

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Concientización para aprovechamiento de residuos y diseño de un sistema integrado generador de energía que incluye la producción de biogás y compost en la Finca Don Alejandro, ubicada en el caserío El Rodeo, aldea Sitio de las Flores, Asunción Mita, Jutiapa.

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por:

María Nelly Tórtola Morales
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Química;

María Fernanda Martínez Giron
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Civil;

Silvia Angelina García Berganza
para optar al grado académico de Licenciada en Psicopedagogía

Diego Alberto Linares Spillari
Diego Andrés Posadas Gutiérrez
para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería y Ciencia de la
Administración

Guatemala,
2014

Concientización para aprovechamiento de residuos y diseño de un sistema integrado generador de energía que incluye la producción de biogás y compost en la Finca Don Alejandro, ubicada en el caserío El Rodeo, aldea Sitio de las Flores, Asunción Mita, Jutiapa.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Concientización para aprovechamiento de residuos y diseño de un sistema integrado generador de energía que incluye la producción de biogás y compost en la Finca Don Alejandro, ubicada en el caserío El Rodeo, aldea Sitio de las Flores, Asunción Mita, Jutiapa.

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por:
María Nelly Tórtola Morales
Para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Química;

María Fernanda Martínez Giron
Para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Civil;

Silvia Angelina García Berganza
Para optar al grado académico de Licenciada en Psicopedagogía

Diego Alberto Linares Spillari
Diego Andrés Posadas Gutiérrez
para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería y Ciencia de la
Administración

Guatemala,

2014

Vo. Bo. :

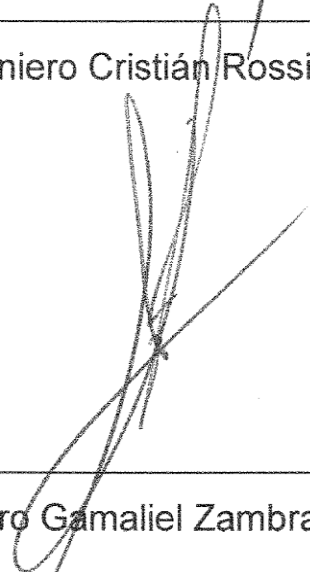
(f)



Ingeniero Cristián Rossi

Tribunal Examinador:

(f)



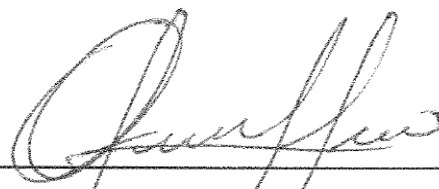
Ingeniero Gamaliel Zambrano

(f)



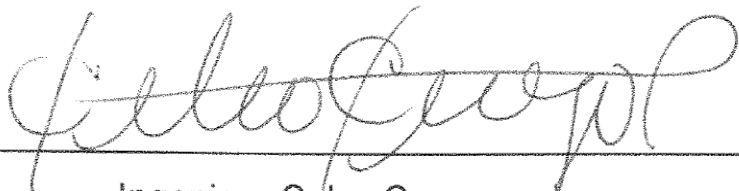
Ingeniero Cristián Rossi

(f)



Ingeniero Otoniel Echeverria

(f)



Ingeniero Celso Cerezo

(f)  _____

Licenciado Raúl Dacaret

(f)  _____

Licenciada Carlota Escobar Campollo

(f)  _____

Licenciada Monica Zuñiga

Fecha de aprobación: Guatemala, 12 de noviembre de 2014.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICAS	XIV
RESUMEN	XV
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
A. GENERAL:	2
B. ESPECÍFICOS:.....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	5
IV. MARCO TEÓRICO.....	6
A. MONOGRAFÍA DEL LUGAR.....	6
1. <i>Características físicas</i>	6
2. <i>Características de infraestructura</i>	7
3. <i>Características socioeconómicas</i>	9
B. BIODIGESTOR	9
1. <i>Ubicación</i>	11
2. <i>Uso del afluente:</i>	11
3. <i>Protección:</i>	11
4. <i>Obtención de energía:</i>	11
5. <i>Biomasa:</i>	11
6. <i>Tamaño del Biodigestor:</i>	11
7. <i>Características de terreno:</i>	11
8. <i>Temperatura:</i>	11
9. <i>Valor de pH:</i>	12
10. <i>Agentes promotores e inhibidores de la fermentación:</i>	12
11. <i>Tiempo de retención:</i>	12
C. TIPO DE BIODIGESTOR	13
D. BIOGÁS	17
1. <i>Proceso de producción de metano</i>	18
2. <i>Hidrólisis</i>	19
3. <i>Acidogénesis</i>	19
4. <i>Acetogénesis</i>	19
5. <i>Metanogénesis</i>	19
6. <i>Estiércol utilizado como sustrato para producción de biogás</i>	21
7. <i>Carga de mezcla diaria de entrada</i>	22
8. <i>Evaluación de sustratos para producción de biogás</i>	22
E. CONSUMO DE BIOGÁS.....	23

F.	PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTE	24
G.	PARÁMETROS PARA EL BIOGÁS	25
1.	<i>Temperatura</i>	25
2.	<i>pH</i>	26
3.	<i>Demanda química de oxígeno (DQO)</i>	27
4.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):</i>	27
5.	<i>Proteínas</i>	28
7.	<i>Sólidos volátiles, cenizas y totales</i>	30
H.	ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS	31
I.	DATOS TEÓRICOS ENCONTRADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ESTIÉRCOL	33
1.	<i>Producción de biogás</i>	33
2.	<i>Nitrógeno</i>	34
3.	<i>Sólidos totales</i>	34
4.	<i>DQO y DBO</i>	35
5.	<i>Relación Carbono/Nitrógeno</i>	35
6.	<i>Temperatura</i>	36
7.	<i>Caracterización de diferentes tipos de estiércol y materiales orgánicos para la producción de biogás</i>	37
J.	CONDICIONES DE DISEÑO.....	37
1.	<i>Sistema de alimentación</i>	37
2.	<i>Cámara de digestión</i>	38
K.	APLICACIÓN DEL BIOGÁS	38
L.	COMPOST.....	38
1.	<i>Formas de pila</i>	40
M.	TIPO DE BIODIGESTOR A USAR	41
N.	COMPONENTES DEL BIODIGESTOR	42
O.	VENTAJAS DEL USO DEL BIODIGESTOR	44
P.	DESVENTAJAS DEL USO DEL BIODIGESTOR	46
Q.	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	46
1.	<i>Definición de un proyecto</i>	46
R.	ANÁLISIS DE PROCESO	61
1.	<i>Métodos y estándares</i>	61
2.	<i>Ingeniería de métodos</i>	61
3.	<i>Seleccione el proyecto</i>	62
4.	<i>Obtenga y presente los datos.</i>	62
5.	<i>Analice los datos.</i>	62
6.	<i>Desarrolle el método ideal.</i>	63
7.	<i>Presente e implemente el método.</i>	63
8.	<i>Desarrolle un análisis del trabajo</i>	63
9.	<i>Establezca estándares de tiempo</i>	63
10.	<i>Dele seguimiento al método</i>	63
11.	<i>Diseño del trabajo</i>	64
12.	<i>Estándares</i>	64
13.	<i>Herramientas para la solución de problemas</i>	65
14.	<i>Herramientas explorativas:</i>	66
15.	<i>Herramientas de registro y análisis</i>	68

16.	<i>Otras herramientas</i>	72
17.	<i>Diseño del trabajo manual</i>	75
18.	<i>Diseño de tareas</i>	76
19.	<i>Estudio de los movimientos</i>	76
20.	<i>Movimientos básicos</i>	77
21.	<i>Diagrama de procesos bimanual</i>	77
S.	TEORIA CONSTRUCTIVISTA	78
	1. <i>Antecedentes y fundamentos teóricos</i>	78
T.	ANDRAGOGÍA	79
	1. <i>Principios generales para una psicopedagogía en la educación del adulto:</i>	79
U.	MÉTODO POGIL	79
V.	APRENDIZAJE COOPERATIVO	80
	1. <i>Elementos fundamentales del aprendizaje cooperativo</i>	81
V.	ANTECEDENTES	82
VI.	METODOLOGÍA	84
	A. ANÁLISIS DE PARÁMETROS	85
VII.	RESULTADOS	95
VIII.	ANÁLISIS DE RESULTADO	128
IX.	CONCLUSIONES	138
X.	RECOMENDACIONES	143
XI.	BIBLIOGRAFÍA	147
XII.	APÉNDICE	152
XIII.	GLOSARIO	208

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No 1. Composición del biogás	18
Tabla No. 2 Propiedades del biogás	18
Tabla No.3 Producción de estiércol diario fresco por masa	21
Tabla No.4 . Equivalencias energéticas del biogás	24
Tabla No 5 . Retención de la mezcla para realizar fertilizante	25
Tabla No. 6 Factores K teóricos para proteínas	30
Tabla No. 7 Producción de biogás y factor de producción de biogás	32
Tabla No 8. Producción de gas en digestores pequeños rurales a distintas temperaturas de reacción.	33
Tabla No 9. Comparativo para producción de biogás (m ³ /día) con materiales empleados comúnmente a una temperatura mesofílica y ambiente	33
Tabla No. 10 Producción de biogás por kg de estiércol introducido al biodigestor.	33
Tabla No. 11. Comparación entre % de nitrógeno para varios tipos de estiércol	34
Tabla No. 12 .Contenido de sólidos totales (m/m) en materiales de fermentación comúnmente utilizados en las zonas rurales.....	34
Tabla No. 13. Sólidos totales para estiércol fresco vacuno y diferente relaciones estiércol/agua.	35
Tabla No.14 Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno para estiércol de cerdo: .35	
Tabla No. 15. Relación carbono nitrógeno de los materiales orgánicos usados en biodigestor.	35
Tabla No. 16. Análisis de los resultados de diversos pruebas efectuados por el Instituto Industrial de Micro biología de Shanghái.	37
Tabla No.17 Usos principales de biogás.....	38
Tabla No.18 Promedio de pH y densidad para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 1.50 ± 0.38 g obtenida el 1 de marzo de 2014, con base en una muestra de 65 kg de estiércol.	95
Tabla No. 19 : Promedio de humedad para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 1.39 ± 0.52 kg. Obtenida el 15 de marzo de 2014, con base en una muestra de 72.5 kg de estiércol	95
Tabla No. 20 Promedio de porcentaje de sólidos totales, cenizas y sólidos volátiles para estiércol de vaca	95
Tabla No. 21: Promedio de sólidos totales, cenizas y sólidos volátiles para estiércol de vaca de la Finca ..	97
Tabla No. 22: Temperatura del estiércol en época de verano medida en la Finca Don Alejandro, visita	97
Tabla No. 23: Promedio de porcentaje de nitrógeno y proteínas para estiércol de vaca de la Finca Don	97
Tabla No.24: Promedio de contenido de nitrógeno y proteínas para estiércol de vaca de la Finca Don	97
Tabla No. 25: Comparación de parámetros obtenidos de la caracterización realizada experimental con la caracterización teórica para muestra de estiércol de vaca.	98
Tabla No.26: Demanda química de oxígeno y potencial de metano para el estiércol obtenido en época de verano. Muestra de 1g de estiércol, disuelta en 39 g de agua, del 9 de mayo de 2014.	98
Tabla No.27: Parámetros para proporcionar a los usuarios una guía visual de las características del estiércol	100
Tabla No. 28: Consumo de biogás por preparación de tipos de alimento.....	104
Tabla No. 29: Consumo por tiempo de cocimiento	105
Tabla No. 30: Otros usos	105
Tabla No. 31: Tipos de biodigestor dependiendo el número de vacas que se posea	105
Tabla No. 32: Comparación entre clases de forraje y sus beneficios	108
Tabla No.33: Demanda de biogás	109
Tabla No.34: Dimensiones del biodigestor dependiendo su tipo	110
Tabla No.35: Costo de Inversión del biodigestor	118
Tabla No.36: Análisis de Viabilidad	119
Tabla No.37: Flujo de Caja para el caso A	120
Tabla No. 38: Flujo de Caja para el caso B	121
Tabla No. 39: Flujo de Caja para el caso C	122
Tabla No.40: Cuadro comparativo Gas Metano vs. Gas Propano	123
Tabla No. 41: Cuadro comparativo biodigestor de mampostería vrs. biodigestor de polietileno.....	123
Tabla No. 42: Diagrama de Hitos.....	126

