	8	1
1.1.2.3a	Evaluación técnica y económica del tratamiento de agua residual de biodiésel	Falta de equipos para la determinación de los parámetros de la caracterización	5	5
1.1.3a	OFICINA VERDE	Actitud del personal para implementar nuevas prácticas o cambiar hábitos actuales.	3	5
1.1.3b	OFICINA VERDE	Viabilidad económica, técnica y organizacional de la implementación de las opciones de mejora.	8	5
1.1.3c	OFICINA VERDE	Cambios en la estructura organizacional de la institución.	8	3
1.1.3d	OFICINA VERDE	Cambio del área donde se realizó la evaluación.	10	2
1.1.3.1a	Análisis situación actual	No tener acceso a la documentación sobre consumos en oficinas.	10	3

ID	Nombre	Riesgo	Impacto	Probabilidad
1.1.3.1b	Análisis situación actual	No contar con los equipos adecuados para las mediciones de seguridad y salud ocupacional.	5	3
1.1.3.1c	Análisis situación actual	Rechazo del personal a colaborar al momento de realizar las mediciones.	5	5
1.1.3.1.1a	Análisis Interno	Que la organización no proporcione la información.	10	3
1.1.3.1.1b	Análisis Interno	La organización no cuente con datos históricos de consumos de sus recursos.	5	7
1.1.3.1.1c	Análisis Interno	Incumplimiento o falta de estudios de impacto ambiental.	3	10
1.1.3.1.2a	Auditoría	Durante la auditoría cambien equipo que consume energía eléctrica.	8	3
1.1.3.1.2b	Auditoría	Durante auditoria cambien equipo que consume agua.	8	3
1.1.3.1.2c	Auditoría	Durante auditoria reubiquen áreas de trabajo o las cambien.	8	3
1.1.3.1.2d	Auditoría	Cambio de iluminación.	8	3
1.1.3.2a	Elaboración diagnóstico	Poca documentación sobre consumos de energía eléctrica, agua e insumos de oficina.	5	8
1.1.3.2b	Elaboración diagnóstico	Cambio del área de trabajo durante la elaboración del diagnóstico	10	6
1.1.3.2c	Elaboración diagnóstico	Compra de equipo eléctrico nuevo, instalación de equipos que consuman agua o contratación de nuevo personal.	10	3
1.1.3.3b	Implementación de opciones de mejora	Disponibilidad de tiempo por parte del personal.	5	5
1.1.3.3c	Implementación de opciones de mejora	Cambio en la estructura organizacional de la organización, que afecte directamente a los encargados de monitorear el programa (comité de Oficina Verde)	10	3

ID	Nombre	Riesgo	Impacto	Probabilidad
1.2.1.1a	Estudio de Casos	Que no se tenga disponibilidad de tiempo para entrevista	8	5
1.2.1.1b	Estudio de Casos	Autorización de visitas	4	8
1.2.1.2a	Diagnóstico de necesidades de capacitación	Que no se tenga disponibilidad de horarios para realizar entrevistas y encuestas.	5	5
1.2.1.3a	Sistematización de los pasos en una guía	Accesibilidad y autorización para realizar las capacitaciones	10	8
1.2.2.2a	Taller de capacitación en una cafetería	Resistencia al taller de capacitación y poca asistencia de colaboradores.	8	5
1.3.1.1a	INICIO	Variación en lo definido en el acta de constitución	8	8
1.3.1.2a	PLANEACIÓN	Variación en lo planificado por las necesidades inminentes de la empresa relacionadas directamente con el proyecto.	3	8
1.3.1.2b	PLANEACIÓN	Cambios en metodología por motivos externos ajenos a los miembros del equipo del proyecto.	8	8
1.3.2.1a	DOCUMENTACIÓN DE PROCESOS Y SITUACIÓN ACTUAL	Variación en el proceso realizado por las empresas tercerizadas.	10	8
1.3.2.1b	DOCUMENTACIÓN DE PROCESOS Y SITUACIÓN ACTUAL	Resistencia de los comercios/residencias en el complejo comercial para brindar información	8	5
1.3.2.2a	PRUEBA PILOTO Y PRUEBA DE CULTURA	Resistencia de parte de inquilinos para adoptar una metodología de clasificación de desechos	8	8
1.3.2.2b	PRUEBA PILOTO Y PRUEBA DE CULTURA	Que la prueba no sea lo suficientemente representativa	8	8
1.3.2.2c	PRUEBA PILOTO Y PRUEBA DE CULTURA	Rendimiento falso de operarios por medición en vivo	3	8

ID	Nombre	Riesgo	Impacto	Probabilidad
1.3.3.1a	ANÁLISIS DE DISEÑO DE SITUACIÓN ACTUAL	Variación constante en áreas de trabajo	8	3
1.3.3.1b	ANÁLISIS DE DISEÑO DE SITUACIÓN ACTUAL	Resistencia a seguir medidas de seguridad industrial de los operarios	5	8
1.3.4a	ECONOMÍA Y FINANZAS	Poca apertura a información financiera del complejo comercial	8	10

Figura 153: Minuta empleada para seguimiento y control del proyecto

MINUTA DE REUNIÓN NO. 3

Primer semestre - Ciclo 2017

Coordinador:	Nery Rodrigo Llamas Hernández		
Fecha:	24/01/17		
Lugar:	Laboratorio de operaciones		
Hora de inicio:	20:45	Hora de finalización:	21:31 <input type="checkbox"/>

Participantes presente

1. Nery Rodrigo Llamas Hernández
2. María Rodríguez
3. Jessica Morales
4. María José Carlos
5. Arleen Argeñal
6. María Andrea Jiménez
7. <u>Cristián Rossi</u>

AGENDA

No.	Asunto a tratar	Observaciones/Conclusiones
1	Reunión con Luis Águeda acerca de lo que busca Cayalá hoy en día específicamente	- Reunión con Luis Águeda el viernes 20/01/17, a las 3:30 acerca de lo que opina de la información que se les proporcionó. Preparar información que motive el estado actual de la planta con una lluvia de ideas.
2	Basureros en Cayalá	- Balance entre reducción de basureros y satisfacción del cliente.
3	Solicitud de informes	- Pedir Informes Recupera
4	Manejo correcto de sólidos	- Investigar acerca de la mejor forma para separar los desechos. - Pensar en la mejor forma para transmitir lo investigado. - Propuesta Jessica: Beneficio a clientes por separación (recuperación económica en la viabilidad de la separación)

Figura 154. Minuta empleada para seguimiento y control del proyecto (continuación)

COMPROMISOS/ENTREGABLES

No.	Compromiso/Entregable	Responsable(s)	Fecha de entrega/realización estimada (dd/mm/aaaa)
1	Contactar a Luis Águeda para programar reunión	Nery Llamas	25/01/17
2	Reporte de lluvia de ideas	Todos	27/01/17
3	Reporte de ideas y acciones inmediatas	Todos	31/01/17
4	Solicitar informes de recuperación de desechos desde octubre 2016 a hoy	Arleen Argeñal	31/01/17

Anexo O: Módulo 9 Taller de capacitación para la enseñanza a colaboradores de una cafetería en un complejo comercial acerca del manejo de los residuos

1. Cuestionario de entrevista a colaboradores de cafetería

<p>Instrumento 1</p> <p>Entrevista a colaboradores de cafetería</p>

Instrucciones para aplicar la entrevista: Asegúrese de estar en un espacio cómodo, en donde el entrevistado y usted puedan escuchar con claridad. Para realizar pasos a. y b. utilice palabras amigables y breves.

- a. Salude y preséntese al participante
- b. Comparta de dónde surge la iniciativa del proyecto y el objetivo de la entrevista.

Objetivo: Identificar oportunidades de aprendizaje en cuanto al manejo de los residuos en la cafetería

- c. Lea cada una de las preguntas exactamente como están escritas, escriba las respuestas de todas las preguntas.
 - ¿Conoce lo que es clasificación de residuos? Describa.
 - ¿Conoce la diferencia entre residuo orgánico e inorgánico?
 - ¿Qué es desecho?
 - ¿Usted clasifica la basura de alguna manera?
 - ¿Ha laborado en alguna empresa que clasifique?
 - ¿Conoce a alguien que clasifique la basura?
 - ¿Cree que se podría clasificar en esta cafetería? Si, no porqué *si el participante no menciona alguna limitante, pregunte lo siguiente:
 - ¿Cuál podría ser una limitante de clasificar en esta cafetería?

2. Lista de cotejo para observación de manejo de residuos sólidos en cafetería

Instrumento 2
Lista de cotejo para observación de manejo de residuos en cafetería.

Instrucciones: Determine el área a ser observada, considerando que se debe tener a la vista los botes de basura de cafetería. Ubíquese en un espacio que no interrumpa el flujo de trabajo de los colaboradores. Determine tiempo en minutos y escriba el horario de la observación, identifique la cantidad de botes disponibles. Marque con un X de acuerdo a la existencia o no del criterio establecido. Escriba comentarios necesarios.

Objetivo: Identificar el sistema actual para el manejo de los residuos de la cafetería.

Tiempo de observación: _____ Horario de observación: _____ Área observada: _____			
Cantidad de botes disponibles:			
	Si	No	Comentario
El bote de basura tiene separación de algún tipo			
Se observó residuo de papel o cartón dentro del bote.			
Se observó residuo de plástico dentro del bote			
Se observó residuo de metal dentro del bote			
Se observó residuo de vidrio dentro del bote			
Se observó residuo orgánico dentro del bote (haga una lista de lo que observa)			_____ _____ _____ _____
Residuos adicionales no listados anteriormente:			
Cantidad de veces que se depositó residuo en el bote:			

3. Comparación definiciones de residuo y desecho

Definición de residuo y desecho	
¿Qué es desecho?	¿Qué es residuo?
Lo que se tira	Igual lo que se tira
la basura	Lo que se deja, por ejemplo la comida que sobra.
lo que ya no sirve	lo que sobra
toda la basura	Lo que uno ya no se come de un plato de comida o de otra cosa.
La basura	La basura
Lo que sobra de todo lo que se utiliza	Es más que todo lo que sobra de la comida
es lo que ya no sirve	Es lo que hay de más.
Basura	Basura
lo que no se va a usar	que no sirve
Lo que no tiene otro uso	Lo que está extra pero se puede utilizar de otra manera
lo que ya no tiene uso	Lo que se esta extra de algun material
La basura	Igual es basura
lo que esta en la basura	lo que ya no se usa
Lo que se saca	Los que sobra que se podría usar otra vez talvez.
la basura	Es otra palabra para basura

Consentimiento informado para poder tomar video de la aplicación del taller de capacitación

Nosotros (Nombre de empresa) estamos de acuerdo en participar en un taller de capacitación que será impartido por estudiante de Universidad del Valle de Guatemala, comprendemos que este taller será grabado con grabadora y/o video y ser observada o escuchadas por catedráticos de UVG, compañeros/as y yo para mejorar el diseño de dicho taller. Dichos videos o grabaciones serán borrados después de cumplir con su cometido. ***Esta información se considerará confidencial.***

Nombre y firma de supervisor de cafetería

Fecha

Nombre y firma del estudiante de UVG

Fecha

4. Taller de capacitación para la enseñanza a colaboradores de una cafetería en un complejo comercial acerca del manejo de los residuos

(Ver en página siguiente)

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Educación



Taller de capacitación para la enseñanza a colaboradores
de una cafetería en un complejo comercial acerca del
manejo de los residuos

Trabajo de graduación presentado por
Martha Lucía Mutz Herrera
para optar al grado académico de
Licenciatura de psicopedagogía

Guatemala, Octubre 2017

Presentación

El siguiente documento es un taller de capacitación para ser desarrollado en espacios de trabajo tipo cafetería. Esta propuesta considera la enseñanza de conceptos para generar un cambio de cultura ambiental y que motive al participante a realizar cambios respecto al manejo de residuos en su ambiente laboral. Este taller tuvo un proceso de validación a través de juicio de expertos y trabajo de campo con el fin de encontrar alcances y limitaciones. La planificación contiene objetivos a lograr, condiciones para los participantes y acomodaciones que se deben realizar en el espacio a ser implementado. De igual manera cuenta con las direcciones a ser repetidas por el facilitador que decida desarrollar este taller para que su implementación sea efectiva. Contiene estrategias de enseñanza que permiten que el participante reflexione y discuta temas relacionados con la contaminación ambiental local, se delimitan rangos de tiempo para el desarrollo de cada estrategia y se describen los materiales necesarios para su implementación. Por último se adjuntan los recursos diseñados para que cumplan con el propósito de su desarrollo.

Planificación

Tema: Importancia del manejo de residuos sólidos

Tiempo disponible: 1 hora

Objetivo de taller:

- Propiciar espacios de reflexión sobre el problema de manejo de residuos a nivel nacional.
- Promover la conciencia ecológica acerca de la importancia del manejo de residuos sólidos desde la raíz en espacios de trabajo.

Características de la población foco:

- Todos los colaboradores deben tener habilidades de lectura y escritura.

Condiciones necesarias para desarrollar el taller:

Preparar un salón libre de ruido y distracción. A continuación los recursos sugeridos:

- Facilidad para conectar computadora y proyector
- 1 mesa amplia para acomodar material
- Sillas (Dependerá de la cantidad de participantes)

Acomodación de espacio:

- Sillas en una media luna frente a la pantalla o espacio de proyección
- Mesas contra la pared, en estas colocar marcadores, lápices, hojas de papel y post its en la mesa.

Metodología de la enseñanza

Para planificar este taller, se utilizó metodología andragógica. Se enfoca considerando el siguiente interés de la andragogía: “centrar intereses en el participante adulto, como ente responsable, autogestor de su proceso de aprendizaje, comprometido consigo mismo. El facilitador, por su parte, se encarga de perfeccionar las estrategias de enseñanza y aprendizaje” (Caraballo, 2004).

Se realizarán actividades de enseñanza aprendizaje con enfoque andragógico:

Razonamiento deductivo: Se desarrollarán métodos de razonamiento deductivo en donde se va de lo general a lo específico. Este comienza dando paso a los datos en cierta forma válidos, para llegar a una deducción a partir de un razonamiento de forma lógica o suposiciones

Discusión no estructurada: Consiste en presentar un problema simple, establecer diferentes opiniones. Es menos formal, la discusión es breve y sencilla.

Técnica de estudio de casos: Consiste en presentar de manera precisa, breve y resumida la descripción de una determinada situación real o ficticia, para su discusión en grupos, con la finalidad de proponer soluciones.

Técnica de pizarra silenciosa: Esta se trata de proveer un tiempo silencioso de reflexionar, generar ideas, comprobar el aprendizaje, desarrollar proyectos o resolver problemas. Puede utilizarse productivamente con cualquier grupo, estudiantes, profesores, participantes del taller, comités. Se hace completamente en silencio, da a los grupos un cambio de ritmo y contemplación reflexiva.

Técnica de árbol de problemas: Técnica participativa que permite identificar problema y organizar información recolectada, generando relaciones como causas y efectos.

Técnica de análisis de texto: Consiste profundizar la comprensión de un texto y explorar las implicaciones en el trabajo de los participantes. Consiste en brindar a los participantes un texto, solicitando que marquen las partes que le parecieron interesante. En grupos pequeños cada persona tiene que realizar tres pasos. 1) leer en voz alta una parte que resaltó del texto. 2) Decir lo que piensa del texto 3) describir las implicaciones que tiene para su trabajo.

Contenidos

Contenido declarativo	Contenido procedimental	Contenido actitudinal
<p>Definición de residuo y desecho</p> <p>Características de residuo orgánico e inorgánico</p>	<p>Identifica fenómenos provocados por la contaminación ambiental.</p> <p>Identifica problemas de contaminación ambiental en su contexto.</p> <p>Analiza causas y efectos de la acumulación de basura.</p> <p>Describe características de los elementos orgánicos e inorgánicos</p> <p>Diferencia entre un residuo sólido orgánico e inorgánico</p> <p>Ejemplifica residuos sólidos orgánicos e inorgánicos con los que está relacionado.</p> <p>Clasifica residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.</p>	<p>Reflexiona acerca de las consecuencias negativas que ha provocado el ser humano a través de sus acciones.</p> <p>Valora la importancia de actuar a favor de mejorar el sistema de manejo de la basura en su país.</p> <p>Relaciona las acciones diarias de consumo con el impacto al sistema de manejo de residuos nacional.</p> <p>Toma decisiones que propicien la implementación de un sistema de manejo de la basura que favorezcan a la comunidad.</p>

Desarrollo de actividades

Tiempo	Actividades	Recursos
Inicio	Mientras los colaboradores entran al salón en donde se desarrollará el taller, proporcione gafetes o stickers para que cada uno escriba su nombre o cómo desea ser llamado.	Stickers, gafetes y marcadores
1-2 min	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación de facilitador. • Presentación de objetivos de taller. 	Computadora y cañonera
3-5 min	<p>Actividad rompe hielo:</p> <p>Decir: <i>“Les pediré por favor que tomen un post it de las mesas y escriban 2 oraciones sobre su vida, una verdadera y una falsa. Por ejemplo:</i></p> <p><i>-Yo nunca he leído un libro completo.</i></p> <p><i>-Una vez manejé un trailer.</i></p> <p><i>No compartan sus oraciones con nadie aún.”</i></p> <p>Proporcione 1 minuto para que escriban sus oraciones.</p> <p>Decir: <i>“En parejas tomando turnos, la pareja A compartirá sus oraciones y el compañero B adivinará cuál es verdadera y cuál es falsa. Después el compañero B seguirá el mismo procedimiento.”</i></p> <p>Si cree que los participantes necesitan más o menos tiempo proporciónelo, mientras que la actividad no dure más de 3 minutos.</p>	Post its, lapices, lapiceros
4-5 min	<p>Mostrar video sobre contaminación ambiental, simultáneo a vela derritiendo.</p> <p>Decir: <i>“¿Cuál cree que fue el propósito de mostrar este video?, ¿Qué pensó o sintió al ver el video?, ¿Qué relación tiene el video con Guatemala?”</i></p>	<p><u>Video:</u></p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=9zOTgfkKHEk</p> <p>Computadora</p> <p>Bocinas</p>

Tiempo	Actividades	Recursos
	Espere algunos minutos para escuchar comentarios.	
7-10 min	<p>Lectura</p> <p>Decir: <i>“A cada uno de ustedes les daré una copia de un artículo que fue publicado en un periódico local, tomarán un tiempo para leer el artículo, mientras lea resalte, ya sea subrayando o circulando alguna parte que le llame la atención. Puede ser más de una sección. Si no termina de leer el artículo, no se preocupe.”</i></p> <p>Proporcionar 5 minutos para que los participantes lean el artículo.</p> <p>Decir: <i>“Les pido que ahora hagamos grupos de 3-4 (depende de la cantidad de participantes), cada participante tendrá 1 minuto para realizar lo siguientes pasos:”</i></p> <p>Proyectar las siguientes instrucciones y leerlas a los participantes</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Leer en voz alta la parte que llamó su atención. ○ Compartir lo que piensa sobre lo que le llamó la atención. ○ Compartir qué significa eso que ha resaltado en su vida como ciudadano guatemalteco. <p><i>“Yo tendré una alarma como señal de que el minuto ha terminado, eso significa que es el turno de otra persona del equipo. Si usted ha terminado de hacer los 3 pasos anteriores pero aún le queda tiempo, no empiecen con otra persona, está bien si ya no tiene nada más que agregar.”</i></p> <p>Si el tiempo lo permite, abrá un espacio para compartir en voz alta.</p>	<p>Artículo de periódico(adjunto)</p> <p>Lapiceros, resaltadores, lápices</p>
5-10 min	<p>Árbol de problemas.</p> <p>Decir: <i>“Acá tengo un árbol, este árbol tiene raíces, tronco y ramas. Vamos a pensar en el artículo que acabamos de leer.</i></p>	<p>Lápices, lapiceros,</p>

Tiempo	Actividades	Recursos
	<p><i>Piense en el problema principal de esa situación, ese será el tronco de su árbol, pensarán en las ramas como los efectos del problema y en las raíces del árbol como las causas del problema. Puede ser una o varias causas y efectos. Pero solamente un problema.”</i></p> <p>Entre todos se construirá el árbol, el facilitador anotará todas las ideas que los participantes tengan para el árbol de problemas.</p>	<p>marcadores, resaltadores. Rótulo de árbol de problemas.</p>
<p>10-20 min</p>	<p>Utilizando método deductivo, exponer el concepto y diferencias de residuo y desecho. Proyectar definición de residuo y desecho.</p> <p>Decir: <i>“Leamos estas 2 definiciones ¿Cuál es la diferencia?”</i></p> <p>Proporcionar un tiempo para compartir y escuchar.</p> <p>Decir: <i>“La diferencia es recuperar y desuso. El residuo se puede volver a utilizar, el desecho no. Todo el material podría reconocerse como un residuo. La basura está llena de residuo. Los invito a que cambiemos esa percepción de desecho a residuo”</i></p> <p>Proyectar dos imágenes. (un residuo orgánico, 1 residuo inorgánico).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solicitar a los participantes que mencionen en voz alta qué características tiene cada uno. • Explicar que cada uno pertenece a un tipo de clasificación de residuo: Orgánico e inorgánico. • Facilitador complementará las características. 	<p>Hojas de papel.</p>

Tiempo	Actividades	Recursos
	<p>Verificación de los aprendizajes:</p> <p>Solicitar a los participantes que de manera individual, escriba una lista de los residuos que se generan en la cafetería, colocándolos en dos columnas, orgánico e inorgánico.</p> <p>Unificar respuestas aclarando material que no es precisamente orgánico pero tiene fácil descomposición.</p>	
<p>5 min</p>	<p>Se desarrollará una plática de pizarra: a falta de pizarra, esta se desarrollará en un papelógrafo grande, el cual compartirán todos los participantes.</p> <p>Solicite a los participantes, que se dirijan al área en donde se encuentra el papelógrafo grande con la pregunta: <i>Ahora que sé el impacto que tiene la falta de manejo de recursos en el país ¿Qué podría empezar a hacer diferente en mi espacio de trabajo?</i></p> <p>Decir: <i>“La siguiente actividad consiste en que podamos tener una plática silenciosa a través de la escritura. En este momento puedes escribir propuestas, comentario, hacer preguntas, conectar ideas e incluso hacer estrellitas del comentario de alguien más, si les ha parecido interesante. Lo único que no se permitirá es que se hagan gestos de cualquier tipo o se comente en voz alta lo que se está realizando.”</i></p> <p>Todos los participantes deben permanecer parados frente al papelógrafo, hasta que el facilitador indique que la conversación escrita debe terminar.</p>	<p>2 papelógrafos unidos y marcadores</p>

Tiempo	Actividades	Recursos
2 min	Solicitar a los participantes que llenen encuesta de satisfacción del desarrollo del taller.	Encuesta de satisfacción del taller. (adjunto)

Verificación de los aprendizajes: La única verificación que se realizará es la que los participantes puedan separar los residuos orgánicos e inorgánicos que se generan en su espacio de trabajo. Los temas están enfocados a la reflexión y concientizar acerca del manejo de residuos en pro al medio ambiente.

Evaluación del taller: se solicitará que los participantes respondan a una encuesta tipo cuestionario acerca del taller. (Adjunto en recursos)

Glosario

Residuo:

Hace referencia a materiales o restos que no tienen ningún valor económico para el usuario pero si un valor comercial para su recuperación e incorporación al ciclo de vida de la materia. (El ambiente y los desechos sólidos, s.f). Saval (2012) también describe como aquellos materiales que «se generan en bajas cantidades, sin embargo, algunos de sus constituyentes aun en baja proporción le pueden conferir algún interés para su utilización.»

Desechos:

Son considerados como material o conjunto de materiales resultantes de cualquier proceso u operación que esté destinado al desuso, que no vaya a ser utilizado, recuperado o reciclado. (El ambiente y los desechos sólidos, s.f), a lo cual Saval (2012) también describe como que está referido a aquellos materiales «que no tienen algún valor comercial, ni poseen atributos de interés para ser utilizados en algún proceso, por lo que se consideran como basura y se les debe dar una disposición final.»

Artículo de periódico

Tragedia en el basurero de la zona 3 en 2008

Por Hemeroteca Prensa Libre
27 de Abril de 2016 a las 16:59h

En invierno, deslaves, y en verano, incendios, que originan desalojos urgentes por humo y gases tóxicos. Así, año con año, se repiten los problemas en el relleno sanitario de la zona 3, para el que en 1991 la cooperación japonesa calculó como fecha de colapso el 2002.

En el 2006, se produjeron seis incendios en la zona, y un año más tarde, dos camiones recolectores quedaron hundidos entre la basura, y fue imposible recuperarlos. Los cuerpos de socorro rescataron el cadáver de una mujer de entre los desechos, y varias personas fueron dadas por desaparecidas.

Ayer, se repitió la tragedia en el sector conocido como Quinto Patio, donde murieron cuatro personas, entre ellas un niño de 10 años. Las víctimas quedaron soterradas bajo toneladas de desechos en los patios 3, 4 y 5, áreas que estaban prohibidas para los recolectores, ya que son consideradas de alto riesgo.

Los recolectores de desechos que trabajan en la zona advirtieron que había al menos 15 personas desaparecidas, pero los bomberos decidieron suspender la búsqueda, porque la situación del terreno ponía en riesgo la vida de los rescatistas, informó Julio Dougherty, comandante de los Bomberos Municipales. [...]

Fernando Paz, de la Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres, explicó que se ha trabajado para impedir que la gente ingrese en las zonas de riesgo, pero son muy amplias y es difícil controlar a los guajeros. [...] Al relleno sanitario de la zona 3 ingresan cada día alrededor de mil 500 toneladas de desechos de la capital y de los municipios cercanos, y aunque el cierre del mismo debería haber comenzado, no hay por el momento un proyecto para ello.

[...] El Centro de Estudios Urbanos y Rurales, de la Universidad de San Carlos, señaló que este accidente evidencia un problema recurrente de años, para el que las autoridades no han planteado ninguna solución. "La municipalidad no ha intervenido para dotar a la ciudad de un verdadero relleno sanitario; lo han dejado de lado, y se repiten los accidentes", dijo. [...]

Montaña de residuos: El basurero abarca 284 mil metros cuadrados, donde los desechos se acumulan en diferentes patios. La recogida de basura es el modo de vida para cientos de personas que viven de la venta de productos para reciclar. [...] El patio 5, sobre el que cayó el alud, estaba considerado de alto riesgo, y en esa zona se mezclan aguas residuales de las colonias con los de un nacimiento de agua.