Tabla No.43 : Datos calculados para la prueba de sólidos totales para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestra de 3.39 ± 1.37 g obtenida el 29 de marzo del 2014, con base en una muestra de 84.5 kg de estiércol.....	156
Tabla No.44 : Datos calculados para la prueba de sólidos totales para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestra de 3.39 ± 1.37 g obtenida el 29 de marzo del 2014, con base en una muestra de 84.5 kg de estiércol.....	157
Tabla No.45 : Datos calculados para la prueba de sólidos totales para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestra de 3.39 ± 1.37 g obtenida el 29 de marzo del 2014, con base en una muestra de 84.5 kg de estiércol.....	157
Tabla No.46 : Datos calculados para determinar la densidad del estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 1.95 ± 0.38 g obtenida el 1 de marzo de 2014, con base en una muestra de 65 kg de estiércol.	158
Tabla No. 47 : Datos calculados para determinar los gramos de nitrógeno y proteínas en estiércol de vaca de la finca Don Alejandro Muestras de 73.45 ± 0.01 g obtenida el 19 de agosto del 2014, con base en una muestra de 1256.3 kg de estiércol.	158
Tabla No. 48 : Datos calculados para determinar los gramos de nitrógeno y proteínas en estiércol de vaca de la finca Don Alejandro Muestras de 73.45 ± 0.01 g obtenida el 19 de agosto del 2014, con base en una muestra de 1256.3 kg de estiércol.	159
Tabla No. 49 : Datos obtenidos para la prueba de humedad para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 1.39 ± 0.52 kg. Obtenida el 15 de marzo de 2014, con base en una muestra de 72.5 kg de estiércol.....	161
Tabla No.50 : Datos obtenidos para la prueba de humedad en el ambiente en la Finca Don Alejandro. Obtenida en la visita realiza el 21 de marzo del 2014.....	161
Tabla No. 51 : Temperatura del estiércol en época de verano medida en la Finca Don Alejandro, visita realiza el 21 de marzo del 2014.....	162
Tabla No.52 : Datos de soluciones realizadas para la medición de pH para estiércol de vaca. Muestras de 1.50 ± 0.38 g obtenida el 1 de marzo de 2014, con base en una muestra de 65 kg de estiércol	162
Tabla No. 53 : Datos obtenidos para la prueba de cenizas para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestra de 3.39 ± 1.37 g obtenida el 29 de marzo del 2014, con base en una muestra de 84.5 kg de estiércol.....	163
Tabla 54 : Datos obtenidos para la prueba de sólidos totales para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestra de 3.39 ± 1.37 g obtenida el 29 de marzo del 2014, con base en una muestra de 84.5 kg de estiércol.....	163
Tabla No.55 : Datos de las soluciones realizadas para determinar la densidad del estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 1.95 ± 0.38 g obtenida el 1 de marzo de 2014, con base en una muestra de 65 kg de estiércol.....	164
Tabla No.56 : Datos obtenidos para determinar la densidad del estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 1.95 ± 0.38 g obtenida el 1 de marzo de 2014, con base en una muestra de 65 kg de estiércol.	164
Tabla No. 57 : Datos obtenidos para determinar los gramos de nitrógeno y proteínas en estiércol de vaca de la finca Don Alejandro Muestras de 73.45 ± 0.01 g obtenida el 19 de agosto del 2014, con base en una muestra de 1256.3 kg de estiércol.....	165
Tabla No. 58: Requerimientos del proyecto.....	175
Tabla No. 59: Definición de actividades, secuencias y duración para el entregable de investigación	177
Tabla No. 60: Definición de actividades, secuencias y duración para el entregable de diseño	179
Tabla No.61: Definición de actividades, secuencias y duración para el entregable de concientización	180
Tabla No.62: Definición de actividades, secuencias y duración para el entregable de construcción.....	181
Tabla No. 63: Definición de actividades, secuencias y duración para el entregable de control	182
Tabla No.64: Diccionario del WBS del entregable de investigación	183
Tabla No.65: Diccionario del WBS del entregable de diseño.....	186
Tabla No. 66: Diccionario del WBS del entregable de concientización.....	188
Tabla No. 67: Diccionario del WBS del entregable de construcción	190
Tabla No.68: Diccionario del WBS del entregable de control	192
Tabla No. 69: Diagrama PEPSU.....	194

Tabla No. 70: Diagrama de operaciones	195
Tabla No.71: Diagrama bimanual: proceso de uso de biogás	196

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración No.1 . Mapa de localización de Jutiapa	6
Ilustración No. 2 . Ubicación de Aldea El Sitio de las Flores, Asunción Mita, Jutiapa.....	7
Ilustración No.3 Ubicación de accesos	8
Ilustración No. 4 Perfil de un biodigestor	10
Ilustración No.5. Biodigestor chino	14
Ilustración No. 6 Biodigestor hindú	15
Ilustración No. 7 Biodigestor media bolsa.....	16
Ilustración No.8 Biodigestor Bolsa completa.....	16
Ilustración No. 9 Proceso biológico que sucede adentro de un biodigestor.....	17
Ilustración No. 10 Reacción para la etapa de digestión en la prueba de proteínas	29
Ilustración No. 11 Reacción para la etapa de destilación en la prueba de proteínas.....	29
Ilustración No. 12 Reacción para la etapa de valoración en la prueba de proteínas	29
Ilustración No. 13 Tipos de biodigestor dependiendo el número de vacas que se posea	42
Ilustración No. 14: Componentes de un Biodigestor	44
Ilustración No. 15 Tierra como medio aislante	101
Ilustración No.16 Detalle de muros	102
Ilustración No. 17 Detalle de cubierta	102
Ilustración No. 18: Zona de recolección de estiércol	104
Ilustración No.19: Defecación de estiércol.....	106
Ilustración No 20: Recolección de estiércol	107
Ilustración No.21: Medición de estiércol, usando una balanza de reloj	107
Ilustración No. 22: Tubería ascendente	112
Ilustración No.23: Trampa de agua en punto bajo de la tubería	113
Ilustración No.24: Válvula Arrestador de llamas	113
Ilustración No.25: Agitador mecánico	114
Ilustración No.26: Protuberancia para conexión de tubería	116
Ilustración No.27: Sección longitudinal del digestor.....	166
Ilustración No. 28: Isométrico del digestor	167
Ilustración No. 29: Sección de la cámara de carga.....	168
Ilustración No. 30: Sección de la pileta.....	169
Ilustración No. 31: Análisis Porter de Cinco Fuerzas	173
Ilustración No.32: Diagrama del WBS.....	174
Ilustración No. 33: Cadena de Valor	193

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación No.1 Tiempo de retención (Hernández, 2006).	12
Ecuación No. 2 Ley de Beer Lambert (Skoog, 2010).....	28
Ecuación No. 3 Determinación de solidos suspendidos totales, fijos y volátil (Hernández, 2006).	31
Ecuación No. 4: Productividad diaria de un biodigestor.....	103
Ecuación No. 5: Productividad diaria de un biodigestor.....	103

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica No.1 Efecto de la temperatura y tiempo de retención sobre la producción de gas.	36
Gráfica No. 2 Curva de calibración utilizada para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno del estiércol de vaca. Esto se llevó a cabo a 600 nm.	99
Gráfica No. 3 Relación cantidad de vacas vs. volumen de estiércol.....	109

RESUMEN

Este proyecto nace de la necesidad que existe en la república guatemalteca por el uso de energías renovables, específicamente se enfoca en el oriente del país, un sector cuyos habitantes experimentan una precaria situación económica que los limita al uso habitual de la energía eléctrica y gas propano para la preparación de sus alimentos diarios. El uso de leña para cocinar resulta extremadamente nocivo para la salud de las personas, esto dado que las cocinas suelen ser ambientes cerrados que la mayoría de las veces se encuentran dentro de la vivienda, causando así enfermedades como infecciones en el tracto respiratorio, enfermedades pulmonares obstructivas y en casos más graves, cáncer de pulmón.

Se llevó a cabo en la Finca Don Alejandro, la cual se encuentra ubicada en el caserío El Rodeo, aldea Sitio de Las Flores, Asunción Mita, Jutiapa. Debido a que en ella existe tanto la necesidad por energía renovable, como también la disponibilidad de residuos orgánicos que no son aprovechados adecuadamente. El proyecto consiste principalmente en una concientización para el aprovechamiento de residuos y diseño de un sistema que utilice los residuos orgánicos disponibles para la producción de biogás y compost, los cuales podrían usarse por los trabajadores que residen en esta finca.

Este proyecto requirió la evaluación de los residuos orgánicos, análisis de los materiales necesarios para la construcción, análisis de suelos, topografía, costos, procesos y un plan de concientización a los pobladores del lugar. Se espera que, se lleve a cabo el proyecto y se deje en funcionamiento para los usuarios puedan disfrutar de los beneficios del biogás y compost.

I. INTRODUCCIÓN

En el presente megaproyecto se presentan los temas de gestión del proyecto, análisis del proceso de producción de biogás y compost, caracterización del sustrato, determinación de humedad y contenido de sólidos volátiles, determinación del contenedor adecuado para la producción de compost, determinación de factores de escalamiento, diseño de distribución, análisis de inversión y concientización sobre el uso de un biodigestor y el biogás producidos en el mismo. Dichos temas se encuentran incluidos en los distintos módulos del megaproyecto.

El estudio se llevó a cabo en la Finca Don Alejandro, la cual se encuentra localizada en la aldea Sitio Las Flores, Asunción Mita, Jutiapa. Esta finca cuenta con ganado bovino, cuyas excretas se han convertido en un problema de desecho tanto para los dueños de la finca como los trabajadores y habitantes de la misma, por lo que existe la oportunidad de aprovechar estos residuos para la generación de energía renovable; específicamente la producción de biogás y el aprovechamiento de compost.

Los motivos para la realización del proyecto son muy diversos, siendo el exceso de excremento de ganado vacuno dentro de la finca uno de ellos, ya que actualmente se acumula y resulta un problema de desecho. Otro motivo fundamental del proyecto es proponer una mejorar en el estilo de vida de los habitantes de la finca, ya que actualmente cocinan utilizando leña, cuya combustión puede causar serios daños a nivel pulmonar por la inhalación del humo que produce, el uso de biogás mejoraría considerablemente sus condiciones de vida y pero es vital la concientización en la población sobre el uso del biodigestor y biogás.