La comuna capitalina invierte alrededor de Q22 millones para su funcionamiento, y asegura que no puede poner más controles para impedir el ingreso, porque la población conoce los riesgos en la zona. [...] Las personas que se encontraban en dichos sectores al momento del deslizamiento ingresaron en el vertedero sin autorización municipal. Provenían de la colonia La Verbena. Debido a la lluvia, el terreno acumuló gran cantidad de agua que, sumado al peso de la basura, ocasionó los demumbes, dijo la comuna.

[...] Los afectados dijeron que en el lugar había al menos 15 personas más, quienes buscaban material reciclable en la zona de desechos. Los cuerpos de socorro no pudieron continuar con la búsqueda, debido a que ello significaba un gran riesgo para el personal.

Más deslaves: Alejandro Maldonado, secretario ejecutivo de Conred, afirmó que apoyaron en las labores de rescate, pero la jurisdicción directa sobre el basurero la tiene la municipalidad capitalina. "Hemos colaborado, pero son ellos los que tomarán acciones al respecto", dijo. Destacó que es posible que se produzcan más deslaves, debido a las lluvias que se han registrado en los últimos días. "Estamos trabajando en eso", afirmó. La Conred le entregará hoy al vicepresidente Rafael Espada un informe sobre las causas y consecuencias del accidente ocurrido en el basurero de la zona 3.

Evaluación de taller

Muchas gracias por participar en el taller: **Importancia del manejo de residuos sólidos en cafetería**, esperamos haya sido de su agrado. Nos gustaría que responda a las siguientes preguntas para mejorar nuestras futuras prácticas. La encuesta es anónima y se responde en menos de 5 min.

Instrucciones: Responda las preguntas haciendo una X en el cuadro que corresponda a su opinión.

1. ¿Se cumplió con los objetivos de taller de capacitación?

- Promover la conciencia ecológica sobre la importancia del manejo de residuos sólidos desde la raíz en el hogar y espacios de trabajo.
- Propiciar espacios de reflexión sobre el problema de manejo de residuos a nivel nacional.

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO
-----------------------------	-----------------------------

2. ¿Los recursos que se utilizaron fueron útiles?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO
-----------------------------	-----------------------------

3. ¿El facilitador utilizó un tono de voz adecuado?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO
-----------------------------	-----------------------------

4. ¿El facilitador se expresó con un vocabulario adecuado?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO
-----------------------------	-----------------------------

5. ¿El tiempo proporcionado para esta capacitación se aprovechó de manera efectiva?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO
-----------------------------	-----------------------------

6. ¿A partir de esta capacitación considera que usted aprendió algo nuevo?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO
-----------------------------	-----------------------------

Escriba un comentario acerca del taller:

Referencias

Guerra, W. T. (s.f). *Cornare.gov.co*. Obtenido de Cornare Pagina 360, España.

Saval, S. (2012). *Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro*. BioTecnología, 16(02).

Anexo P: Módulo 10 Sistematización en una guía, de los pasos establecidos para la enseñanza-aprendizaje del manejo integral de los residuos dentro de un restaurante de comida rápida ubicado en un complejo comercial

1. Instrumento 1- Diario de campo



Instrucciones: El siguiente instrumento debe ser llenado al momento de realizar una observación, se debe escribir toda la información que aporte al cumplimiento del objetivo.

Objetivo: Identificar el manejo de los residuos por parte de los colaboradores en el área de cocina del restaurante de comida rápida.

Lugar	
Hora	
Fecha	
Espacio observado	
Tiempo	Observaciones

2. Instrumento 2 Encuesta a colaboradores del restaurante



Con el objetivo de conocer los procesos del manejo de residuos sólidos que se realizan dentro de la cocina del restaurante, solicito su colaboración respondiendo a esta encuesta, la cual le tomará aproximadamente 5 minutos realizar. La información que proporciona es confidencial. ¡Gracias por su apoyo!

Año en el que inició a laborar en el restaurante: _____

1. Para usted, ¿qué significa manejo/clasificación de los residuos?
2. Mencione las categorías en las que se clasifican los residuos dentro de la cocina de este restaurante:
3. ¿Cuáles fueron los pasos de inducción que usted recibió para conocer el manejo/clasificación de los residuos dentro de la cocina de este restaurante?
4. ¿Cuánto tiempo duró el proceso de inducción que usted recibió, para aprender el manejo correcto de los residuos?
5. ¿De qué manera usted sabía que su desempeño durante el tiempo de inducción, estaba cumpliendo con lo esperado por el gerente o no?
6. ¿Cada cuánto tiempo es reforzado mediante talleres o capacitaciones el tema del manejo/clasificación de los residuos dentro de este restaurante?
7. ¿Considera usted importante el reforzar el tema del manejo integral de los residuos constantemente? Sí No

Comparta ¿cuál es una razón para reforzarlo?

3. Instrumento 3 Encuesta a gerente del restaurante



Con el objetivo de conocer los procesos del manejo de residuos sólidos que se realizan dentro de la cocina del restaurante, solicito su colaboración respondiendo a esta encuesta, la cual le tomará aproximadamente 10 minutos realizar. La información que proporciona es confidencial. ¡Gracias por su apoyo!

1. Para usted, ¿qué significa manejo o clasificación de los residuos?
2. ¿En este restaurante ustedes cuentan con un manejo/clasificación de residuos específico? ¿En qué consiste?
3. Cuando un nuevo colaborador inicia a trabajar en el restaurante, ¿De qué manera se le capacita para desarrollar las destrezas de identificación y clasificación de los diferentes residuos?
4. ¿Cómo es el proceso de evaluación del aprendizaje para el nuevo colaborador con base al nuevo conocimiento del manejo/clasificación de los residuos?
5. ¿Cada cuánto tiempo se capacita a los colaboradores para actualizarse en el tema de manejo de los residuos?
6. ¿Cuenta el restaurante con una guía que detalle los pasos para el proceso de enseñanza-aprendizaje del manejo/clasificación de los residuos dentro de la cocina?

4. Consentimiento informado adulto



Yo _____ estoy de acuerdo en participar en una entrevista para el Diagnóstico de necesidades de capacitación y sistematización de los procesos del manejo de residuos dentro de la cocina del restaurante.

Comprendo que para realizar un análisis de resultados exacto es necesario que esta entrevista sea grabada por audio, la cual será borrada después de cumplir con su cometido. Esta información se considerará confidencial.

Nombre y firma del entrevistado/a

Fecha

Nombre y firma del entrevistador

Fecha

5. Instrumento 4 Entrevista a gerente del restaurante



Con el objetivo de conocer los pasos para la inducción y enseñanza del manejo de residuos sólidos, dirigido a los colaboradores de nuevo ingreso, solicito su colaboración respondiendo a las preguntas que a continuación se realizarán. La información que proporciona es confidencial.

Para que la información sea analizada de forma exacta, solicito su autorización para que esta pueda ser grabada en audio ¡Gracias por su apoyo!

1. ¿Cuáles son los pasos detallados de inducción que se siguen dentro de la cocina para enseñar a los nuevos colaboradores el manejo/clasificación de los residuos producidos?
2. ¿A lo largo de su cargo como gerente cuáles han sido las necesidades principales que usted identifica en su grupo de colaboradores respecto al tema del manejo/clasificación de los residuos?
3. ¿Cuáles considera usted son las fortalezas de su grupo de colaboradores en cuanto al tema del manejo/clasificación de residuos?
4. ¿Cuáles considera son las principales oportunidades de aprendizaje que su equipo necesita en cuanto al manejo/clasificación de residuos?
5. ¿De qué manera considera usted sería una opción para que se establezcan los pasos para la inducción y enseñanza del manejo de residuos?

6. Observación 1 - diario de campo Diario de campo 1

Instrucciones: El siguiente instrumento debe ser llenado al momento de realizar una observación, se debe escribir toda la información que aporte al cumplimiento del objetivo.

Objetivo: Identificar el manejo de los residuos por parte de los colaboradores en el área de cocina del restaurante de comida rápida.

Lugar	Restaurante de comida rápida
Hora	11:30
Fecha	4/10/2017
Espacio observado	Área de fritos
Tiempo	Observaciones
11:30	<ul style="list-style-type: none"> Los colaboradores se encuentran preparando todo porque acaban de terminar de vender los desayunos e inician con la venta de almuerzos.
11:42	<ul style="list-style-type: none"> Los colaboradores preparan los menús solicitados
11: 33	<ul style="list-style-type: none"> Uno de los colaboradores está deposita una caja de cartón dentro del basurero correctamente y tiran una bolsa en donde vienen los vasos de plástico.
12:00	<ul style="list-style-type: none"> Quitan la basura del basurero del organico, la revisan, la hacen el conteo de lo desperdiciado, le echan agua para que nadie se lo coma. Se revisaron los basureros y el de waste crudo y plástico y cartón estaban correctamente clasificados, sin embargo en el de plástico y papel se encontró un poco de papel parafinado con grasa, el cual debe ir en el basurero de residuos generales.

7. Observación 2 - diario de campo Diario de campo 2

Instrucciones: El siguiente instrumento debe ser llenado al momento de realizar una observación, se debe escribir toda la información que aporte al cumplimiento del objetivo.

Objetivo: Identificar el manejo de los residuos por parte de los colaboradores en el área de cocina del restaurante de comida rápida.

Lugar	Restaurante de comida rápida
Hora	3:30
Fecha	4/10/2017
Espacio observado	Área de cafetería y Autoservicio
Tiempo	Observaciones
3:30	<ul style="list-style-type: none"> Se observa que uno de los colaboradores está haciendo el café que un cliente solicitó, el otro colaborador limpia el área de la cafetera. Se deposita los restos de poso del café en el basurero correspondiente. En el área de fritos se encuentra un colaborador que está preparando una hamburguesa, y dos que se encargan de las papas. Dentro del basurero de waste crudo es depositado un pedazo de papel parafinado. Al revisar el basurero de poso de café y encontró un vaso de duroport mezclado. En el basurero de papel y plástico se encontraron 2 tetrapack de leche.
3:42	
3:53	
4:00	

8. Tabulación de encuestas - Encuesta a colaboradores del restaurante

Con el objetivo de conocer los procesos del manejo de residuos sólidos que se realizan dentro de la cocina del restaurante, solicito su colaboración respondiendo a esta encuesta, la cual le tomará aproximadamente 5 minutos realizar. La información que proporciona es confidencial. ¡Gracias por su apoyo!

Año en el que inició a laborar en el restaurante: _____

1. Para usted, ¿qué significa manejo/clasificación de los residuos?

	Respuestas
1.	Separación de objetos para reciclarse según el tipo de material.
2.	
3.	Es el proceso necesario para evitar la contaminación a nuestro medio ambiente.
4.	Es algo importante para no contaminar.
5.	Es clasificar los residuos por aparte según sea.
6.	Clasificar los residuos en orgánico e inorgánico, papel, aluminio, plástico
7.	Clasificar los residuos como orgánico, inorgánico, papel, aluminio, plástico.
8.	Separar la basura
9.	El reciclar y organizar la basura según sea su desecho.
10	El reciclar y organizar la basura según sea su desecho.

Mencione las categorías en las que se clasifican los residuos dentro de la cocina de este restaurante:

	Respuestas
1.	cartón , plástico y duroport
2.	Orgánico e inorgánico
3.	Orgánico e inorgánico
4.	Orgánico e inorgánico
5.	Orgánico e inorgánico
6.	Orgánico, inorgánico, papel y plástico.
7.	Orgánico
8.	plástico, papel y Orgánico
9.	Orgánico e inorgánico
10	Orgánico, papel y cartón, café

¿Cuáles fueron los pasos de inducción que usted recibió para conocer el manejo/clasificación de los residuos dentro de la cocina de este restaurante?

	Respuestas
1.	Por medio de un entrenamiento
2.	Por medio de un entrenamiento
3.	Mediante un plan de entrenamiento, donde recibía información de mi coach.
4.	Un entrenamiento de dos meses.
5.	Mediante un plan de entrenamiento dentro del restaurante.
6.	Entrenamiento inicial.
7.	Por medio de un entrenamiento.
8.	Un proceso de inducción.
9.	Tenemos que cumplir con las reglas establecidas .
10	Recibí un entrenamiento de dos meses

¿Cuánto tiempo duró el proceso de inducción que usted recibió, para aprender el manejo correcto de los residuos?

	Respuestas
1.	1 semana de familiarización
2.	Dos meses
3.	Dos meses
4.	2 meses
5.	Dos meses de entrenamiento
6.	1 semana
7.	1 semana
8.	2 meses
9.	El sistema consta de dos meses
10	dos meses

¿De qué manera usted sabía que su desempeño durante el tiempo de inducción, estaba cumpliendo con lo esperado por el gerente o no?

	Respuestas
1.	Porque comienzan a felicitarnos por hacer las cosas bien.
2.	Mi gerente da seguimiento cada semana
3.	Mediante el feedback que me brindaba mi gerente.
4.	Por mis observaciones y cuadros de procesos
5.	Mediante seguimiento de mi gerente semanalmente.
6.	Por el feedback
7	Viendo los resultados del desperdicio
8.	Porque mis compañeros me ayudaban.
9.	Por el feedback
10	Por el cuadro de procesos y el feedback que me daba el gerente.

¿Cada cuánto tiempo es reforzado mediante talleres o capacitaciones el tema del manejo/clasificación de los residuos dentro de este restaurante?

	Respuestas
1.	Semanal o mensualmente
2.	Cada mes
3.	1 vez al mes
4.	1 vez por mes
5.	Cada mes
6.	1 vez por mes
7.	Cada 3 semanas
8.	1 vez al mes
9.	1 vez al mes
10.	1 vez al mes

¿Considera usted importante el reforzar el tema del manejo integral de los residuos constantemente? **sí no**

Comparta ¿Cuál es una razón para reforzarlo?

	si/no	Respuestas
1.	sí	Porque así ayudamos al medio ambiente tanto como reutilizar materiales que se pueden doble uso, materiales que sirven para combustible, reciclar sirve mucho.
2.	Sí	Para tener orden y limpieza
3.	Sí	Para hacer conciencia a todas las personas ya que no todas saben lo importante que es este proceso.
4.	Sí	Porque yo no quiero contaminar
5.	Sí	Para tener un mejor control, orden y limpieza del mismo.
6.	Sí	Buen manejo de desechos para no contaminar
7.	sí	Reforzar el tema para tener más conocimiento sobre los residuos.
8.	sí	Porque a veces no todas conocemos.
9.	sí	Para poder capacitarnos en la separación y clasificación de los recursos.
10.	sí	Para realizar mejor nuestro trabajo.

9. Taller de refuerzo en el tema manejo integral de Residuos dentro de la cocina de un restaurante de comida rápida

Tema: Manejo Integral de Residuos, aportando al cambio de una cultura ambiental

Tiempo de duración: 1 hora

Con base al diagnóstico de necesidades de capacitación que se identificaron en las entrevistas y encuestas realizadas, se plantea los siguientes objetivos, que permitirán afianzar en los colaboradores, los conocimientos del manejo integral de sus residuos dentro de su cocina.

Objetivo general del taller

1. Reforzar los conocimientos de los colaboradores del restaurante de comida rápida, acerca del manejo integral de los residuos dentro de la cocina.

Objetivos específicos del taller

2. Reforzar los conocimientos previos enseñados en la capacitación de inducción a los colaboradores, acerca del manejo integral de los residuos.
3. Concientizar a los colaboradores del restaurante, acerca de la importancia del manejo integral de los residuos, en su lugar de trabajo.
4. Crear un espacio de aprendizaje, en donde se identifiquen nuevamente las diferentes categorías en las cuales se clasifican los residuos.
5. Proporcionar herramientas visuales que faciliten el reforzamiento aprendizaje del tema de manejo integral de los residuos.

Perfil de los colaboradores a los cuales va dirigida el taller

- La empresa cuenta con 60 colaboradores, entre las edades 19 a 32 años. Los cuales saben leer y escribir.
- Todos tienen la experiencia de trabajar en las áreas de mostrador, parrilla, fritos, autoservicio y cafetería.
- Según la información proporcionada por el gerente, son personas que aprenden de una mejor manera con una metodología lúdica y visual.

Espacio en donde se realizará el taller

- El espacio asignado para realizar la capacitación será el salón de reuniones/comedor de colaboradores.

- El espacio es reducido, es por eso que se necesita el colocar las sillas una a la par de la otra, haciendo 3 filas con 8 sillas cada una.

Condiciones necesarias para realizar el taller

- El área designada debe estar libre de distracciones o ruidos.
- Es necesario contar con dos mesas pequeñas, una para la computadora y cañonera y otra para los materiales a utilizar.

Caracterización del taller

El taller tiene un enfoque andragógico, con una población entre las edades de 19 y 32 años, Fernández (2001) define la Andragogía como la “disciplina que se ocupa de la educación y el aprendizaje de adultos.”

Se utilizará una metodología de enseñanza interactiva, en la cual los colaboradores junto con la facilitadora del taller, compartirán ideas, intercambiarán conceptos, evaluarán procesos y plantearán mejoras para el manejo integral de los residuos dentro de la cocina, (Hernández, 1997).

¿Qué se espera de los colaboradores durante el taller?

- Participar de manera activa en las discusiones.
- Compartir sus experiencias con el resto de colaboradores.
- Mostrar respeto para la facilitadora y sus compañeros
- Autoevaluar si su desempeño respecto al manejo de residuos es el correcto.
- Reconocer la importancia del trabajo en equipo para que los residuos se separen de la manera correcta.
- Identificar las diferentes categorías en las que se manejan los residuos dentro de la cocinar

Planificación del taller

Conforme los colaboradores van ingresando al salón, encontrarán una mesa con stickers en blanco y marcadores, cada colaborador toma uno y escribe su nombre, luego lo pega en un área visible de su ropa, para facilitar la interacción a lo largo del taller.

Tiempo	Tiempo real	Actividades a desarrollar	Materiales para la actividad
5 min	5:32 min	<p>Presentación de la tallerista y grupo de colaboradores:</p> <p>Para iniciar la tallerista dará una breve bienvenida al taller y se introducirá al resto.</p> <p>Luego solicitará que cada uno diga su nombre y una cualidad que los defina.</p>	<p>Computadora</p> <p>Cañonera</p> <p>Presentación de PowerPoint.</p>
2 min	3min	<p>Presentación de los objetivos y acuerdos:</p> <p>La tallerista presenta los objetivos generales y específicos del taller. También indicará que es importante el mantener un ambiente de respeto y que la participación de todos es valiosa para enriquecer el taller.</p>	<p>Computadora</p> <p>Cañonera</p> <p>Presentación de PowerPoint.</p>
10 min		<p>Actividad de motivación o enganche:</p> <p>Se le entregará a cada uno de los colaboradores una pieza del juego “JENGA” la cual tendrá escrita una palabra referente al tema de manejo integral de residuos, cuando cada uno tenga su pieza deberán ir formando la torre.</p> <p>Cuando la torre esté armada, algunos de los colaboradores ayudarán a ir quitando piezas hasta que esta se derribe.</p> <p>Luego se realizará una reflexión, acerca de la importancia que tienen todas estas palabras, de cómo son aplicadas diariamente dentro de la cocina en donde ellos trabajan y que cuando alguna de ellas no se integra en el proceso, éste se vuelve incompleto.</p>	<p>Mesa</p> <p>54 piezas de Jenga con etiquetas.</p>
3 min	3 min	<p>Video de recorrido a la planta (1 min):</p> <p>Debido a que los colaboradores no conocen lo que sucede con las bolsas de los residuos que ellos</p>	<p>Computadora</p> <p>Cañonera</p>

Tiempo	Tiempo real	Actividades a desarrollar	Materiales para la actividad
		clasifican, se les presentará un video con el recorrido de camión de Mantinsa (empresa encargada de recolectar la basura) el cual termina presentando la Planta de Manejo de Desechos sólidos (PMDS), la cual ellos también desconocen.	Video de recorrido
5 min	No fue necesario	Receso	
15 min	17 min	<p>Desarrollo del tema:</p> <p>Se realizará una conexión entre la actividad de Jenga y la definición de Manejo integral de residuos, se explicará su importancia, rol de los colaboradores, conceptos básicos como qué es orgánico e inorgánico.</p> <p>(Ver glosario)</p> <p>Para que esta explicación sea interactiva se realizará una infografía del tamaño de un pliego de papel bond blanco (ver ejemplo en anexo) , esta se construirá con apoyo de los participantes conforme se vaya ampliando el tema.</p> <p>En la mesa se colocarán los materiales como: definiciones, imágenes, símbolos, conectores, papel, goma y tijeras.</p> <p>Como parte de la explicación y ejemplificación de un manejo integral de residuos se utilizarán 4 bolsas con basura que son generadas en la cocina del restaurante. Una contendrá residuos orgánicos e inorgánicos mezclados, una plástico y papel, una solo residuos orgánicos y otra cartón y plástico.</p> <p>Luego el facilitador abrirá cada bolsa y se identificarán los residuos desechados, con la bolsa con residuos</p>	<p>Piezas del juego Jenga</p> <p>pliego de papel blanco</p> <p>Goma</p> <p>Tijeras</p> <p>Papel con definiciones e imágenes.</p> <p>Papel de colores</p> <p>Bolsas de basura:</p> <p>Una de residuos orgánicos e inorgánicos mezclado.</p>

Tiempo	Tiempo real	Actividades a desarrollar	Materiales para la actividad
		mezclados se explicará lo difícil que es rescatar algún producto reciclable y se comparará con los residuos separados correctamente.	Una con plástico y papel. Una solo residuos orgánicos. Una con cartón y plástico.
10 min		<p>Cierre: Como conclusión se compartirán algunos datos interesantes acerca de los beneficios de reciclar.</p> <p>A cada colaborador se le entregará un post-it y un lapicero, en el cual debe completar la frase utilizando el #ApartirDeHoyYoMeComprometoA, ellos deben de colocar algo a lo que se comprometen a realizar dentro de su lugar de trabajo, respecto al manejo integral de residuos.</p> <p>En la pared se colocará un papelógrafo en donde se deben pegar los post-its y si alguno desea compartirlo con el grupo lo puede hacer.</p> <p>Por último, se entregará a cada uno la infografía construida tamaño media carta, como un recurso visual que facilite el aprendizaje-enseñanza del tema. (Ver anexos).</p>	Computadora Cañonera Post-its Lapiceros Papelógrafo Infografía
8 min	5 a 6 min	<p>Evaluación: De manera escrita se evaluarán los alcances del taller, lo positivo, lo que se debe mejorar y los colaboradores podrán dar recomendaciones para futuras prácticas. (Ver anexos).</p>	
2 min	2.30 min	<p>Despedida: Se agradecerá la asistencia y participación en el taller.</p>	

Glosario

Manejo integral de residuos: La Asociación para la Defensa del Ambiente y de la Naturaleza (ADAN) se refiere a “un conjunto de planes, normas y acciones para asegurar que todos los componentes sean tratados de manera ambientalmente adecuada, técnica y académicamente factible y socialmente aceptable”. (2001). Se enfoca en todos los componentes sin importar el origen, estos son: reducción desde la fuente, reuso, reciclaje, valorización y compostaje. La adopción de medidas de reducción, separación en la fuente, almacenamiento, valorización y aprovechamiento de residuos, para proteger la salud y el ambiente.

Residuos orgánicos: Restos biodegradables de plantas y animales. Incluyen restos de frutas y verduras y procedentes de la poda de plantas. Con poco esfuerzo estos desechos pueden recuperarse luego de haber sido transformados por el tiempo y la temperatura. Clean Up The World, (2008)

Residuos inorgánicos: Son aquellos residuos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente, o bien si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta. Estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos. Ejemplos: metales, plásticos, vidrios, cristales, cartones plastificados.

Bibliografía:

- ADAN (2001) *Manejo Integral de los Residuos Sólidos*. Venezuela
- Fundación Clean Up the World (2008), *Residuos Orgánicos*, Australia
- Hernández, P. (1997): *Construyendo el constructivismo: criterios para su fundamentación y su aplicación instruccional*. Barcelona: Paidós.
- Fernández, N. (2001) *Andragogía. Su ubicación en la Educación Continua*. Venezuela.

Manejo Integral de los residuos



Guatemala septiembre, 2017

Adopción de medidas de reducción, separación en fuente, almacenamiento, valorización y aprovechamiento de residuos, para proteger la salud y ambiente.

Residuos



Orgánico

Todo lo que proviene de los restos de organismos vivos como plantas, animales y residuos del ambiente que se degradan fácilmente con el tiempo o la temperatura.



Inorgánico

Todo ese residuo que ha sido formado por procesos químicos y no se degrada naturalmente.



Otras maneras de separar

Waste Crudo



Xinga de café



Plástico y papel



cartón y papel



"Hagamos que el reciclaje sea nuestra manera de vivir." Mario V. Llosa



Elaborado por: Jessica Morales

Evaluación final

Evaluación final del Taller

Manejo integral de residuos, aportando al cambio de una cultura ambiental

Instrucciones:

Estimados colaboradores: con el objetivo de evaluar el taller desarrollado, de manera respetuosa les solicitamos responder las siguientes preguntas.

1. Destaque, al menos, cuatro aspectos positivos que se pueden extraer de las actividades desarrolladas:

- _____
- _____
- _____
- _____

2. ¿Qué aplicabilidad tiene los conocimientos adquiridos en su trabajo dentro de la cocina de este restaurante? Califique de 1 a 5 siendo 5 la mejor puntuación y describa.

1 2 3 4 5

3. ¿El taller cubrió las expectativas que usted tenía en relación con los temas abordados? Escriba 1 ó 2 razones

Califique de 1 a 5 siendo 5 la mejor puntuación y describa.

1 2 3 4 5

- _____
- _____

4. ¿Qué recomendaciones daría a la encargada del taller?