En cuanto a los metodología utilizados, cada uno de los módulos utiliza una distinta, sin embargo se trata de temas de ingeniería y ciencias pedagógicas, por lo que se utilizarán distintos métodos respaldados por investigación incluida en el marco teórico. Finalmente, en las limitaciones del trabajo, debe aclararse que se realizará a nivel de propuesta, es decir, se realizará la fase de iniciación donde se caracterizó el sustrato a utilizar, se diseñó el biodigestor, planificación del proyecto total, determinación de la inversión inicial y los manuales para la concientización sobre el uso del biodigestor y biogás. Quedará pendiente la continuación del proyecto en sus fases de ejecución y cierre del mismo.

II. OBJETIVOS

A. General:

Concientizar y diseñar un sistema integrado generador de energía que incluye la producción de biogás y compost utilizando residuos orgánicos de en la finca Don Alejandro ubicada en la aldea Sitio de Las Flores, Asunción Mita, Jutiapa.

B. Específicos:

- Caracterización del sustrato para la producción de metano en la finca Don Alejandro por medio de determinación de pH, porcentaje de humedad, contenido de sólidos volátiles, temperatura para determinar las características.
 1. Caracterizar analíticamente el sustrato que se a utilizar para la digestión anaeróbica y producción de biogás para realizar una comparación con los valores en la literatura.
 2. Determinar el porcentaje de humedad en el estiércol de vaca usando una balanza de humedad para comparar con los valores en la literatura.
 3. Determinar el contenido de sólidos volátiles en el estiércol de vaca por medio de la prueba de sólidos volátiles para conocer el porcentaje de compuestos orgánicos que se volatizarán.
 4. Determinar el pH del estiércol por medio del potenciómetro para comprobar que sea el adecuado de 6.5 a 7.5 para que la digestión anaeróbica se lleve a cabo sin necesidad de agregarle un aditivo.
 5. Determinar la temperatura del estiércol en la finca al realizar las visitas por medio de toma de temperatura con termómetro láser para determinar si es la reacción anaeróbica será mesófila (25°C - 40°C) o termófila (50°C – 65°C)
 6. Calcular la producción teórica de metano con la información recolectada para hacer la línea base del diseño.

- Diseñar y planificar un prototipo de biodigestor, basándose en determinada capacidad de producción y consumo de materia prima de la Finca Don Alejandro.
 1. Elaborar planos del diseño del biodigestor y del recolector de gas, haciendo uso de una estación total para la toma de puntos del perímetro del terreno y de áreas de interés como el potrero, viviendas, punto de recolección de materia prima, etc. y a su vez haciendo uso de la herramienta de CIVIL 3D para plasmar dicho levantamiento topográfico.
 2. Elaborar planos del armado, detallando los muros y losas; determinando la ubicación de los diferentes elementos del biodigestor.
 3. Determinar las exigencias del equipo diseñado para determinar el procedimiento para su correcto mantenimiento.
 4. Determinar la ubicación del biodigestor para la minimizar de la cantidad de materiales de construcción a usar.
 5. Hacer un análisis costo-beneficios, tomando como base los diferentes productos como gas metano y compost.

- Gestionar el megaproyecto, analizar el proceso de producción de biogás y compost, diseñar una logística para el transporte del biogás a los lugares requeridos que sea segura para el usuario, tenga el flujo requerido y sea económicamente factible para los inversionistas.
 1. Administrar el megaproyecto en su fase de iniciación y planificación, determinar su alcance, costos y riesgos del proyecto utilizando la normativa PMI para contar con la documentación requerida en cada uno de los módulos, además de conocer las limitaciones, recursos y eventualidades a lo largo del desarrollo del megaproyecto.
 2. Proponer un proceso de producción de biogás por medio del uso de diagramas que definan los pasos requeridos para la fase de ejecución del megaproyecto.
 3. Proponer un sistema de distribución para movilizar el biogás desde el reactor hasta el punto de uso por medio de una logística que asegure el flujo requerido, la seguridad del usuario y sea económicamente factible.

- Analizar el costo de la inversión de la construcción de un biodigestor en Finca Don Alejandro, Asunción Mita, tomando en cuenta todos los materiales y la mano de obra requerida para dicha construcción, además del beneficio que se obtendrá.
 1. Evaluar los costos de inversión que implica la construcción de un biodigestor, realizando un estudio de precios, tomando en cuenta los beneficios económicos que se van a obtener; diseñando un procedimiento para controlar flujos de caja, respetando el presupuesto acordado.
 2. Presupuestar todos los materiales y mano de obra que se requieren para la construcción, tratando de usar adecuadamente los recursos y comprar lo necesario para evitar desperdicio.
 3. Cuantificar los beneficios que obtendrán los habitantes del caserío con el uso del biodigestor, tomando en cuenta que se reducirá el uso de leña para cocinar.
 4. Diseñar un proceso de logística para transportar los materiales hacia Finca Don Alejandro, tomando en cuenta el costo de lledaga de los mismo desde la ciudad de Guatemala.

- Diseñar un programa de educación no formal para niños y adultos sobre la implementación y beneficios de un diodigestor en la finca Don Alejandro, ubicado en la aldea Sitio de Las Flores, Asuncion Mita, Jutiapa.
 1. Planificar estrategias, que respondan a las necesidades y característica de la comunidad de la Finca Don Alejandro, como parte de los talleres de información sobre el uso del biodigestor, y concientización sobre su importancia para aprovechar los recursos orgánicos que posee la comunidad, para la producción de energía renovable.
 2. Organizar las estrategias planificadas para los talleres a niños y adultos, en manuales para facilitadores que permitan la ejecución y reproducción futura el caserío como en otras comunidades donde se implemente el uso de un biodigestor.

III. JUSTIFICACIÓN

Uno de los problemas principales en la finca Don Alejandro es el exceso de excremento de ganado vacuno producido dentro de la finca, ya que actualmente se cuantifica un aproximado de 132 kg de estiércol por día, el cual se acumula y resulta un problema tanto para los dueños de la misma como para los habitantes. El excremento genera una gran cantidad de gas metano, gas tóxico que se libera al ambiente, y que tiene un alto contenido energético que no es aprovechado y que puede utilizarse como una fuente de energía alternativa.

El proyecto se realizó para mejorar el estilo de vida de los habitantes de dicha finca, ya que actualmente cocinan utilizando leña, que les afecta considerablemente causando enfermedades pulmonares obstructivas, como bronquitis y enfisema en mujeres adultas que durante muchos años han cocinado con combustibles sólidos sin una ventilación adecuada. Además, también se busca el beneficio del inversionista, el cual contará con abono realizado con compost para un sembradío ubicado dentro de la finca, también se busca disminuir considerablemente la cantidad de residuos que el ganado produce. La contaminación ambiental también es un factor considerable para el megaproyecto, ya que el metano producido por el excremento se transformaría en biogás para ser aprovechado y se, disminuiría la cantidad de emisiones a la atmósfera de este gas que contribuye al calentamiento global.

El proceso de la elaboración de biogás cuenta con varios pasos, los cuales deben ser secuenciales y ordenados para que el mismo sea aprovechable. El biogás se compone aproximadamente de un 55% v/v de metano y un 45% v/v de dióxido de carbono, requiriendo un abastecimiento continuo de materia orgánica para lograr obtener este gas en forma diaria. Para este proyecto se realizó una propuesta de un proceso, ya que la implementación se llevará a cabo después.

IV. MARCO TEÓRICO

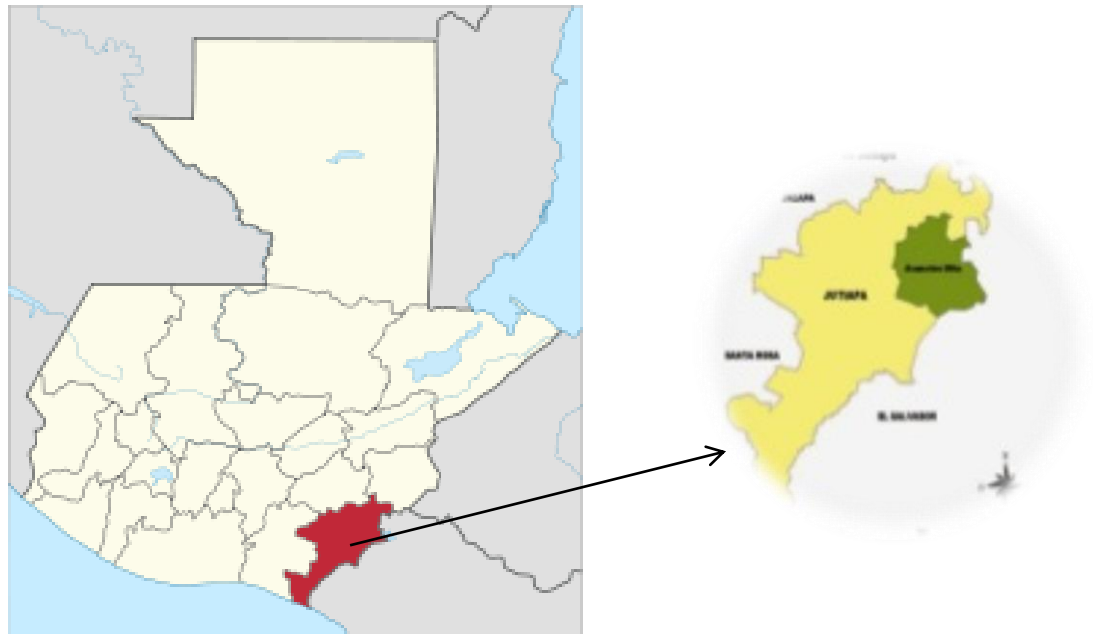
A. MONOGRAFÍA DEL LUGAR

1. Características físicas

a. Localización y colindancia. Asunción Mita, Jutiapa, se localiza al este con la República de El Salvador, y limita al Sur con el Océano Pacífico y al oeste con Santa Rosa. El departamento de Jutiapa se encuentra a 124 km de distancia de la ciudad capital de Guatemala.

El caserío El Rodeo, se encuentra ubicado en la aldea Sitio de las Flores, que colinda con a San Ana, Ahuachapán y Sonsonate, 2 km, por vereda al sur de la aldea. 510 m SNM.

Ilustración No.1 . Mapa de localización de Jutiapa



(Googlemaps)

Ilustración No. 2 . Ubicación de Aldea El Sitio de las Flores, Asunción Mita, Jutiapa.



(Googlemaps)

b. Ubicación geográfica. El caserío El Rodeo tiene una altitud de 504 m sobre el nivel del mar, una longitud de 89°36'08"W y una latitud de 14°13'10"N.

c. Topografía. Su suelo está irrigado por muchos ríos y riachuelos los cuales lo hacen producir grandes cantidades de granos. La topografía del terreno es quebrado, montañoso y volcánico.