Fuente: Alfaro, Badilla (2015)

Adaptado por: Jessica Morales (2017)

10. Sistematización en una guía de los pasos establecidos para la enseñanza aprendizaje del manejo integral de los residuos dentro de un restaurante de comida rápida ubicado en un complejo comercial (Ver página siguiente)

***Sistematización en una
guía, de los pasos
establecidos para la
enseñanza aprendizaje del
manejo integral de los
residuos
dentro de un restaurante de
comida rápida ubicado en
un complejo comercial***



***Elaborado por
Jessica Morales***

Introducción

Luego de realizar un proceso de investigación que permitiera identificar las necesidades educativas del restaurante, se evidenció la importancia de sistematizar en una guía los procesos ya existentes y proponer nuevas líneas de acción. La sistematización es un proceso de reflexión sobre la práctica, orientada por un marco de análisis y por un método de trabajo, su sentido es dar cuenta de la historia del proyecto y producir un conocimiento que permita comunicar lo que ha sido su trabajo; a través de este análisis se intenta tomar conciencia de lo realizado, de las transformaciones que ha tenido el proyecto y definir así nuevas líneas de acción. (Talagante, 1984:12).

En esta sistematización se incluye una descripción del proceso de investigación, descripción del contexto, objetivos generales y específicos, marco teórico que sustenta el proceso de enseñanza aprendizaje y los pasos detallados de los procesos ya existentes.

Como parte la creación de nuevas líneas de acción, se propone la realización de un taller pedagógico para capacitar al personal de nuevo ingreso respecto al manejo integral de residuos, se cuenta con una evaluación que permite realimentar al colaborador respecto a su desempeño en éste tema y el uso de material visual como apoyo para el aprendizaje y comprensión de la dinámica de separación dentro de la cocina del restaurante.

El taller y la sistematización han sido validados por expertos en el tema de capacitación y manejo integral de residuos.

Sistematización del proceso de Inducción a personal de nuevo ingreso

I. Descripción del desarrollo de la práctica o experiencia educativa

1.Objetivos de la sistematización

Objetivo general

- Guiar a los encargados del proceso de inducción, acerca del contenido específico para la enseñanza del manejo integral de residuos dentro de la cocina del restaurante.

Objetivos específicos

- Establecer un proceso de inducción estandarizado, que facilite la enseñanza del manejo integral de residuos dentro de la cocina del restaurante.
- Capacitar a los nuevos colaboradores acerca del manejo integral de los residuos, realizando un taller como herramienta pedagógica.
- Utilizar estrategias visuales que faciliten el aprendizaje y desempeño de los nuevos colaboradores, en el área de manejo integral de residuos.
- Crear una evaluación objetiva, que demuestre el desempeño del colaborador en el área de manejo integral de residuos.

2.Proceso de investigación

Durante un mes se realizó una investigación cualitativa con la metodología de estudio de casos, el cual implica un proceso de indagación que se caracteriza por el examen detallado, comprensivo, sistemático y en profundidad del caso u objeto de interés. (Rodríguez, Gil y García, 1992).

Para la recolección de información se utilizaron los siguientes técnicas e instrumentos:

- Observaciones - diarios de campo
- Encuestas - cuestionarios a colaboradores y gerente con preguntas abiertas
- Entrevista - cuestionario a gerente con preguntas abiertas

El proceso de investigación se desarrolló únicamente dentro de la cocina del restaurante y durante diferentes tiempos del día.

Los colaboradores se mostraron dispuestos a brindar la información necesaria para el proceso de recolección de datos, participaron en las actividades planificadas y mostraron una actitud de respeto.

3.Marco teórico

Para sustentar el proceso de manejo integral de residuos, se cuenta con una base teórica que sirve como referencia para la enseñanza del mismo:

- **Definición de residuos**

La OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 1998) define los residuos como “aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo, que no han alcanzado un valor económico en el contexto en el que son producidas.”, que proviene de las actividades domésticas, industriales, comerciales o institucionales

- **Manejo integral de residuos**

Según (ADAN, 2001) el manejo integral de los residuos implica la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de prevención, minimización, separación en la fuente, almacenamiento, transporte, aprovechamiento, valorización, tratamiento y disposición final.

Según el Manual *para el manejo integral de residuos en el Valle de Aburrá*, (2006) las etapas del manejo integral de los residuos son las siguientes:

- Realizar el diagnóstico ambiental
- Formular un compromiso institucional
- Diseñar la estructura funcional y asignar responsabilidades.
- Definir y establecer mecanismos de coordinación.
- Gestionar el presupuesto para implementar las medidas para el manejo integral de los residuos.
- Velar por la ejecución de las medidas establecidas para el manejo integral de los residuos.
- Realizar campañas de capacitación periódicas.

- Establecer medidas para el mejoramiento continuo en relación con el manejo integral de los residuos.

- **Separación en la fuente**

La separación en la fuente se considera como la base fundamental del manejo integral de los residuos, la cual consiste en la separación específica de los residuos que provienen de los diferentes lugares. Para que este proceso se cumpla de manera efectiva, es importante disponer con los recipientes adecuados, elaborados con un material resistente, que no se deteriore con facilidad, con un diseño y capacidad que facilite el proceso de almacenamiento de residuos.

Para facilitar el proceso de separación en la fuente el Manual para el manejo integral de residuos en el Valle de Aburrá, 2006) recomienda que cada recipiente para el depósito de los residuos cuente con los siguientes aspectos:

- Tipos de residuo a disponer
 - Símbolos asociados, en caso de no tener uno establecido.
 - Listado de residuos generados con mayor frecuencia en la organización.
- **Recolección**
Cada organización debe tener claramente definidas las rutas de recolección y la disponibilidad de los recipientes para residuos, horarios definidos para realizar cambios e identificar lo que a continuación se menciona:
- Localización, número y capacidad de los recipientes donde se encuentran los residuos.
 - Tipos de residuos generados, los cuales se asocian a los recipientes correspondientes.
 - Este proceso se puede lograr con la ayuda utilizando los planes de organización que la institución ya estableció.

- **Tipos de residuos**

- Residuos orgánicos

- Restos biodegradables de plantas y animales. Incluyen restos de frutas y verduras y procedentes de la poda de plantas. Con poco esfuerzo estos desechos pueden recuperarse luego de haber sido transformados por el tiempo y la temperatura. (Clean Up The World, 2año?)

- Residuos inorgánicos

- Son aquellos residuos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente, o bien si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta. Estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos. Ejemplos: metales, plásticos, vidrios, cristales, cartones plastificados.

Según la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS), del Gobierno de Puerto Rico, se describe los principales residuos sólidos que se producen:

- **Aluminio**

- El aluminio es un metal que se extrae de un mineral llamado bauxita mediante un proceso eléctrico. Se extrae la alúmina de la bauxita y se funde para obtener aluminio.

- **Papel**

- El papel y sus derivados se obtienen de las fibras de celulosa de los árboles. Los árboles son un recurso natural renovable muy valioso. Estos proveen recreación pasiva, producen oxígeno y reducen el aumento y los efectos nocivos del bióxido de carbono al purificar el aire que respiramos.

- **Plástico**

- El plástico se origina de un componente básico llamado resina, el cual es un derivado del aceite o gas natural (petróleo). La industria del plástico tiene un sistema de códigos para identificar las siete categorías de este material: PETE, HDPE, PET, LDPE, PP, PS.

- **Cartón**

- El cartón es un material que se produce mediante la adhesión de múltiples capas de pasta de papel, que se pegan por la humedad, se comprimen y luego se secan a través de la evaporación. Con el proceso de secado, el cartón se vuelve consistente.

4.Contexto

Esta sistematización está dirigida a un restaurante de comida rápida. Este restaurante cuenta con un total de 73 restaurantes, de los cuales 57 se encuentran ubicados en la ciudad capital y 16 en el interior de la república de Guatemala. Su visión como compañía es “Ser el lugar y la manera favorita para comer de nuestros clientes.”

El restaurante inició en Guatemala 1974, ubicando su primer restaurante en la zona 1 de la ciudad capital. Con el paso de los años este restaurante ha adoptado nuevos programas y servicios en beneficio a sus colaboradores y visitantes.

La limpieza siempre ha sido una de las principales características de este restaurante, esta es considerada como un compromiso con el cliente, la regla que los describe es: “limpia mientras trabajas, limpia por donde pasas”, esto abarca de igual manera al manejo de los residuos, los cuales son separados en categorías específicas, para luego ser recicladas por una empresa. se evita el desperdicio de los residuos.

Alrededor de la cocina se cuentan con 8 basureros distribuidos en las diferentes áreas de trabajo, cada colaborador ha sido capacitado para la correcta separación e identificación de los diferentes residuos producidos y a lo largo de dos meses de entrenamiento es evaluado en esta área.

5. La intencionalidad de la experiencia o práctica educativa

Con el fin de establecer las prácticas del proceso de inducción para los colaboradores de nuevo ingreso, se redacta una guía en donde se describen los pasos para la enseñanza-aprendizaje respecto al manejo integral de los residuos. En ésta se propone una capacitación en modalidad de taller, que permite reforzar el tema de manejo integral de residuos. Es importante fomentar en los colaboradores el compromiso y responsabilidad en este tema para que este esté presente las prácticas diarias y se cumpla de la manera esperada.

6. Análisis del desarrollo de la experiencia

Como parte del proceso de investigación para la sistematización, se identificó la necesidad de reforzar el tema de manejo integral de residuos. Para este se planificó y realizó un taller pedagógico que permitió abordar el tema, se enseñaron las categorías en las cuales son clasificados los residuos dentro de la cocina del restaurante y mediante actividades lúdicas se enfatizó la importancia

del compromiso con la comunidad y el ambiente para la reducción de la contaminación y se invitó a los colaboradores a compartir con otros lo aprendido como parte de una responsabilidad social.

Los talleres se realizaron uno por la mañana y otro por la tarde, todos los colaboradores que asistieron a éste mostraron una excelente actitud de aprendizaje, se reflejó el interés y compromiso por adoptar nuevas medidas de separación y la responsabilidad que cada uno aceptó para realizar su trabajo de separación de manera integral.

Respecto a las encuestas y entrevistas realizadas durante el estudio de casos, el proceso fue enriquecedor, ya que se contó con la apertura de los colaboradores para la realización de las encuestas, cada uno se tomó el tiempo para llenarlas.

La entrevista con el gerente, permitió la recolección de información para la redacción de la guía, en esta se abordaron los temas pasos para el proceso de inducción, necesidades de capacitación y panorama general de los perfiles de los colaboradores.

7. Los resultados de la experiencia cuentan:

Al finalizar el taller se realizó una evaluación que contenía ítems que permitieron verificar si el tema y conceptos habían sido comprendidos correctamente y se recibió realimentación de las actividades realizadas a lo largo del taller. Los resultados reflejaron un verdadero aprendizaje en los colaboradores y los comentarios de realimentación, permitirán la mejora de las futuras prácticas.

Luego de realizar el taller de capacitación, las encuestas, observaciones y entrevistas, se puede concluir que los procesos de manejo integral de residuos si se desarrollan dentro de la cocina del restaurante, sin embargo, no se cuenta con una guía por escrito que oriente a los encargados a realizar el proceso de manera estructurada.

Los colaboradores conocen del tema, sin embargo, se observó que en ciertos basureros el residuo no estaba clasificados según las categorías establecidas y esto interrumpió el proceso integral de la separación.

8. Estrategias, técnicas y herramientas para comunicar la experiencia, o conocimiento. Utilizar formato escrito.

A continuación, se describen los pasos y las herramientas que surgen de la sistematización de los pasos para la enseñanza del manejo integral de los residuos.

Pasos	Actividades
1	Presentar a los colaboradores la misión y visión del restaurante.
2	Detallar a los colaboradores las áreas en las que serán capacitados durante dos meses (cafetería, área de parrilla, autoservicio, fritos y mostrador). En estas 5 áreas se manejan los residuos de diferentes categorías, por eso es importante que todos los colaboradores conozcan el manejo integral de residuos en general, para que este pueda ser aplicado en cualquier área en la que el colaborador se esté desempeñando.
3	Capacitar por medio de un taller pedagógico, a los nuevos colaboradores acerca del manejo integral de los residuos.
4	Pegar en los basureros los rótulos e imágenes específicos para cada categoría y mostrarlos a los colaboradores
5	Mostrar a los colaboradores la evaluación periódica que se estará realizando a lo largo de los dos meses del proceso de inducción, para que ellos conozcan los aspectos en los que ellos se deben de enfocar.
6	Dar realimentación acerca del desempeño de los colaboradores en las diferentes áreas de trabajo, utilizando el registro de desempeño con las calcomanías amarillas (básico) y verde (avanzado), con el cual trabajan.
7	Realizar capacitaciones continuas que refuercen el tema de manejo integral de los residuos y brindar información actualizada que permita el mejorar las prácticas dentro de la cocina del restaurante.

II. Taller para personal de nuevo ingreso

Manejo integral de Residuos dentro de la cocina de un restaurante de comida rápida

Tema: Inducción al manejo Integral de residuos

Tiempo de duración: 50 minutos

Con base a la sistematización de los pasos de inducción para la enseñanza del manejo integral de residuos al personal de nuevo ingreso, se proponen los siguientes objetivos:

Objetivo general del taller

- Enseñar a los nuevos colaboradores, el proceso adecuado del manejo integral de los residuos que se realiza dentro de la cocina del restaurante.

Objetivos específicos del taller

- Enseñar el concepto de manejo integral de residuos de manera detallada para su correcta comprensión.
- Explicar las categorías en las que son divididos los residuos dentro de la cocina del restaurante.
- Concientizar a los colaboradores del restaurante, acerca de la importancia del manejo integral de los residuos, en su lugar de trabajo.
- Proporcionar herramientas visuales que faciliten el reforzamiento del aprendizaje en el tema de manejo integral de los residuos.

Perfil de los colaboradores a los cuales va dirigido el taller

- La empresa cuenta con colaboradores, de las edades comprendidas entre 16 a 32 años entre.
- Es posible que los colaboradores sean expuestos por primera vez al tema de manejo integral de los residuos.
- Todos los colaboradores son capacitados para trabajar en las áreas de mostrador, parrilla, fritos, autoservicio, cafetería, en los cuales se generan residuos.
- Según la información proporcionada por el gerente, son personas que aprenden de una mejor manera con una metodología lúdica y visual.

Espacio en donde se realizará el taller

- El espacio asignado para realizar la capacitación debe contar con buena iluminación y ventilación.

Condiciones necesarias para realizar el taller

- El área designada debe estar libre de distracciones o ruidos.
- Es necesario contar con una televisión o/computadora para proyectar la presentación.
- Los colaboradores deben de contar con el tiempo necesario para poder asistir al taller.

Caracterización del taller

El taller tiene un enfoque andragógico, con una población entre las edades de 16 y 32 años, Fernández (2001) define la Andragogía como la “disciplina que se ocupa de la educación y el aprendizaje de adultos.”

Se utilizará una metodología de enseñanza interactiva, en la cual los colaboradores junto con la facilitadora del taller, compartirán ideas, intercambiarán conceptos, evaluarán procesos y aprenderán el manejo integral de los residuos dentro de la cocina del restaurante, (Hernández, 1997).

¿Qué se espera de los colaboradores durante el taller?

- Participar de manera activa en las discusiones.
- Mostrar respeto para la facilitadora y sus compañeros.
- Autoevaluar su desempeño respecto al manejo de residuos.
- Reconocer la importancia del trabajo en equipo para que los residuos se separen de la manera correcta.
- Identificar las diferentes categorías en las que se manejan los residuos dentro de la cocina.

Planificación del taller

Tiempo	Actividades a Desarrollar	Materiales para la actividad
2 min	<p>Bienvenida</p> <p>Iniciar dando la bienvenida a los nuevos colaboradores y asegurarse que cada uno tenga su gafete con su nombre para que en el transcurso del taller se facilite su participación.</p>	Presentación de PowerPoint
3 min	<p>Presentación de los objetivos y acuerdos:</p> <p>Se presentarán los objetivos del taller y los acuerdos de compromiso, participación y respeto a lo largo de las actividades planificadas.</p> <p>los cuales estarán escritos en la presentación de PowerPoint.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora/televisión • Cañonera/cables HDMI • Presentación de PowerPoint.
5 min	<p>Actividad de motivación o enganche:</p> <p>Se pegará en la pared un papelógrafo con el título de “manejo integral de residuos” al centro. Se entregará a los nuevos colaboradores 1 marcador, luego deberán pensar en 2 palabras que para ellos representen el significado de manejo integral de residuos.</p> <p>Al finalizar se hará un resumen de las palabras escritas y se explicará que a lo largo del taller verificaremos si éstas forman parte del concepto desarrollado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • papelógrafo • marcador • masking tape • área libre para pegar papelógrafo.
20 min	<p>Desarrollo del tema:</p> <p>Para desarrollar el tema de manejo integral de los residuos y presentar a los nuevos colaboradores las diferentes maneras en las que se separan los residuos en el restaurante. Se les presentará una infografía (ver anexo), la cual detalla el significado del mismo.</p>	<p>una Infografía impresa doble oficio</p> <ul style="list-style-type: none"> • infografías tamaño media carta (una para cada nuevo colaborador). • tape

Tiempo	Actividades a Desarrollar	Materiales para la actividad
	<p>El encargado del taller tendrá una infografía tamaño doble oficio pegada en la pared, para la explicación y cada colaborador tendrá una infografía tamaño media carta como guía y recurso visual.</p> <p>Se desglosará y explicará a qué se refiere cada palabra que comprende el significado.</p> <p>Decir: <i>“¿Qué es la adopción de medidas de reducción?, esto se refiere a que cada uno se compromete a habituarse a la reducción del desperdicio de los residuos y reciclar de la mejor manera.</i></p> <p><i>¿Qué es la separación en la fuente?, nosotros desde nuestra área de trabajo somos la principal fuente de producción de residuos y debemos clasificarlos en el recipiente correcto de manera inmediata.</i></p> <p><i>¿Qué es el almacenamiento? esto se refiere a depositar cada residuo en la categoría y recipiente específico, para luego ser llevado al lugar en donde inicia el proceso de reciclaje.</i></p> <p><i>¿Qué es la valorización?, es darle valor e importancia a los residuos reciclables, por ejemplo: es comprender que una botella de plástico puede ser utilizada varias veces hasta que ésta pierda su forma o uso y luego pueda convertirse en una nueva botella.</i></p> <p><i>¿Qué es el aprovechamiento de los residuos? esto se refiere a encontrarle nuevos usos a los residuos reciclables, como por ejemplo: saber que los residuos orgánicos luego de pasar por un</i></p>	

Tiempo	Actividades a Desarrollar	Materiales para la actividad
	<p><i>proceso químico pueden convertirse en abono para los jardines.</i></p> <p><i>¿Por qué es importante un manejo integral de residuos? porque esto favorece a la salud y bienestar de cada ser humano y del ambiente.</i></p> <p>Luego se describen dos categorías en las que comúnmente se clasifican los residuos: orgánico e inorgánico.</p> <p>Decir: <i>“los residuos orgánicos, son aquellos que provienen de los restos de organismos vivos, como plantas, animales y residuos del ambiente que se degradan fácilmente con el tiempo y la temperatura, como ejemplo tenemos: el pan, la lechuga, el tomate, la carne, el pollo, las plantas, la pasta, etc.</i></p> <p><i>Los residuos inorgánicos, son los que han pasado por un proceso químico y no se degradan naturalmente, como ejemplo tenemos: los vasos de duroport, el papel encerado, el plástico, aluminio, etc.”</i></p> <p>Se hará esta aclaración ya que es importante que los colaboradores comprendan su diferencia antes de clasificar los residuos en categorías específicas.</p> <p>Decir: <i>“dentro de la cocina de este restaurante, existen 4 diferentes categorías en las que se manejan los residuos y estos son: waste crudo, xinga de café, plástico y papel, cartón y papel.</i></p> <p><i>En el basurero de Waste crudo el cual está debidamente identificado debajo de la mesa de ingredientes, únicamente irán los restos de</i></p>	

Tiempo	Actividades a Desarrollar	Materiales para la actividad
	<p><i>alimentos como: lechuga, tomate, pan, queso, carne, pepinillos, panqueques, huevos.</i></p> <p><i>En el basurero de xinga de café, el cual se encuentra ubicado debajo y a un lado máquina cafetera, únicamente puede ir este residuo, no mezclarlo con otros orgánicos.</i></p> <p><i>En el basurero de plástico y papel los cuales se encuentran a la par de las dos planchas freidoras, depositar únicamente los residuos de los plásticos de los vasos de café, protectores plásticos, servilletas, papeles protectores de queso y carne.</i></p> <p><i>Por último en el basurero de cartón y papel, los cuales están debajo de las planchas freidoras, depositar únicamente los restos de cajas de cartón, cajas protectoras de hamburguesas e individuales.</i></p> <p><i>Si todos trabajamos de manera responsable y seguimos este proceso para el manejo integral de los residuos, contribuiremos como empresa a reducir el desperdicio y la contaminación en el ambiente.”</i></p> <p><i>Antes de continuar se regresará al papelógrafo que se llenó al inicio y se evaluarán si las palabras escritas concuerdan con el significado que se acaba de desglosar.</i></p>	
10 min	Cierre:	

Tiempo	Actividades a Desarrollar	Materiales para la actividad
	<p>Para concluir, se realizará un recorrido dentro de las instalaciones de la cocina del restaurante y se identificarán la ubicación de cada basurero por categoría.</p> <p>Al finalizar se regresa al salón de reuniones para la actividad final.</p>	
7 min	<p>Evaluación:</p> <p>De manera escrita se evaluarán los alcances del taller y los aspectos positivos. Esto servirá de parámetro para el gerente, para identificar si los colaboradores comprendieron la información de manera correcta. (Ver anexos).</p> <p>Por último se le entregará a cada uno de los participantes tres imágenes diferentes, 1 residuo de plástico, un residuo de papel y un residuo orgánico, en la salida del salón se tendrán tres bolsas debidamente identificadas (waste crudo, papel y plástico), cada uno deberá escribir su nombre en la parte de atrás de la imagen y pasar depositando el residuo en la bolsa correspondiente, luego el gerente ya sin los colaboradores en el salón evaluará si cada residuo fue clasificado correctamente. (Ver anexos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • evaluaciones impresas. • lapiceros • 1 bolsa para waste crudo • 1 bolsa para residuos plásticos • 1 bolsa para residuos de papel. • 1magenes de residuos, orgánicos, plásticos y papel.
3 min	<p>Despedida:</p> <p>Se agradecerá la asistencia, participación en el taller y se refuerza la importancia del compromiso de cada uno para que dentro de las instalaciones de la cocina del restaurante se tenga un manejo integral de residuos.</p>	

Glosario

Manejo integral de Residuos: La Asociación para la Defensa del Ambiente y de la Naturaleza (ADAN) se refiere a “un conjunto de planes, normas y acciones para asegurar que todos los componentes sean tratados de manera ambientalmente adecuada, técnica y académicamente factible y socialmente aceptable”. (2001). Se enfoca en todos los componentes sin importar el origen, estos son: reducción desde la fuente, reuso, reciclaje, valorización y compostaje. La adopción de medidas de reducción, separación en la fuente, almacenamiento, valorización y aprovechamiento de residuos, para proteger la salud y el ambiente.

Residuos orgánicos: Restos biodegradables de plantas y animales. Incluyen restos de frutas y verduras y procedentes de la poda de plantas. Con poco esfuerzo estos desechos pueden recuperarse luego de haber sido transformados por el tiempo y la temperatura. Clean Up The World, (2008)

Residuos inorgánicos: Son aquellos residuos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente, o bien si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta. Estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos. Ejemplos: metales, plásticos, vidrios, cristales, cartones plastificados.

Bibliografía:

- ADAN (2001) *Manejo Integral de los Residuos Sólidos*. Venezuela
- Fundación Clean Up the World (2008), *Residuos Orgánicos*, Australia
- Hernández, P. (1997): *Construyendo el constructivismo: criterios para su fundamentación y su aplicación instruccional*. Barcelona: Paidós.
- Fernández, N. (2001) *Andragogía. Su ubicación en la Educación Continua*. Venezuela.

Infografía



Evaluación final

Evaluación final del Taller Manejo integral de residuos

Instrucciones:

Estimados colaboradores: con el objetivo de evaluar el taller desarrollado, de manera respetuosa les solicitamos responder las siguientes preguntas.

1. Destaque, al menos, 3 conocimientos nuevos que puede extraer de las actividades desarrolladas

- _____
- _____

2. ¿Qué aplicabilidad tienen los conocimientos adquiridos en su trabajo dentro de la cocina de este restaurante? Califique de 1 a 5 siendo 5 la mejor puntuación y describa.

1 2 3 4 5

- _____

3. ¿El taller cubrió las expectativas que usted tenía en relación con los temas abordados? Escriba 1 ó 2 razones

Califique de 1 a 5 siendo 5 la mejor puntuación y describa.

1 2 3 4 5

- _____
- _____

4. ¿Con la información proporcionada, se siente usted seguro/a para manejar de manera integral los residuos que se producen dentro de la cocina o necesita mayor información?