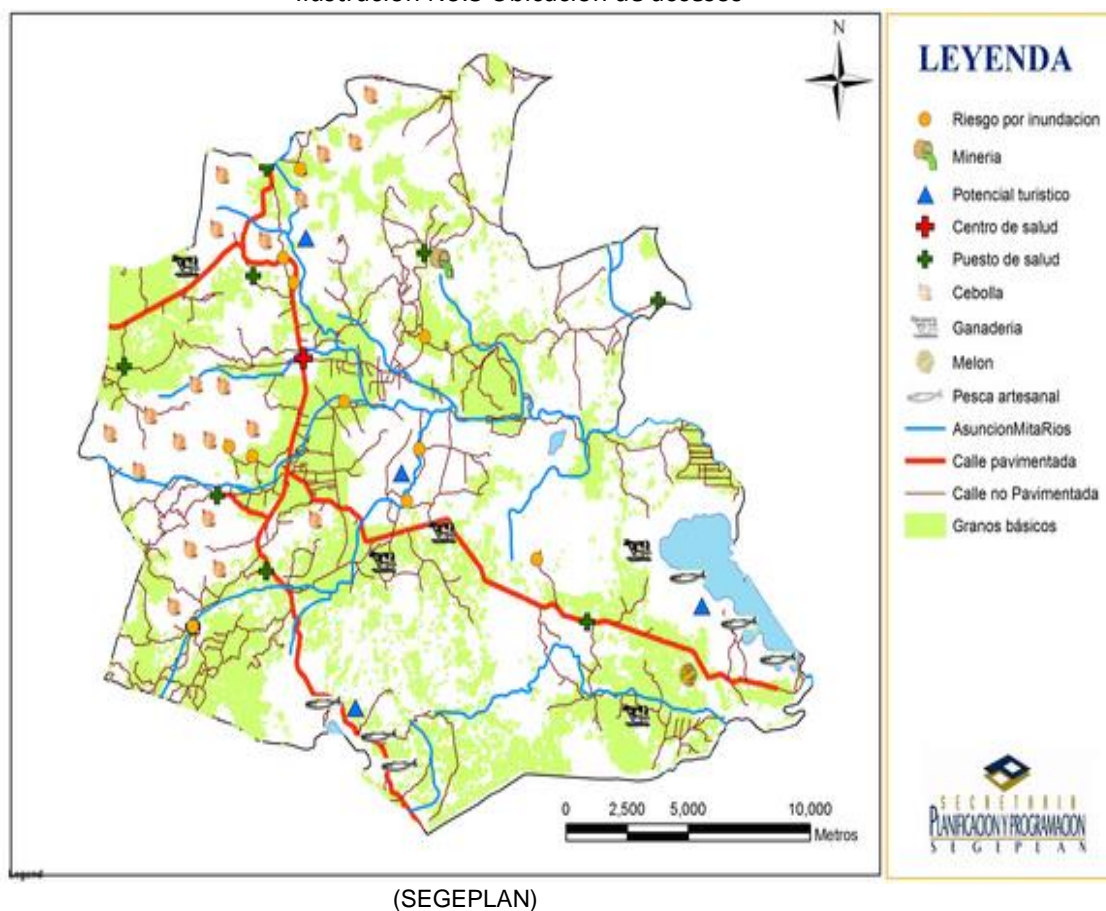
d. Clima. Su clima en general es templado, pero posee zonas de tierra caliente y algunos de sus municipios de clima frío.

e. Tipo de vivienda. El tipo de vivienda en el caserío El Rodeo, en la finca Don Alejandro, Asunción Mita, es de tipo formal ya que dichas casas poseen techos de láminas simples galvanizadas y paredes de block.

2. Características de infraestructura

a. Vías de acceso. Cuenta con un buen sistema vial que comunica con la capital y departamentos vecinos, incluyendo la Carretera Internacional del Pacífico CA-2 que enlaza con el sistema vial de El Salvador. Así también, el ramal de la vía férrea que se origina en Zacapa y atraviesa la parte este del departamento hasta la aldea de Aguiatú, situada en el municipio de Asunción Mita, donde enlaza con el sistema ferroviario de El Salvador.

Ilustración No.3 Ubicación de accesos



b. Servicios públicos. Este cuenta con servicios públicos como:

- INAB: el Instituto Nacional de Bosques, cuenta con dos técnicos para atender a sus funciones en dicho departamento, incorporando Asunción Mita, esto se hizo con el fin que la política del manejo de viveros no funcionó.
- ADECI: Asociación de Desarrollo y Capacitación Integral, esta institución abarca todas las comunidades para alcanzar el nivel de desarrollo humano, proporciona atención en los siguientes sectores:
 - Educación: actividad de circular escuelas, equipamiento, becas escolares y entrega de útiles escolares.
 - Salud: apoyo de materno infantil, clínicas dentales, jornadas médicas, fondos para casos especiales, voluntarios en salud, seguridad alimentaria, etc.
- PRODERE: Proyecto de Desarrollo Rural Económico, esta promueve el desarrollo económico de la región.

- Agencias Bancarias: cuenta con cinco agencias, ubicadas en las avenidas principales y prestan servicio a toda el área del municipio.
- Agua potable
- Energía eléctrica
- Drenajes y letrinas
- Sistemas de tratamientos de desechos solidos
- Servicio telefónico
- Vías de acceso y transporte

3. Características socioeconómicas

a. **Actividad económica.** Esta es orientada al comercio, agricultura, acuicultura, pecuaria y la industria. En la rama de la agricultura la mayor parte del poblado se dedica al cultivo de maíz, frijol, cebolla, tomate, chile pimiento, melón, sandía, tabaco, sorgo y otros. Existen diversas fincas meloneras, las cuales son fuente de trabajo temporal, lo que contribuye a la disminución de la migración laboral.

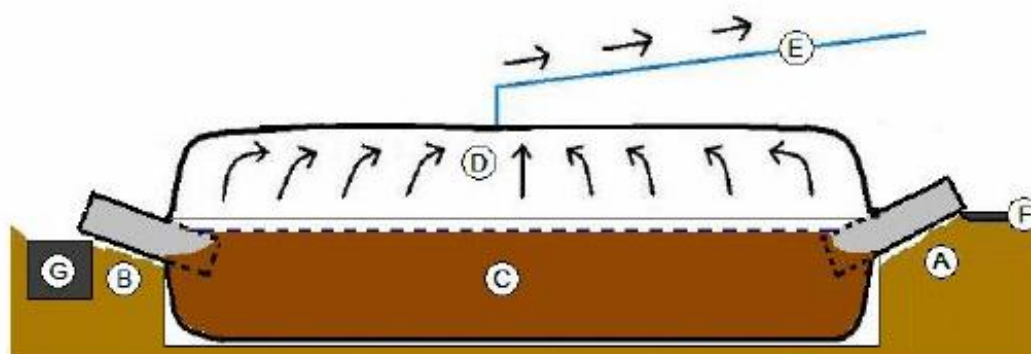
Dentro de la actividad industrial, ésta es mínima ya que existe una sola planta procesadora de leche, mantequilla, crema y otros derivados la cual funciona con el nombre de PROLAC. Esta la absorbió la cooperativa Integral Ujiapa R.L., la cual ha reactivado las operaciones productivas.

b. **Idioma y religión.** El 94.90% de la población es no Indígena y el 5.10% es indígena. E en todo el departamento se habla español.

B. BIODIGESTOR

Un biodigestor está formado por un tanque hermético donde ocurre la fermentación y un depósito que sirve para el almacenaje de gas. Las dos partes pueden estar juntas o separadas y el tanque de gas puede ser de campana fija o flotante. En el caso del biodigestor de polietileno, el tanque de digestión y de recolección de gas, conforman uno sólo. El proceso de digestión ocurre en la parte inferior del recipiente, y en la parte superior se colecta el gas (ver la ilustración a continuación). (CEDECAP, 2007)

Ilustración No. 4 Perfil de un biodigestor



(CEDECAP, 2007)

En donde A es la tubería de entrada del biodigestor. B es la tubería de salida del biodigestor. C es el tanque digestor de la mezcla de agua y estiércol. D es la cámara de colección de gas. E es la tubería de salida del gas. F es el recipiente de entrada para la carga. G es el recipiente de colección de biol. (CEDECAP, 2007)

El biodigestor resulta idóneo para agricultores de áreas aisladas, donde no haya alternativas energéticas disponibles o el costo de obtención de ellas sea muy alto. Es por ello que áreas donde se deba recolectar leña o bien se posea ganado habrá opción de implementar dicho sistema y obtener de una manera conveniente cocción e iluminación.

La combustión de biogás es una manera sencilla y económica para la obtención de energía, la cual se ajusta a las necesidades. En este caso se satisface una necesidad de energía para el uso de estufas. Para poder obtener biogás se requiere de un sistema llamado biodigestor, el cual es un recipiente totalmente sellado, donde en ausencia de oxígeno, los organismos anaerobios, alteran la materia orgánica, produciendo así metano y otros gases. Básicamente el biogás es una mezcla del metano y dióxido de carbono, productos de la descomposición anaeróbica de la materia.

La práctica anaerobia empleada en procesos de desechos de cualquier tipo, son una forma económica y efectiva de obtención de energías alternativas; para diseñar, construir y operar un sistema de Biodigestor. Por lo tanto siendo este un proceso anaerobio, es necesario mantener las condiciones necesarias que permitan reacciones químicas dentro del digestor o reactor.

Otro factor de suma importancia es la elección del lugar de construcción del Biodigestor, ya que este incidirá en el éxito o no del mismo, por lo que se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

1. **Ubicación:** Este debe de estar cerca de donde se consumirá el gas, para minimizar la tubería y evitar distancias mayores debido a las presiones y su transporte. Por otro lado es importante su cercanía para el acarreo.

2. **Uso del afluente:** Este debe tener una pendiente adecuada para facilitar el desplazamiento y extracción del mismo. A su vez debe respetarse una distancia entre 10 y 15 metros de nacimientos de agua potable para evitar contaminaciones.

3. **Protección:** Este debe estar protegido de los vientos y que mantenga relativamente estable la temperatura, evitando temperaturas muy altas.

4. **Obtención de energía:** Es necesario realizar un levantamiento de cargas instaladas y posibles cargas usadas, para determinar la energía requerida.

5. **Biomasa:** Se debe obtener la cantidad de afluente que se produce para determinar el volumen del Biodigestor y estimar la cantidad de energía producida con dicho volumen.

6. **Tamaño del Biodigestor:** Este depende del volumen de sustrato que genera el ganado considerando la energía que se requiere y el espacio disponible que cumpla las características.

7. **Características de terreno:** Se debe considerar el tipo de terreno donde se desea construir, el cual de preferencia no debe estar en un manto rocoso.

8. **Temperatura:** Esta debe estar entre 30°C a 35°C, para la digestión de los residuos, ya que se combina las condiciones ideales para el crecimiento de bacterias y la producción de metano en un corto tiempo. Las condiciones de temperatura son un factor importante ya que a mayor temperatura, mayor productividad, pero a su vez es de suma importancia que ésta se mantenga lo más constante posible, ya que las fluctuaciones repercute en la acción bacteriana que se desarrolla dentro del biodigestor y que es responsable de la fermentación. Para obtener una temperatura constante dentro del digestor de día y noche, es construirlo enterrado, para aprovechar la propiedad natural de la tierra como aislante. Por lo que esta determina el tiempo de retención para que se lleve a cabo la digestión y degradación de la materia orgánica dentro del digestor.

En el caso que la temperatura sea baja, se sigue produciendo biogás pero de manera más lenta, ahora bien si se dan temperaturas menores de 5°C, ya no se produce gas ya que las bacterias quedan inactivas.