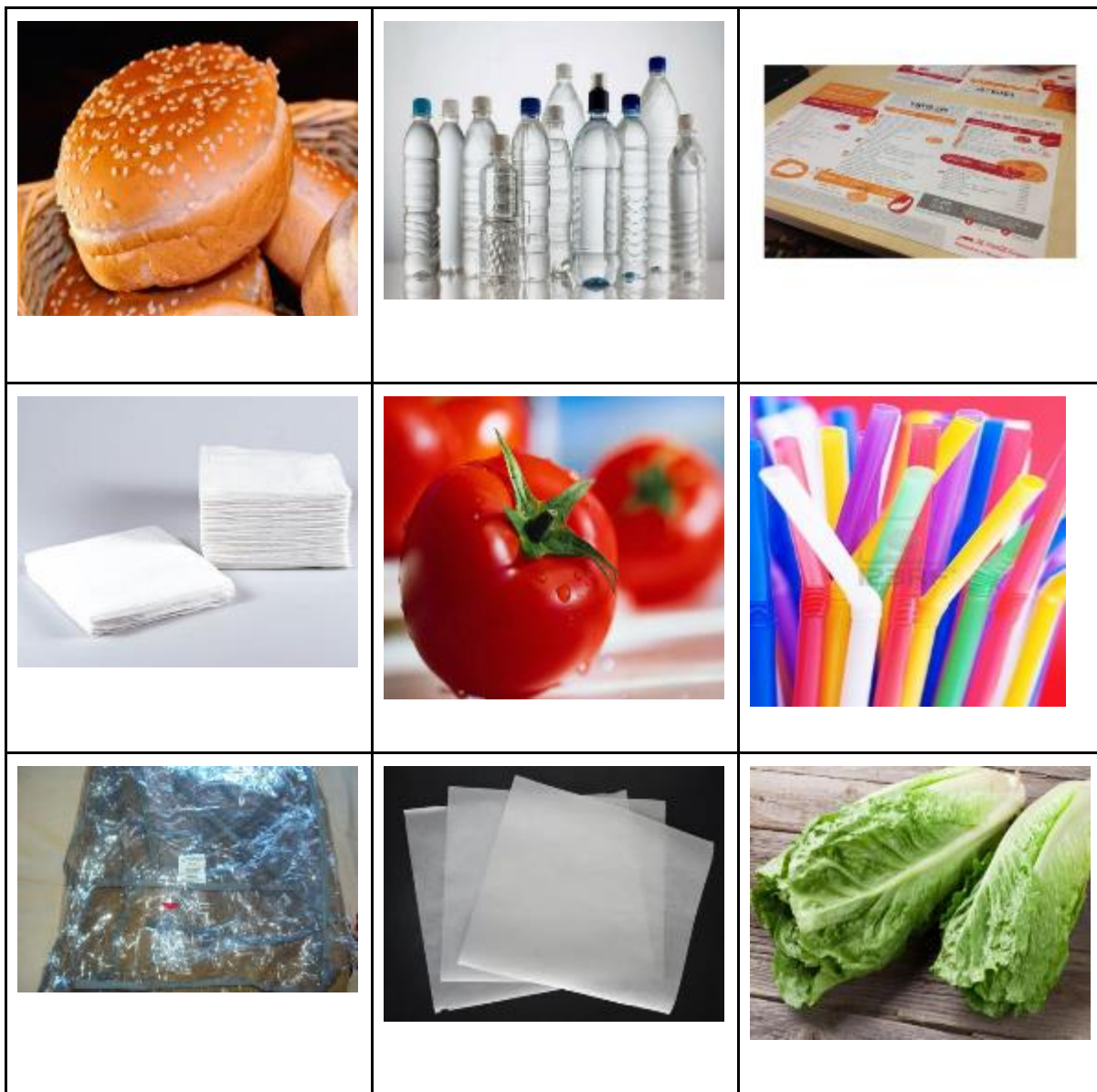
1 2 3 4 5

- _____

5. ¿Qué recomendaciones daría para la mejora de este taller?

Adaptado por: Jessica Morales (2017)

Imágenes para clasificar según su categoría



Evaluación de desempeño acerca del

Manejo integral de los residuos dentro de la cocina del restaurante

Con el fin de evaluar periódicamente el desempeño de los colaboradores respecto al manejo integral de los residuos, se propone el utilizar la siguiente lista de cotejo:

#	Aspectos a evaluar	sí	no
1.	El colaborador conoce las cuatro categorías en las que se clasifican los residuos dentro de la cocina del restaurante.		
2.	El colaborador identifica el lugar en donde están ubicados cada uno de los basureros dependiendo del área de trabajo y tipo de residuo.		
3.	El colaborador separa de manera correcta los residuos plásticos y papel en los basureros asignados.		
4.	El colaborador separa de manera correcta los residuos de Waste crudo en los basureros asignados.		
5.	El colaborador separa de manera correcta los residuos de papel y cartón en los basureros asignados.		
6.	El colaborador demuestra compromiso con las responsabilidades del manejo integral de residuos dentro de la cocina del restaurante.		
Comentarios adicionales que mejoren el desempeño del colaborador:			

Recursos visuales en basureros

waste crudo



Nota: Se sugiere que este título e imágenes sean impresas en papel calcomanía y se peguen en los basureros correspondientes.

papel y plástico



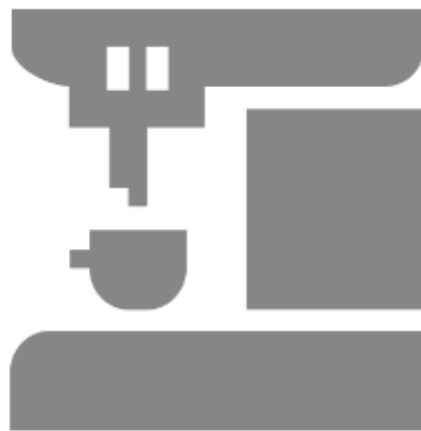
Nota: Se sugiere que este título e imágenes sean impresas en papel calcomanía y se peguen en los basureros correspondientes.

papel y catón



Nota: Se sugiere que este título e imágenes sean impresas en papel calcomanía y se peguen en los basureros correspondientes.

xīngā de cāfé



11. Validación rúbrica de validación de experto para taller de refuerzo

Para validar el taller de capacitación propuesto reforzar el tema de manejo integral de los residuos, se solicitó la colaboración de una experta en el tema, quien llenó esta rúbrica y agregó sus comentarios para sugerir algunos cambios, con el fin de aportar mejoras a las de las prácticas.

Cuadro 365: Validación rúbrica de validación de experto para taller de refuerzo

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
Estructura del taller	La estructura del taller contempla la presentación lógica y secuencial de procedimientos y actividades didácticas.	La estructura del taller contempla medianamente la presentación lógica y secuencial de procedimientos y actividades didácticas.	La estructura del taller contempla la presentación poco clara de procedimientos y actividades didácticas.
	La estructura del taller contempla la participación de todos los colaboradores.	La estructura del taller contempla la participación de la mayoría de colaboradores.	La estructura del taller no contempla participación de los colaboradores.
	La planificación del taller es coherente con los objetivos de aprendizaje.	La planificación del taller es medianamente coherente con los objetivos de aprendizaje.	La planificación del taller no es coherente con los objetivos de aprendizaje.
	La estructura del taller contempla el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.	La estructura del taller contempla medianamente el tiempo pertinentes para el desarrollo de la misma.	La estructura del taller no contempla el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.
Objetivos	Todos los objetivos son coherentes con las actividades descritas en la planificación.	Algunos objetivos establecidos con las actividades descritas en la planificación.	Los objetivos establecidos no son coherentes con las actividades descritas en la planificación.
Desarrollo de contenido	Todos los contenidos son congruentes para lograr los objetivos planteados.	La mayoría de contenidos permiten el logro de los objetivos planteados.	Los contenidos son insuficientes para el logro de los objetivos planteados.
Distribución de tiempo	Los tiempos planteados por actividad son suficientes, para realizar las actividades de manera completa.	Algunos tiempos establecidos por actividad son suficientes para la realización de la mayoría de actividades	Los tiempos establecidos por actividad son insuficientes para la realización de las actividades
Recursos utilizados	Todos los recursos materiales y didácticos son congruentes con las actividades.	Algunos recursos didácticos y Materiales son congruentes con las actividades.	Los recursos didácticos y materiales no son congruentes con las actividades.

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
Instrumento de evaluación	Todas las preguntas del instrumento de evaluación son congruentes con las actividades realizadas y brindan la información necesaria para el análisis de resultados.	Algunas preguntas del instrumento de evaluación son congruentes con las actividades realizadas y brindan la información necesaria para el análisis de resultados.	No todas las preguntas del instrumento de evaluación son congruentes con las actividades realizadas y no brindan la información necesaria para el análisis de resultados.
<p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Me parece excelente tu planteamiento. Te felicito por ser consistente en incluir la palabra "colaboradores" MUY BIEN!! • Ojo con el plantemiento en la propuesta con los verbos, todos deben estar en futuro, y tildar los verbos, ejemplo: realizarán, elaborarán, reflexionarán, etc. • Los términos que una vez uses con la primera letra en mayúscula, debes colocarlo así consistentemente en todo el texto. • Utilizas varias fuentes de consulta (referencias bibliográficas), las citas dentro del texto, pero al final de tu propuesta, debes presentar una lista completa de las referencias (eso falta). • Como verás en la rúbrica, en todo el desarrollo del taller lo evaluó como SUFICIENTE. Me parece que tu trabajo está muy bien mediado para la audiencia, es muy creativo. Mi única observación es en relación a la EVALUACIÓN. Puedes combinar evaluación numérica, en escala de 0 a 5 o de 0 a 10, y además pedir evaluación cualitativa. Si pides evaluación en escala numérica, en tus resultados, podrás presentar gráficas, lo cual es muy bueno para tus reportes, es muy visual y adecuado para tu audiencia (megaproyecto / ingenieros). 			

Rúbrica elaborada por: Jaime Méndez Barrientos (2015)

Adaptada por: Jessica Morales (2017)

12. Rúbrica de validación de experto para evaluación del taller de inducción

Para validar el taller de capacitación propuesto para el proceso de inducción, se solicitó la colaboración de una experta en el tema, quien llenó esta rúbrica y agregó sus comentarios para sugerir algunos cambios, con el fin de aportar mejoras a las de las prácticas.

Cuadro 366: Rúbrica de validación de experto para evaluación del taller de inducción

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
Estructura del taller	La estructura del taller contempla la presentación lógica y secuencial de procedimientos y actividades didácticas.	La estructura del taller contempla medianamente la presentación lógica y secuencial de procedimientos y actividades didácticas.	La estructura del taller contempla la presentación poco clara de procedimientos y actividades didácticas.
	La estructura del taller contempla la participación de todos los colaboradores.	La estructura del taller contempla la participación de la mayoría de colaboradores.	La estructura del taller no contempla participación de los colaboradores.
	La planificación del taller es coherente con los objetivos de aprendizaje.	La planificación del taller es medianamente coherente con los objetivos de aprendizaje.	La planificación del taller no es coherente con los objetivos de aprendizaje.
	La estructura del taller contempla el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.	La estructura del taller contempla medianamente el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.	La estructura del taller no contempla el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.
Objetivos	Todos los objetivos son coherentes con las actividades descritas en la planificación.	Algunos objetivos establecidos con las actividades descritas en la planificación.	Los objetivos establecidos no son coherentes con las actividades descritas en la planificación.
Desarrollo de contenido	Todos los contenidos son congruentes para lograr los objetivos planteados.	La mayoría de contenidos permiten el logro de los objetivos planteados.	Los contenidos son insuficientes para el logro de los objetivos planteados.
Distribución de tiempo	Los tiempos planteados por actividad son suficientes, para realizar las actividades de manera completa.	Algunos tiempos establecidos por actividad son suficientes para la realización de la mayoría de actividades	Los tiempos establecidos por actividad son insuficientes para la realización de las actividades
Recursos utilizados	Todos los recursos materiales y didácticos son congruentes con las actividades.	Algunos recursos didácticos y materiales son congruentes con las actividades.	Los recursos didácticos y materiales no son congruentes con las actividades.
Instrumento de evaluación	Todas las preguntas del instrumento de evaluación	Algunas preguntas del instrumento de evaluación son congruentes con las l as	No todas las preguntas del instrumento de evaluación son incongruentes

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
	son congruentes con las Actividades realizadas y brindan la información necesaria para el análisis de resultados.	Actividades realizadas y brindan la información necesaria para el análisis de resultados.	con las actividades realizadas y no brindan la información Necesaria para el análisis de resultados.
Comentarios: Excelente!! Buena mediación de la información. Presentada de forma pertinente y relevante. Tannia de Castañeda, M.A.			

Rúbrica elaborada por: Jaime Méndez Barrientos (2015)

Adaptada por: Jessica Morales (2017)

13. Rúbrica de validación de experto respecto a la sistematización de los pasos

Para validar la sistematización propuesta respecto al manejo integral de los residuos dentro de la cocina de un restaurante de comida rápida, se solicitó la colaboración de un experto en el tema de procesos de inducción y manejo de residuos, quien llenó esta rúbrica y agregó sus comentarios para sugerir algunos cambios, con el fin de aportar mejoras a las de las prácticas.

Cuadro 367: Rubrica de validación de experto respecto a la sistematización de los pasos:

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
Sistematización	La estructura de la sistematización contempla la presentación lógica y secuencial de procedimientos realizados en el restaurante.	La estructura de la sistematización contempla medianamente la presentación lógica y secuencial de procedimientos realizados en el restaurante.	La estructura de la sistematización contempla la presentación poco clara de procedimientos realizados en el restaurante.
	La estructura de la sistematización contempla la participación de todos los colaboradores.	La estructura de la sistematización contempla la participación de la mayoría de colaboradores.	La estructura de la sistematización no contempla participación de los colaboradores.

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
	La planificación del taller es coherente con los objetivos de aprendizaje.	La planificación del taller es medianamente coherente con los objetivos de aprendizaje.	La planificación del taller no es coherente con los objetivos de aprendizaje.
Objetivos	Todos los objetivos son coherentes con las actividades descritas a lo largo de la sistematización.	Algunos objetivos establecidos con las actividades descritas a lo largo de la sistematización.	Los objetivos establecidos no son coherentes con las actividades descritas a lo largo de la sistematización.
Taller	La estructura del taller contempla el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.	La estructura del taller contempla medianamente el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.	La estructura del taller no contempla el tiempo pertinente para el desarrollo de la misma.
	La estructura del taller contempla los conocimientos pertinentes a desarrollar en los colaboradores, acorde a las necesidades del restaurante.	La estructura del taller contempla los conocimientos medianamente pertinentes a desarrollar en los colaboradores, acorde a las necesidades del restaurante.	La estructura del taller no contemplo los conocimientos pertinentes a desarrollar en los colaboradores, acorde a las necesidades del restaurante.
Desarrollo de contenido	Todos los contenidos son congruentes para lograr los objetivos planteados.	La mayoría de contenidos permiten el logro de los objetivos planteados.	Los contenidos son insuficientes para el logro de los objetivos planteados.
Marco teórico	Toda la teoría es congruente para la fundamentación de la sistematización.	La mayoría de la teoría es congruente para la fundamentación de la sistematización.	La teoría es insuficiente para la fundamentación de la sistematización.
Distribución de tiempo	Los tiempos planteados por actividad son suficientes, para realizar las actividades de manera completa.	Algunos tiempos establecidos por actividad son suficientes para la realización de la mayoría de actividades	Los tiempos establecidos por actividad son insuficientes para la realización de las actividades
Recursos utilizados	Todos los recursos materiales y didácticos son congruentes	Algunos recursos didácticos y materiales son congruentes	Los recursos didácticos y materiales no son

Criterio	Suficiente	Adecuado	Insuficiente
	con la sistematización propuesta.	con la sistematización propuesta.	congruentes con la sistematización propuesta.
Instrumento de evaluación (lista de cotejo)	Todas las preguntas del instrumento de evaluación son congruentes con la sistematización propuesta y brindan la información necesaria para el análisis de resultados.	Algunas preguntas del instrumento de evaluación son congruentes la sistematización propuesta y brindan la información necesaria para el análisis de resultados.	No todas las preguntas del instrumento de evaluación son incongruentes con la sistematización propuesta. Y no brindan la información necesaria para el análisis de resultados.
<p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere el realizar planes piloto antes de proponer el uso de un recurso. • Respecto al tiempo establecido para cada actividad en la planificación del taller, se sugiere expandirlos, ya que las actividades son más largas de lo que se piensa. • El darle seguimiento a una propuesta también permite el ver mejores resultados. • En la evaluación de conocimientos se sugiere el utilizar una métrica a KPI para evidenciar aprendizajes y que estos sea comparable. 			

Rúbrica elaborada por: Jaime Méndez Barrientos (2015)

Adaptada por: Jessica Morales (2017)

XIII. GLOSARIO

Término	Definición
Aceite de cocina usado	Es todo aquel aceite proveniente, en forma continua o discontinua, de establecimientos de todo tipo que generan o elaboran productos comestibles y que, en su utilización, han sufrido un proceso térmico que ha cambiado las características propias del producto original (RBA, 2017).
Adsorción	Fenómeno físico en el cual un sólido retiene en su superficie partículas de adsorbato, es decir, partículas de gas, vapores, líquidos o cuerpos disueltos.
Afluente	Agua captada por un ente generador.
Aforo	Medición de la cantidad de agua que lleva una corriente, en función de llenar un volumen determinado, tomando el tiempo en que este se llena.
Agua residual	Agua que ha sido utilizada y cuyas propiedades han cambiado.
Alcance	Meta propuesta para un proyecto.
Alcantarillado de agua pluvial	Conjunto de tuberías y ductos por las que se transporta aguas de lluvia.
Auditoría	Inspección o verificación, realizada por una persona con el fin de comprobar la situación actual de una entidad.
Bacterias facultativas	Son aquellas que pueden desarrollarse tanto en presencia como ausencia de oxígeno, por lo que se denominan aerobias facultativas o anaerobias facultativas.
Balance energético	Estudio de las salidas de energía, es decir de los equipos que utilizan energía eléctrica para sus operaciones.
Balance hídrico	Estudio del agua que ingresa y sale de un sistema en un intervalo de tiempo determinado.

Término	Definición
Biodiésel	Es un combustible sustituto para motores diésel, considerado renovable, ya que su obtención es principalmente de materias primas agrícolas (aceites de plantas oleaginosas, tales como aceite de girasol, de palma o de soja). Posee las mismas propiedades que el combustible diésel, el cual se utiliza para automóviles, camiones, entre otros (Lizana, 2006).
Biodigestor	Hace referencia a un tanque de cualquier forma, tamaño o material, donde se introduce materia orgánica y se lleva a cabo una fermentación anaerobia por acción de bacterias que actúan en ausencia de oxígeno.
Biogás	Producto de la digestión anaerobia, compuesto mayormente por metano y dióxido de carbono. Debido a su alto poder energético, es empleado para generación de electricidad y calor.
Caracterización de afluente o efluente	Determinación de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal de los parámetros mencionados anteriormente.
Carbón activado	Conjunto de carbones cuya principal atribución es su alta capacidad de adsorción por sus numerosos poros.
Consumo responsable	Se refiere a consumir únicamente la cantidad de recursos que se requiere y evitar la generación de residuos de las actividades.
Cuerpo receptor	Embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descarga agua residual.
Demanda bioquímica de oxígeno	La medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius.

Término	Definición
Demanda química de oxígeno	La medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.
Densidad	Es una propiedad de la materia que caracteriza cada una de las diferentes sustancias; esta se define como la cantidad de masa por unidad de volumen. Generalmente en los líquidos y sólidos se llega a expresar en gramos sobre centímetro cúbico o sobre mililitro (Brown, 2009).
Depreciación	Es la reducción del valor de un activo tangible en libros, no en efectivo. El método utilizado para la depreciación de un activo, es una forma de considerar el valor decreciente del activo para el propietario del mismo y para representar la disminución de los fondos de capital invertido en él (Blank, 2012).
Desecho	Son aquellos materiales resultantes de un proceso, doméstico o industrial, que no tienen potencial de ser recuperados o reciclados, ya sea por su origen o composición. Estos deben tratarse de forma adecuada, ya que por lo regular son sustancias químicas tóxicas o elementos que representan un peligro para el ambiente y salud pública.
Digestión anaerobia	Es un proceso fermentativo en ausencia de oxígeno, en la que ocurre descomposición de materia orgánica compleja para formación de moléculas más simples; por acción del metabolismo de varios microorganismos.
Dureza	Concentración de compuestos minerales en determinada cantidad de agua, mayoritariamente sales de calcio y de magnesio.
Efluente de agua residual	Las aguas residuales descargadas por un ente generador.
Energía	Se define como la capacidad de un cuerpo de realizar trabajo. En la naturaleza, se manifiesta de diferentes formas
Energía eléctrica	Es la energía que resulta de una diferenciad de potencial entre dos puntos, que al entrar en contacto se obtiene corriente eléctrica.

Término	Definición
Energía térmica	Es la energía que posee un cuerpo de acuerdo a la cantidad de calor que absorbe o cede.
Estándar	Hace referencia a aquello que puede tomarse como un patrón o modelo a seguir.
Frecuencia	Se refiere a la cantidad de ciclos o el número de eventos que se repiten en la unidad de tiempo, la frecuencia está expresada en unidades de ciclos por minuto (cpm) o ciclos por segundo (cps) conocida también como Hertz. Está relacionada de manera directa con el período que es la cantidad de tiempo que toma un movimiento en realizar un ciclo completo.
Gasoil	Combustible líquido empleado en motores diésel, se obtiene a continuación del queroseno, se conoce como aceite diésel.
Grupo Electrónico	Máquina que mueve un generador eléctrico, a través de un motor de combustión interna.
Indicador de desempeño	Medida que describe la forma de desarrollar los objetivos de un plan, programa o proyecto, y que permite monitorear los resultados obtenidos en estos.
kWh	Es la unidad de medida que utilizan las empresas eléctricas para cobrar lo que consumen los usuarios y la forma conveniente de expresar un consumo energético, en todos los casos se refiere a la cantidad de energía consumida durante un periodo determinado.
Materia orgánica	Se refiere a materiales conformados por moléculas orgánicas restantes de seres vivos, ya sea plantas, animales y restos de alimentos. La base son el carbono e hidrógeno, y al estas constituidos con otros elementos forman diferentes compuestos como carbohidratos, proteínas, grasas y ácidos nucleicos.
Metano	Es un hidrocarburo alcano sencillo, compuesto de un átomo de carbono y cuatro de hidrógeno (CH ₄). De forma natural, se produce por descomposición de materia orgánica.

Término	Definición
Niveles de estrés térmico	Hace referencia a la cantidad de calor presente en un área de trabajo.
Niveles de iluminación	Hace referencia a la cantidad de iluminación ya sea natural o artificial o ambas, medida en luxes.
Niveles de presión sonora	Hace referencia a la cantidad de ruido presente en un ambiente, medido en decibeles.
Normas ASTM	Es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios (ASTM, 2017).
Número ácido	Presencia natural de ácidos grasos libres, es decir, la suma de los ácidos grasos no combinados, resultado de la hidrólisis o descomposición lipolítica de algunos triglicéridos. Estos son definidos como los miligramos de hidróxido de potasio que se requieren para neutralizar los ácidos grasos libres contenidos en un gramo de grasa (Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles, C.A., 2017).
Oficina Verde	Oficina que busca reducir o minimizar los impactos negativos generados sobre el ambiente por sus actividades diarias.
pH	(Potencial de Hidrógeno) es la concentración de iones o cationes de hidrógeno (H ⁺). Es una medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia, en una escala del 0 hasta 14, siendo 7 el valor neutral. Debajo de 7 se considera ácido y mayor alcalino.
PMDS (Planta de manejo de desechos sólidos)	Para el desarrollo del estudio se debe comprender que el término hace referencia a la planta del complejo comercial. En esta se separan los desechos en material orgánico, plástico, cartón, vidrio, entre otros. A través de esta separación comercializa todo lo no orgánico y con lo orgánico genera compost para el complejo comercial.
Política ambiental	Conjunto de principios, criterios y orientaciones generales, formuladas de forma estratégica para la protección de medio ambiente por la necesidad de controlar y regular el uso de los recursos naturales.

Término	Definición
Principio de Pareto	El principio de Pareto implica que en el 20% de los casos se encuentra el 80% del peso de una variable, para efecto del estudio. En esta caso se aplicó en las matrices ABC del plan de necesidades y en la mejora del proceso de recolección para identificar los puntos con mayor peso en las rutas que se toman en el complejo comercial
Producción más limpia	Estrategia ambiental preventiva integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios a fin de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente.
Prueba 3/27	Es una prueba que se realiza durante la reacción de transesterificación, con la finalidad de determinar si la reacción se ha llevado a cabo por completo. Para llevar a cabo dicha prueba, se mezclan tres mililitros del medio y veintisiete mililitros de metanol; si la se forman dos fases, significa que la reacción no ha culminado (Hodge, 2013).
Prueba de cultura	En el presente estudio se empleó para evaluar el conocimiento del visitante e inquilino que arroja sus desechos en los basureros del complejo comercial. Se colocaron para justificar la colocación de basureros para separar residuos en orgánico e inorgánico.
Prueba piloto	Para la comparación de la forma de separación de desechos se realizó una prueba piloto buscando que sea representativa del complejo comercial.
Relación C/N	Es un parámetro utilizado para indicar la razón de carbono y nitrógeno contenido en la materia orgánica. El carbono es utilizado como fuente de energía para las bacterias, y el nitrógeno para formación de nuevas células. Por lo tanto, la razón entre estos dos elementos, constituye un indicador de desarrollo del proceso biológico.

Término	Definición
Residuo	Hace referencia a cualquier material que ya no es útil para la función con la que se creó originalmente. Sin embargo, su valor económico puede recuperarse, al ser incorporado nuevamente como materia prima al ciclo de vida de la materia; a través de su reutilización o reciclaje. Entre ellos se encuentran, envases de plástico, metales, papel, cartón, material orgánico, etc.
Reversible	Propiedad de algunos procesos de desarrollarse de forma que el sistema atraviese una sucesión de estados de equilibrio y regresar a la posición original.
Sólidos suspendidos totales	Cantidad de sólidos presentes en una solución de agua, estos pueden ser separados por medios mecánicos, como la filtración al vacío o la centrifugación del líquido.
Sólidos totales	Cantidad de materia que permanece como residuo tras una evaporación a temperatura definida. Indican el total de los sólidos disueltos y suspendidos en la muestra.
Sólidos volátiles	Parte de sólidos totales que se volatilizan al someterse a combustión a 550 °C. Se interpretan como la materia orgánica o materia volátil presente en la mezcla.
Sustrato	Se refiere a los reactivos de reacciones catalizadas por enzimas. Las enzimas poseen un centro activo, a través del cual pueden interactuar con el sustrato para formar productos.
Tasa interna de retorno (TIR)	Es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.
Transesterificación	Es una reacción que se da al añadir alcohol más una base a un triglicérido, dando como productos alquil ésteres y glicerina. En general es una secuencia de tres reacciones reversibles y consecutivas, en el que los intermediarios que se forman son los monoglicéridos y diglicéridos (Knothe, 2005).

Término	Definición
Tratamiento biológico	Es la biodegradación de la materia orgánica por acción de microorganismos, los cuales utilizan dicho material como fuente de energía para su sobrevivencia y reproducción.
Tratamiento de agua residual	Cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.
Triplicado	Realizar una experimentación o proyecto tres veces, utilizando las mismas condiciones para cada uno de ellos.
Turbidez	Grado de transparencia existente en un fluido.
VAN	Es un criterio para la evaluación de proyectos, el cual permite calcular el valor presente de un determinado número de flujo de cajas futuros, originados de una inversión (Blank, 2012).
Viscosidad	Es una propiedad física característica de todos los fluidos, el cual emerge de las colisiones entre las partículas del fluido que se mueven a diferentes velocidades, provocando una resistencia a su movimiento (Brown, 2009).