9. Valor de pH: Proporciona el grado de acidez en el biodigestor, el valor óptimo de este debe de ser oscila entre 6,6 y 7,6, cuyo rango es el adecuado para que el reactor opere correctamente. Por lo que valores debajo de 5 y arriba de 8 puede impedir el proceso de fermentación.

Cuando el pH es alto se puede sacar una cantidad de efluente y agregar materia orgánica fresca en la misma cantidad o bien si el pH es bajo se puede agregar fertilizante o cenizas.

10. Agentes promotores e inhibidores de la fermentación: Los promotores ayudan a la degradación de la materia orgánica, aumentando así la producción de biogás; en este caso pueden ser sales inorgánicas o enzimas, también puede ser usado urea, la cual acelera la producción de metano. Por el contrario algunos inhibidores si se posee en concentraciones altas son las sales minerales, amoníaco y nitrógeno, aunque también pueden ser desinfectantes o detergentes.

11. Tiempo de retención: El tiempo de retención se refiere al tiempo que se mantiene la materia prima en el digestor. Se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

Ecuación No.1 Tiempo de retención (Hernández, 2006).

Donde:

θ = Tiempo de retención en días

V = Volumen de operación en m³

Q = Velocidad de flujo en m³/día

Se determina por el tiempo medio necesario para la descomposición de la materia orgánica, tal como se mide por la demanda química de oxígeno (DQO) o la demanda biológica de oxígeno (DBO) del afluente y del material efluente. Entre más largo es el tiempo que el sustrato se mantiene bajo condiciones de reacción apropiadas, su degradación será más completa. Sin embargo, la velocidad de la reacción disminuye con un mayor tiempo de residencia, lo que indica

que hay un tiempo de retención óptimo que permitirá alcanzar los beneficios de la digestión de una manera rentable. (Hernández, 2006).

El tiempo de retención en el sistema de digestión anaerobica (DA) depende de la temperatura del proceso y el contenido de sólidos totales. El tiempo de retención de los digestores mesófilos (10-40 días) es mayor que el de los digestores termófilos. También los sistemas de alto contenido de sólidos (procesos "secos") tienen un mayor tiempo de retención que los sistemas de bajo contenido sólidos (procesos "húmedos"). (Hernández, 2006).

C. TIPO DE BIODIGESTOR

Existen diversos sistemas de biodigestores entre los cuales se encuentra dos tipos:

1. Sistema discontinuo: se descarga de forma total, descargándose cuando ha dejado de producir biogás cuando la biomasa está suficientemente degradada. Este consiste en tanques herméticos con una salida de gas conectada al almacenamiento de biogás.

Es aplicable en casos particulares, ya que no se encuentra con materia orgánica disponible constantemente, por lo que en algunas ocasiones se usan varios digestores cargados en distintos tiempos para mantener un suministro de gas continuo.

2. Sistema continuo: estos son alargados y poseen un sistema similar al sistema digestivo de un ser vivo. Este es implementado solo en los casos que el digestor posea un volumen mayor o igual al de 15 m³, ya que el realizar una excavación cilíndrica de este tamaño resultaría demasiado peligrosa, debido a su profundidad. Estos son simples en cuanto a su construcción pero no cuentan con un sistema de agitación.

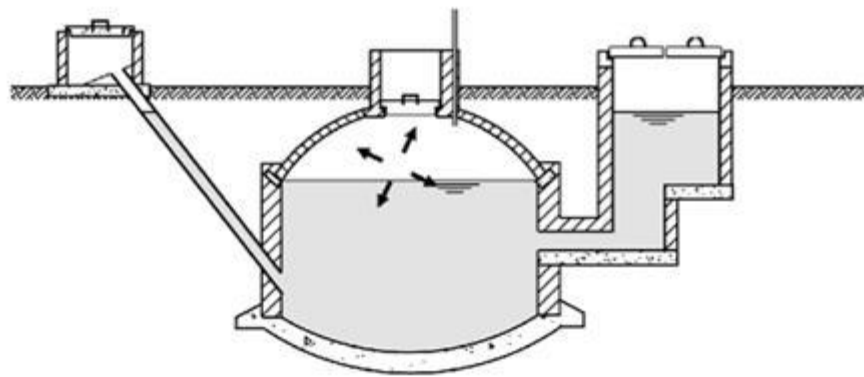
3. Sistema semicontinuo su diseño se caracteriza por la dispersión inmediata que posee el sustrato al momento de ingresar en el digestor y su descarga siendo similar a la mezcla interna del biodigestor, por lo que su única condición es que su mezcla sea homogénea. Necesitando así un mecanismo de agitación.

Dentro de dicho sistema existen algunos tipos dentro de los cuales se encuentran:

a. Biodigestores chinos. Estos poseen una forma cilíndrica, son construidos bajo tierra. Este sistema se caracteriza por poseer dos cámaras situados a sus extremos; en las cuales se realiza la carga y en la otra la descarga. Dicho sistema puede fermentar estiércol de animal basura domestica y desechos vegetales.

El biodigestor chino no requiere de un almacenamiento de gas por separado ya que por su techo y piso curvo, almacena el gas en la parte superior interna de este. El diseño que posee este digestor induce a que la materia prima sea separada en dos partes; una líquida la cual se encuentra fermentada y una en forma de lodo la cual se asienta en el fondo. La parte líquida o fluida es extraída conforme se cargue el digestor diariamente y la que posee forma de lodo es quitada mediante limpiezas totales las cuales son realizadas una o dos veces al año. Dentro de sus ventajas es que son de bajo costo, pero a su vez poseen ciertas desventajas como su técnica de construcción, problema de almacenamiento interno de gas y presiones variables.

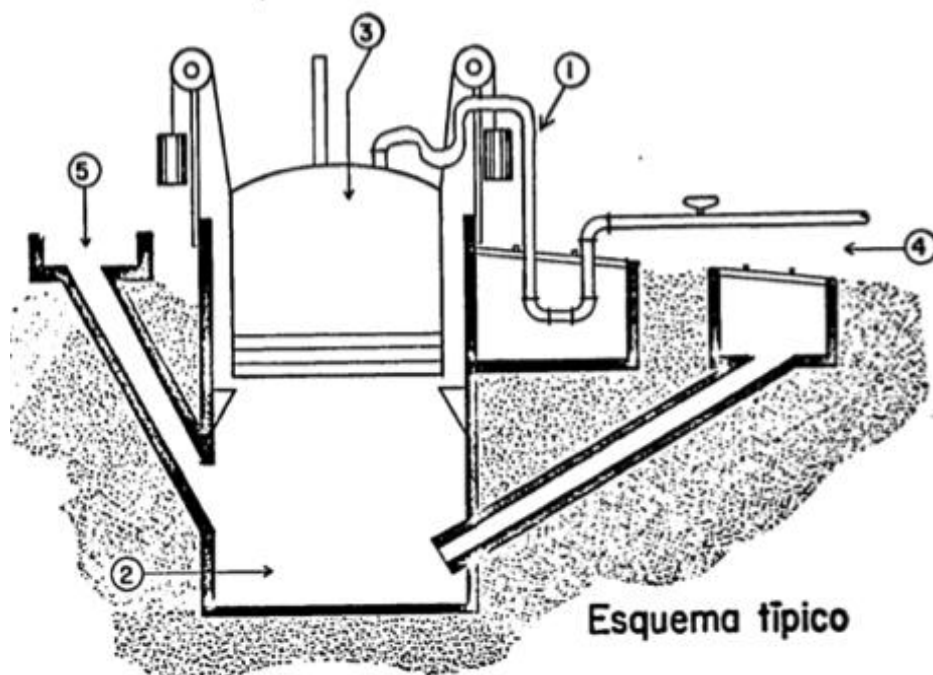
Ilustración No.5. Biodigestor chino



(Guilcapi,2011)

b. Biodigestor hindú: Este es similar al biodigestor chino a diferencia que este es de piso recto, su tanque es cilíndrico vertical y subterráneo similar a un pozo de agua. En la parte superior posee una cubierta en forma de campana, la cual almacena el gas producido y es mediante esto que el gas se mantiene a presión constante. Su carga es realizada por gravedad una vez al día a través de una pileta.

Ilustración No. 6 Biodigestor hindú



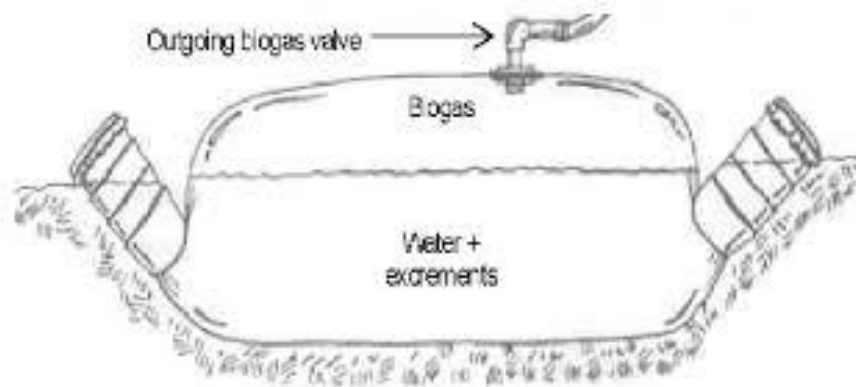
Esquema típico

(Guilcapi,2011)

4. Biodigestor de media bolsa: Este está compuesto por una bolsa impermeable, en la cual se lleva a cabo la fermentación. Se caracteriza por su grado de inclinación en el piso el cual es de 4%, para facilitar el desplazamiento de la materia prima. La cubierta es plástica similar a una media bolsa; la función de esta es aislar la materia del medio ambiente y encapsular el gas producido. (Guilcapi,2011)

Este diseño es de fácil construcción ya que solo se requiere de plástico y PVC, pero como desventaja esta su poca duración, especialmente si no están protegidos de los rayos solares. (Guilcapi,2011)

Ilustración No. 7 Biodigestor media bolsa



(Guilcapi,2011)

5. Biodigestor de bolsa completa: Consiste en una bolsa de hule sintético plástico con sus conexiones de entrada y salida. Este es colocado en una zanja realizada en el suelo. A este tipo de digester se le puede colocar sistemas mecánicos los cuales sirva para romper la espuma que se produce internamente y mover el efluente acumulado en el fondo. Posee como ventaja su fácil construcción pero por el contrario no se ha podido implementar en diversos lugares debido a la dificultad que requiere el obtener el material de la bolsa. (Guilcapi,2011)

Ilustración No.8 Biodigestor Bolsa completa



(Expoagro, 2013)

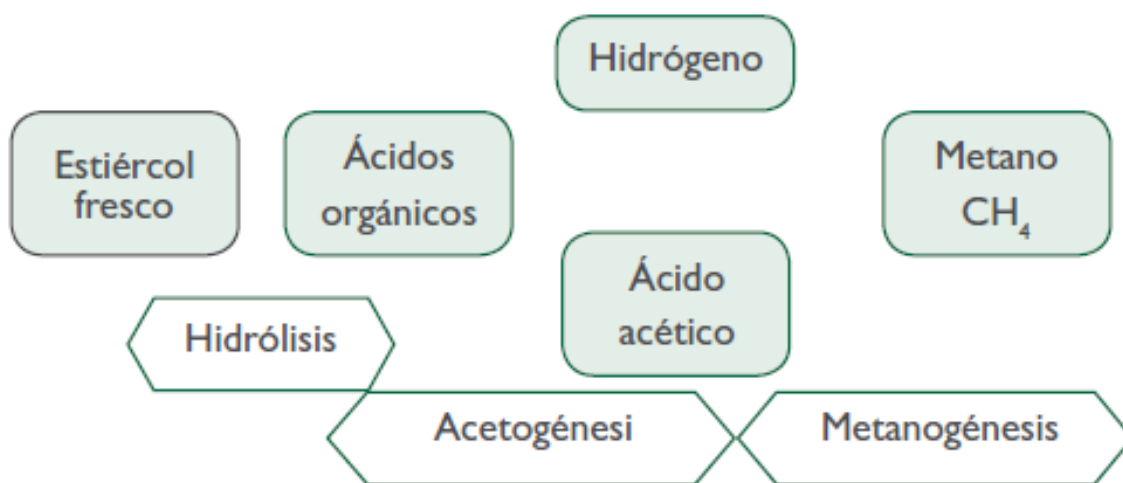
D. BIOGÁS

Es un gas producto de la fermentación del estiércol y restos vegetales que realizan las bacterias en el biodigestor. El biogás está compuesto principalmente de Metano, Dióxido de Carbono y de Sulfato de Hidrogeno. (CEDECAP, 2007)

Cuando los desechos orgánicos inician el proceso químico de fermentación, liberan una cantidad de gases que se les conoce como biogás. Con una tecnología apropiada, el biogás se puede transformar en otros tipos de energía, como calor, electricidad o energía mecánica. (CEDECAP, 2007)

El estiércol fresco contiene bacterias que lo digieren y producen metano, dióxido de carbono y otros gases mencionados. Esta digestión se hace en ausencia de aire en la cual hay una producción en cadena de diferentes tipos de bacterias. Donde unas inicialmente producen una hidrólisis del estiércol generando ácidos orgánicos. Otro tipo de bacterias digieren estos ácidos orgánicos a través de procesos llamados deshidrogenación y acetogénesis dando como resultado ácido acético e hidrógeno. Por último otras bacterias, llamadas metanogénicas, digieren el hidrógeno y el ácido acético para transformarlo en metano, que es el gas más importante de los consituyentes del biogás y que permite la combustión. A continuación se muestra el proceso que sucede adentro de un biodigestor. (Herrero, 2008)

Ilustración No. 9 Proceso biológico que sucede adentro de un biodigestor.



(Herrero, 2008)

Los principales componentes del biogás son el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂) como se mencionó previamente. La composición del biogás varía de acuerdo a la biomasa utilizada, su principal composición aproximada se presenta a continuación:

Tabla No 1. Composición del biogás

Nombre del componente del biogás	% volumen
Metano (CH ₄)	40-70%
Dióxido de carbono (CO ₂)	30-60%
Sulfuro de hidrogeno (H ₂ S)	0-3%
Hidrógeno (H ₂)	0-1%

(Herrero, 2008)

A continuación se muestra una tabla con las propiedades del biogás:

Tabla No. 2 Propiedades del biogás

Contenido energético	6.0-6.5 kWh/m ³
Equivalente en combustible	0.60-0.65 L aceite/ m ³ biogás
Límites de explosión	6-12% biogás en aire
Temperatura de ignición	650-750 °C
Presión crítica	7500-8900 kPa
Temperatura crítica	-82.5 °C
Densidad normal	1.2 kg/m ³
Olor	Huevo en mal estado
Masa molar	16.043 kg/kmol

(Cervantes, 2002)

1. Proceso de producción de metano. La producción de metano se debe a la digestión anaeróbica (DA) que es una descomposición microbiana bioquímica de la materia orgánica que produce CH₄, CO₂, nutrientes inorgánicos y compost, en un ambiente de oxígeno reducido y en la presencia de H₂. También se le conoce como bio-metanogénesis, que se produce de forma natural en los humedales, campos de arroz, los intestinos de animales entre otras. (Hernández, 2006).

Esto sucede en un entorno en el que una variedad de microorganismos:

- Microbios fermentativos (acidogénicos);
- Microbios formadores de acetato e hidrógeno (acetógenos);
- Microbios (arqueas) productores de metano (metanógenos) (Hernández, 2006).

Los materiales poliméricos tales como lípidos, proteínas y carbohidratos se hidrolizan principalmente por hidrolasas extracelulares, excretadas por los microbios presentes. Las enzimas hidrolíticas, (lipasas, proteasas, celulasas, amilasas, etc.) hidrolizan sus respectivos polímeros a moléculas más pequeñas, a las unidades monoméricas, que luego son consumidas por los

microbios. Todas las reacciones se producen de forma simultánea y son interdependientes. (Hernández, 2006).

2. Hidrólisis. Es teóricamente el primer paso en una reacción anaeróbica, en la cual la materia orgánica compleja (polímeros) es descompuesta en unidades pequeñas (mono y oligómeros). Durante esta etapa los polímeros como los carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos y proteínas se convierten en glucosa, glicerol, purinas y piridinas. Los microorganismos hidrolíticos excretan enzimas hidrolíticas, convirtiendo biopolímeros en compuestos simples y solubles. (Al Seadi et al, 2008)

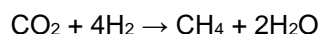
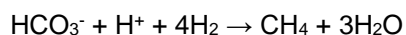
Una gran variedad de microorganismos están involucrados en la hidrólisis, que es llevada a cabo por exoenzimas producidas por los microorganismos que descomponen las partículas no disueltas. Los productos que salen de esta etapa son descompuestos por microorganismos usados en otros procesos metabólicos. (Al Seadi *et al*, 2008)

3. Acidogénesis. Durante acidogénesis, los productos de la hidrólisis se convierten por acidogénicos a bacterias metanogénicas en sustratos. Los azúcares simples, aminoácidos y ácidos grasos son degradados en acetato, dióxido de carbono y de hidrógeno (70%), así como en ácidos grasos volátiles y alcoholes (30%) (Al Seadi *et al*, 2008)

4. Acetogénesis. Los productos de acidogénesis, que no se pueden convertir directamente a metano por bacterias metanogénicas, se convierten en sustratos metanogénicas durante la etapa de acetogénesis. Los alcoholes se oxidan en sustratos metanogénicos como acetato, hidrógeno y dióxido de carbono. La producción de hidrógeno como un "producto de desecho" de esta etapa inhibe el metabolismo de las bacterias acetogénicas. Durante la metanogénesis, el hidrógeno se utiliza para producir más metano. Las etapas de acetogénesis y metanogénesis generalmente corren paralelas, como simbiosis de dos grupos de organismos. (Al Seadi *et al*, 2008)

5. Metanogénesis. Los metanógenos son los organismos productores de metano en la digestión anaerobia. Normalmente, son microorganismos conocidos como arqueas. Aunque el acetato y H_2/CO_2 son los principales sustratos disponibles en el medio ambiente natural, formiato, metanol, metilaminas, y CO_2 también se convierten a metano. (Hernández, 2006).

El gas metano se produce a partir de tres diferentes sustratos los cuales son: acetato, bicarbonato y dióxido de carbono, mediante las siguientes reacciones:



(Hernández, 2006)

Estas reacciones son exotérmicas (liberan energía.) Esta energía es almacenada por las bacterias en forma de ATP. Las bacterias transforman dióxido de carbono y el ácido acético en ácido pirúvico y a partir de éste ácido a biomasa, en vez de la generación de metano, cuando hacen este cambio no dependen de la materia orgánica para nutrirse, al igual que las plantas, pueden formar sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas (Hernández, 2006).

En ausencia de hidrógeno, la metanogénesis es favorecida y las bacterias acetogénicas pueden crecer ya que es un medio favorable para las mismas. Sin embargo, un pH por debajo de 7 y una alta concentración de ácido acético, inhibe el crecimiento de las bacterias metanogénicas (Hernández, 2006).

En las fases de hidrólisis y acidogénesis los microorganismos que están involucrados son facultativos, mientras que en la acetogénesis, los organismos son estrictos con una tasa de crecimiento cinco veces menor que la de la acidogénesis. Si las bacterias metanogénicas llegarán a tener problemas para reproducirse o consumir ácidos habría entonces una acumulación de los últimos mencionados con lo cual se afectaría las condiciones de los metanógenos, responsables de producir metano. (Campos, 2012)

Los metanógenos son organismos claves en el biodigestor. Su desarrollo es lento y son muy sensibles a las variaciones que se producen en su medio. Existen dos grandes clases de bacterias metanogénicas que difieren entre sí en las temperaturas de desarrollo. Las bacterias mesófilas tienen un rango de temperatura de desarrollo entre 33°C y 45°C y las termófilas entre 45°C y 65°C. (Hilbert, 2008)

6. Estiércol utilizado como sustrato para producción de biogás. La materia prima para la producción de biogás es el estiércol fresco. Se pueden considerar otros tipos de residuos orgánicos, pero en ningún caso residuos duros (con cáscara dura) o de larga duración de descomposición (como vísceras). El estiércol que mayor cantidad de biogás produce es el de cerdo y el humano, pero el fertilizante que producen es muy ácido, además de que en el caso humano hay tener otras consideraciones. El estiércol más neutral es el de vaca y por animal se produce gran cantidad del mismo, y por tanto es el más fácil de recoger. (Herrero, 2008).

Tabla No.3 Producción de estiércol diario fresco por masa

Especie	Masa de kg estiércol fresco producido por 100kg de peso del animal.
Cerdo	4
Bobino	7
Caprino	4
Conejos	3
Equino	7
Humano adulto	0.4 kg por adulto
Humano niño	0.2 kg por niño

(Herrero 2008)

El estiércol no es el único sustrato que puede ser utilizado como biomasa para la producción de metano, ya que se puede utilizar todos los tipos de biomasa. Siempre y cuando estos contengan proteínas, carbohidratos, grasas, celulosa y hemicelulosa como componentes principales. En el momento de seleccionar la biomasa a usar, es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- El contenido de sustancias orgánicas debe ser apropiado para el proceso de fermentación seleccionado.
- El contenido de sustancias orgánicas presentes debe de ser lo más alto posible.
- El sustrato debe estar libre de patógenos.
- El contenido de sustancias dañinas, así como basura deben ser bajas para permitir que el proceso de fermentación se lleva a cabo.
- La composición del biogás debe ser la apropiada para las aplicaciones posteriores.

(Deusche, 2005)

Al sustrato que se introduce en el biodigestor también se le pueden añadir co-sustrato ya que estos se incrementan el contenido de sustratos orgánicos, así como el rendimiento de biogás. En general, el contenido de materia seca en el sustrato debería estar debajo del 2-12% para asegurar

la funcionalidad de las bombas así como la mezcla apropiada en el biorreactor, lo cual es importante para un proceso eficiente. (Deusche, 2005)

7. Carga de mezcla diaria de entrada. En los bioreactores semi-continuos se hace una carga de estiércol todos los días el biodigestor con una la relación de estiércol/agua 1:4. A esto se le llama mezcla de carga diaria (estiércol más agua). En estudios realizados anteriormente se recomendaba en todos los casos mezclas de 1:4 para biodigestores tubulares, pero en el caso de los que usan estiércol de ganado bobino, una mezcla de 1:3 es suficiente como se ha visto experimentalmente. (Herrero, 2008)

En biodigestores tipo chino la mezcla se realiza 1:1, pero en biodigestores de tubulares conviene diluir mucho más el estiércol de forma que no se formen 'natas' en la superficie. Además, una buena dilución de la mezcla asegura que el biodigestor realmente sea de flujo continuo, evitando que se atasque por exceso de materia sólida en su interior. Biodigestores tubulares que han sido cargados con relaciones de 1:2 de estiércol y agua, han tenido que ser desatascados a los pocos meses, por acumularse exceso de materia sólida en su interior. El suero de la leche de la vaca está dando muy buenos resultados en la producción de biogás, y si es posible, se puede sustituir parte del agua a introducir diariamente por el mismo litro de suero de vaca. (Herrero, 2008)

8. Evaluación de sustratos para producción de biogás. La producción de biogás depende de varios factores, como la composición y la proporción de los sustratos y co-sustratos que se utilizaran. Otro aspecto importante es la degradabilidad de los microbios de la biomasa, el contenido de materia seca, materia orgánica seca y la relación de los nutrientes entre estos. También, los parámetros de la fermentación son importantes como el número de etapas, la temperatura, tiempo de residencia del sustrato en el biorreactor, el tipo, la frecuencia de carga de la sustancia mezclada y la cantidad. (Weber, 2012)

Estos parámetros deben ser analizados en pruebas de laboratorio así como en una planta piloto antes de la construcción de la planta de producción de biogás. Algunas veces el volumen máximo recomendable de cargas de biomasa así como la concentración de algunos materiales deberán medirse. (Weber, 2012)

El análisis en principio puede ser continuo o por lotes. Primero, las muestras de biomasa deben ser homogenizadas, troceadas y diluidas. Estas luego son descargadas en el reactor del laboratorio a temperatura y valores de pH ajustables. (Weber, 2012)

Antes de construir la planta los resultados del laboratorio deben ser confirmados en una planta piloto con reactores de un tamaño no mayor a 50 L. Una planta piloto consiste en un hidrolizador, reactor de metano y tanque de almacenamiento. (Weber, 2012)

Para los exámenes de laboratorio o planta piloto las siguientes medidas son recomendables:

- Temperatura
- Valor de pH
- Materia seca y contenido de agua
- Contenido de material orgánico
- Degradabilidad y contenido de ácidos orgánicos
- Contenido de sal
- Contenido total de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, sulfuro y componentes con pH decreciente.
- Disponibilidad de nutrientes para la planta como nitratos, amonio, fosfato, óxido de potasio y magnesio.
- Metales pesados como cadmio, mercurio, cinc, cromo, cobre y níquel.

E. CONSUMO DE BIOGÁS

El biogás producido se emplea normalmente como sustituto de la leña o gas de garrafa, para cocinar. El poder calorífico del biogás es menor al del butano o propano, e implica que se tarda en cocer más tiempo los alimentos que cuando se hace con gas natural o de garrafa. El consumo de una cocina doméstica normal se puede estimar en 130-170 L/h. (Herrero, 2008)

En la siguiente tabla se muestra los equivalentes de diferentes tipos de energía a 1m³ de biogás.

Tabla No.4 . Equivalencias energéticas del biogás

Equivalencias energéticas del biogás	
1000 litros(1 m ³) de biogás equivale a:	
Madera	1.3 kg
Bosta seca	1.2 kg
Alcohol	1.1 litros
Gasolina	0.8 litros
Gas-oil	0.65 litros
Gas Natural	0.76 m ³
Carbón	1.5 kg
Electricidad	2.2 kW/h

(Herrero, 2008)

El biogás también se puede emplear en lámparas de gas comerciales para iluminación. El consumo de estas lámparas varía según el fabricante pero se puede considerar un consumo de 90 a 130 L/h. Cuando se produce gran cantidad de biogás éste se puede emplear en calefacción (de chiqueros y de crías pollos) e incluso conectarlo a un motor para su funcionamiento. (Herrero, 2008)

F. PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTE

La carga de mezcla diaria de estiércol con agua que se introduce al biodigestor será digerida por las bacterias y se producirá biogás. Pero por otro lado quedará un líquido ya digerido, que ha producido todo el biogás que podía, y que se convierte en un excelente fertilizante. A este fertilizante se le suele llamar de forma general biól. Es cierto que en algunos documentos diferencian entre su parte más líquida y su parte sólida, llamando a la primera biól y a la segunda biosol. (Herrero, 2008)

El fertilizante producido tiene un contenido en nitrógeno de 2 a 3%, de fósforo de 1 a 2%, de potasio entorno al 1% y entorno a un 85% de materia orgánica con un PH de 7.5. Para producir un mejor fertilizante es importante aumentar los tiempos de retención, de manera que el lodo se

haya descompuesto más, y sea más rico más fácil de asimilar por las plantas. El fertilizante que sale de un biodigestor con los tiempos de retención expresados en la imagen de abajo es muy bueno, pero si aumentamos estos tiempos de retención en un 25% es excelente. (Herrero, 2008)

Tabla No 5 . Retención de la mezcla para realizar fertilizante

Tiempo de retención según temperatura para mejor fertilizante		
Región característica	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
Trópico	30	20
Valle	20	32
Altiplano	10	75

(Herrero, 2008)

Este fertilizante o biól producido, este tiene diferentes aplicaciones dentro de las básicas se encuentra:

1. Inicialmente, cuando es terreno se ara, se puede usar el fertilizante recién salido del biodigestor para regar cada surco.
 2. El día antes de sembrar, se pueden introducir las semillas o grano en una mezcla de 1 a 1 de fertilizante con agua por un tiempo de 4 o 5 horas.
 3. Una vez en crecimiento la planta se puede filtrar el fertilizante y fumigar (uso como fertilizante foliar) las plantas con una mezcla de 1 parte de fertilizante y 4 de agua. Funciona muy bien fumigar tras una helada, así como cuando ya comienza el fruto a aparecer, pero nunca durante la floración, ya que podría llegar a quemar la planta.
- (Herrero, 2008)

G. PARÁMETROS PARA EL BIOGÁS

1. Temperatura. El factor más importante es la temperatura ya que determina el rendimiento de los reactores de DA, ya que es una condición esencial para la supervivencia y la prosperidad de la óptima microbianos. Los digestores mesófilos tienen una temperatura de funcionamiento en el rango de 25-40 °C y los digestores termófilos tienen una temperatura de funcionamiento en el rango de 50 -65 °C. Los digestores termófilos permiten mayor velocidad de carga y tienen mayor rendimiento en la producción de metano, ya que hay una mayor degradación del sustrato y mayor destrucción de patógenos. Además, la temperatura más alta acorta el tiempo de retención requerido, ya que acelera las reacciones de degradación del material orgánico. (Mayorga, 2014)

Sin embargo, las bacterias anaeróbicas termófilas son muy sensibles a las toxinas y a pequeños cambios ambientales. Además, estas bacterias necesitan más tiempo (más de un mes) para desarrollar una población. Estos sistemas son más difíciles de mantener y son menos atractivas para aplicaciones comerciales, ya que requieren la entrada de energía adicional para el calentamiento. (Mayorga, 2014)

Los reactores DA mesófilos operan con una asociación microbiana robusta que tolera cambios mayores en el medio ambiente y son más estables y más fáciles de mantener. Otra ventaja es que, por lo general, estos sistemas no necesitan ningún aporte adicional de energía para calentar el sistema. Por otra parte, las desventajas de los sistemas de DA mesófilos son tiempos de retención más largos y una producción de biogás inferior. Sin embargo, debido al hecho de que son más fáciles de operar y mantener, así como el costo de inversión inferior, son más atractivos para las plantas a escala comercial. (Mayorga, 2014)

2. pH. La importancia de que el pH sea del adecuado es debido al hecho de que las bacterias metanogénicas son muy sensibles a las condiciones ácidas, y su crecimiento y la producción de metano son inhibidas en un medio ambiente ácido. En reactores por lotes, el valor de pH depende muy cercanamente del tiempo de retención y de la velocidad de carga. Las diferentes etapas del proceso de DA tienen diferentes valores adecuados de pH. (Mayorga, 2014)

También, el valor del pH cambia como consecuencia de las transformaciones biológicas durante las diferentes etapas de proceso de DA. La producción de ácidos orgánicos durante la acetogénesis puede bajar el pH por debajo de 5, lo que es letal para los metanógenos. En consecuencia esto llevaría a la acumulación de ácido, ya que los metanógenos son responsables para el consumo de los ácidos que se forman, y por lo tanto, al fracaso del digestor. Por otro lado, el exceso de metanógenos puede conducir a una mayor concentración de amoníaco, lo que aumenta el pH por encima de 8, lo que es inhibitor para la acidogénesis. (Hernández, 2006).

El pH constante es crucial en la fase de puesta en marcha, porque los residuos frescos tienen que pasar inicialmente a la etapa de hidrólisis y la acidogénesis, antes de que se forme alguna cantidad de metano, proceso que reducirá el pH. Con el fin de mantener el valor del pH en equilibrio, un buffer tiene que ser añadido en el sistema, tal como carbonato de calcio. (Hernández, 2006).

Se ha demostrado que el intervalo óptimo de pH para la obtener un rendimiento máximo de biogás en la DA es 6.5 a 7.5. (Hernández, 2006).

El valor del pH es una función de la concentración de los ácidos grasos volátiles (VFA), de la concentración de bicarbonato, y de la alcalinidad del sistema, así como de la fracción de CO₂ en el gas del digestor. Con el fin de fijar el pH a un valor constante, es crucial ajustar la relación entre las concentraciones de bicarbonato y VFA. (Hernández, 2006).

3. Demanda química de oxígeno (DQO). Es una medida de la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua. La materia orgánica en condiciones naturales puede ser biodegradada a dióxido de carbono y agua a través de un proceso muy lento que puede tardar varios días. Esta se expresa como oxígeno equivalente al necesario para degradar la materia orgánica por litro (mg/L). (Norma UNE 77/004/89)

El proceso de degradación realizado por los microorganismos es acelerado en las pruebas de DQO mediante procesos de oxidación forzada en los cuales se utilizan oxidantes químicos y métodos estandarizados. (Norma UNE 77/004/89)

Puede emplearse una mezcla de ácido sulfúrico y dicromato de potasio con iones plata como catalizador. En el tiempo de digestión que será de dos horas y a una temperatura de 150°C el cromo VI pasa a estado de oxidación cromo III oxidando la materia orgánica. (Norma UNE 77/004/89)

4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general, residuales. Su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales. (Norma UNE 77/004/89)

La prueba de la DBO es un procedimiento experimental que mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales. Las condiciones estándar del ensayo incluyen incubación en la oscuridad, a 20°C, por un tiempo determinado, generalmente cinco días. Las condiciones naturales de temperatura, población biológica, movimiento del agua, luz solar y la concentración de oxígeno no pueden ser reproducidas en el laboratorio. Los resultados obtenidos deben tomar en cuenta los factores anteriores para lograr una adecuada interpretación. (Norma UNE 77/004/89)

Las muestras de agua residual o una dilución conveniente de las mismas, se incuban por cinco días a 20°C en la oscuridad. La disminución de la concentración de oxígeno disuelto (OD), medida

por el método Winkler o una modificación del mismo, durante el periodo de incubación, produce una medida de la DBO. (Norma UNE 77/004/89)

Para determinar la DQO se puede utilizar el método de absorción en el cual se utiliza la ley de Beer-Lambert que es:

Una ley de absorción de luz que indica de manera cuantitativa la relación entre el grado de atenuación con respecto a la concentración de las moléculas que absorben y de la longitud del trayecto en que ocurre la absorción. Cuando la luz atraviesa un medio que contiene un analito que absorbe la misma, se disminuye su intensidad como consecuencia de la excitación del mismo. Según esta ley, la absorbancia es directamente proporcional a la concentración de una especie absorbente c y a la longitud del trayecto b del medio de absorción, como lo expresa la siguiente ecuación: (Skoog, 2010)

$$A = \log \frac{P_0}{P} = abc$$

Ecuación No. 2 Ley de Beer Lambert (Skoog, 2010).

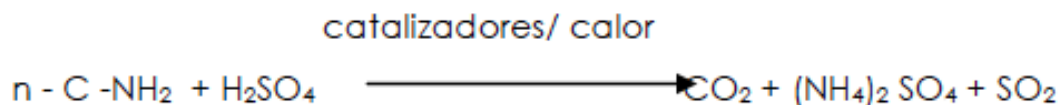
5. **Proteínas.** Para la determinación de proteínas se usa el método de Kjeldahl que se basa en la determinación del nitrógeno. La determinación del contenido de nitrógeno en muestras de naturaleza orgánicas importante en muchos campos de análisis, como los relacionados con las industrias agroalimentaria o farmacológica o con el medio ambiente, entre otros. (Fernández, 2010)

El contenido en proteína se puede calcular seguidamente, presuponiendo una proporción entre la proteína y el nitrógeno para el alimento específico que está siendo analizando, tal y como se explicará más adelante. (Fernández, 2010)

Este método puede ser dividido, básicamente en tres etapas: digestión o mineralización, destilación y valoración. El procedimiento a seguir es diferente en función de la forma de capturar el nitrógeno liberado de la destilación, ya sea sobre una disolución de ácido bórico o sobre un exceso conocido de ácido clorhídrico o sulfúrico patrón. Ello condiciona la forma de realizar la siguiente etapa de valoración, así como los reactivos empleados. (Fernández, 2010)

Etapas de digestión: un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y ebullición convierte el nitrógeno orgánico en ion amonio (Fernández, 2010)

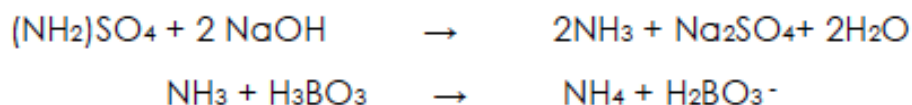
Ilustración No. 10 Reacción para la etapa de digestión en la prueba de proteínas



(Fernández, 2010)

Etapa de destilación: se alcaliniza la muestra digerida y el nitrógeno se desprende en forma de amoníaco destilado que se recoge sobre un exceso desconocido de ácido bórico. (Fernández, 2010)

Ilustración No. 11 Reacción para la etapa de destilación en la prueba de proteínas



(Fernández, 2010)

Etapa de valoración: La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realiza usando titulación volumétrica ácido-base del ion borato formato, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno. Los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoníaco destilados. (Fernández, 2010)

Ilustración No. 12 Reacción para la etapa de valoración en la prueba de proteínas



(Fernández, 2010)

De la valoración se puede calcular el número de equivalentes de nitrógeno recogidos, y con este dato se obtiene el porcentaje de nitrógeno en la muestra. Para calcular el porcentaje de proteína basta con multiplicar el porcentaje de nitrógeno calculado por un factor de conversión. Este factor de conversión está tabulado para cada grupo de alimentos. En la Tabla No. 6 se resumen los factores para algunos alimentos. (Fernández, 2010)

Tabla No. 6 Factores K teóricos para proteínas

Alimento	Factor K
Harina de trigo	5.70
Trigo, centeno, cebada	5.83
Arroz	5.95
Cacahuates	5.46
Almendras	5.18
Sojas	5.71
Semillas oleaginosas	5.30
Leche y derivados	6.38
Carne y derivados	6.25
Clara de huevo	6.70
Yema de huevo	6.62
Huevo entero	6.68
Gelatina	5.55
Vegetales	6.25

(Potus, 2000)

6. **Grasas.** Para determinar grasas se usa el método de Soxhlet. El método Soxhlet involucra una extracción sólido-líquido con el fin de determinar la concentración de la materia grasa. El solvente a utilizar debe tener un punto de ebullición bajo y no reaccionar con el aceite a extraer. (Mejía, 2008)

Las etapas de este método comprenden de los siguientes procesos físicos: vaporización, condensación, extracción y evacuación por el sifón. (Mejía, 2008)

7. Sólidos volátiles, cenizas y totales:

- **Sólidos totales:** Se define como sólidos totales a la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103°C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto. Para su determinación, la muestra se evapora en una cápsula a peso constante previamente pesada, sobre un baño María, y luego se seca a 103 – 105 °C en un horno. El incremento de peso, sobre el peso inicial dividido entre el volumen de la muestra, representa el contenido de sólidos totales en mg/L. (Chiruchi, 1996)
- **Sólidos volátiles:** El contenido de sólidos volátiles se interpreta en términos de materia orgánica, teniendo en cuenta que a 550°C la materia orgánica se oxida formando CO₂ y H₂O que se volatilizan. El procedimiento estándar consiste en someter las cápsulas que contienen los sólidos totales se calcinan en una mufla a una temperatura de 550°C, durante una hora. La pérdida de masa se registra como mg/l de sólidos volátiles y el residuo como mg/L de sólidos fijos.(Chiruchi, 1996)

Para la determinación de sólidos suspendidos totales, fijos y volátiles se calculan por medio de las siguientes ecuaciones.

Ecuación No. 3 Determinación de sólidos suspendidos totales, fijos y volátil

$$SST, \text{ mg/L} = \frac{(P_2 - P_1) \times 1000}{V}$$

$$SSF, \text{ mg/L} = \frac{(P_3 - P_1) \times 1000}{V}$$

$$SSV, \text{ mg/L} = SST - SSF$$

(Hernández, 2006).

Donde:

SST = sólidos suspendidos totales en mg/L.

SSF = sólidos suspendidos fijos en mg/L.

SSV = sólidos suspendidos volátiles en mg/L.

P1 = masa del filtro preparado en mg.

P2 = masa del filtro más el residuo seco a 103-105°C, en mg.

P3 = masa del filtro más el residuo calcinado a 550 °C, en mg.

V = volumen de muestra tomado en mL.

- Cenizas: es equivalente al residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica. La muestra se incinera a 550-600 °C para eliminar todo el material orgánico. El material inorgánico que no se destruye a esta temperatura se denomina ceniza. La calcinación debe efectuarse a una temperatura adecuada, que sea lo suficientemente alta como para que la materia orgánica se destruya totalmente, pero tenemos que observar que la temperatura no sea excesiva para evitar que los compuestos inorgánicos sufran alteración.

H. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Existen diferentes métodos para estimar la producción de biogás de un biodigestor según su carga diaria de estiércol, se puede denominar como 'número mágico' para realizar este cálculo de

forma sencilla. La estimación de este 'número mágico' se realiza a través de los conceptos de 'sólidos totales' y 'sólidos volátiles'. En la estimación se han considerado valores medios y por tanto el empleo de este 'número mágico' sirve para tener una idea aproximada del volumen de biogás generado por día siempre que se cumplan los tiempos de retención adecuados a cada temperatura de trabajo. (Herrero, 2008)

Tabla No. 7 Producción de biogás y factor de producción de biogás

Ganado	Factor de crecimiento (L de biogás producidos por día por kg de estiércol cargado)
Cerdo	51
Bovino	35.3

(Herrero 2008)

Por ello, para conocer la producción de biogás es necesario conocer previamente la cantidad de estiércol que se va a introducir diariamente al biodigestor, determinar la cantidad de sólidos totales que hay en el estiércol (multiplicando los kg de estiércol por 0.17), y a partir de ese resultado estimar los sólidos volátiles (multiplicando los sólidos totales por 0.77). Conocidos los sólidos volátiles, dependiendo del tipo de estiércol que se esté empleando, la producción de biogás será mayor o menor. (Herrero, 2008)

I. Datos teóricos encontrados para la caracterización de estiércol

1. Producción de biogás

Tabla No 8. Producción de gas en digestores pequeños rurales a distintas temperaturas de reacción.

Material de carga	Temperatura (°C)	Producción de gas (m3 / día)
Paja de arroz + estiércol	29-30	0.55
Porcino + pastos	24-26	0.21
Porcino + pastos	16-20	0.10
Porcino + pastos	12-15	0.07
Porcino + pastos	menos de 8	escasa

(Guevara, 1996)

Tabla No 9. Comparativo para producción de biogás (m³/día) con materiales empleados comúnmente a una temperatura mesofílica y ambiente

Materiales	Mesofílico (35°C)	Ambiente (8-25°C)
Estiércol de cerdo	0.42	0.25-0.3
Estiércol de vaca	0.3	0.2-0.25
Estiércol de humano	0.43	0.25-0.3
Paja de arroz	0.4	0.2-0.25
Paja de trigo	0.45	0.2-0.25
Pasto verde	0.44	0.2-0.25

(Guevara, 1996)

Tabla No. 10 Producción de biogás por kg de estiércol introducido al biodigestor.

Tipo de estiércol	Producción de biogás por kg de estiércol (m ³ /kg estiércol)
Vaca	0.022 – 0.040
Cerdos	0.040 -0.0 60
Aves de corral	0.0655 – 0.115
Humano	0.020 – 0.028

(Lara, 2011)

2. Nitrógeno

Tabla No. 11. Comparación entre % de nitrógeno para varios tipos de estiércol

Maramba, 1978		Barnett, 1978		Kaltwascer, 1980	
Materia biodegradable	Nitrógeno (% m/m)	Materia biodegradable	Nitrógeno (% m/m)	Materia biodegradable	Nitrógeno (% m/m)
Estiércol cerdos	2.8	Estiércol vacas	1.7	Excremento humano	6
Estiércol vacas	1.8	Estiércol pollo	6.3	Estiércol vaca	1.7
Estiércol pollos	3.7	Estiércol caballo	2.3	Estiércol cerdo	3.8
Excremento humano	7.1			Excremento pollo	6.3
Estiércol patos	0.8			Estiércol caballo	2.3

(Maramba, 1978, Barnett, 1978, Kaltwascer, 1980)

3. Sólidos totales

Tabla No. 12 .Contenido de sólidos totales (m/m) en materiales de fermentación comúnmente utilizados en las zonas rurales.

Materiales	Contenido seco (%)	Contenido hídrico (%)
Paja de arroz	83	17
Paja de trigo seca	82	18
Tallo de maíz	80	20
Pasto verde	24	76
Excretas humanas	20	80
Estiércol de cerdo	18	82
Estiércol de vaca	17	83
Orina humana	0.4	99.6
Orina de cerdo	0.4	99.6
Orina de vaca	0.6	99.4

(Guevara, 1996)

Tabla No. 13. Sólidos totales para estiércol fresco vacuno y diferente relaciones estiércol/agua.

Material	Sólidos Totales (%)
Estiércol fresco	17
Mezcla 1:4	3.4
Mezcla 1:3	4.25

(Lara, 2011)

4. DQO y DBO

Tabla No.14 Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno para estiércol de cerdo:

DQO (kg/m ³)	1.4
DBO (kg/m ³)	0.725

(Carrillo, 2003)

5. Relación Carbono/Nitrógeno

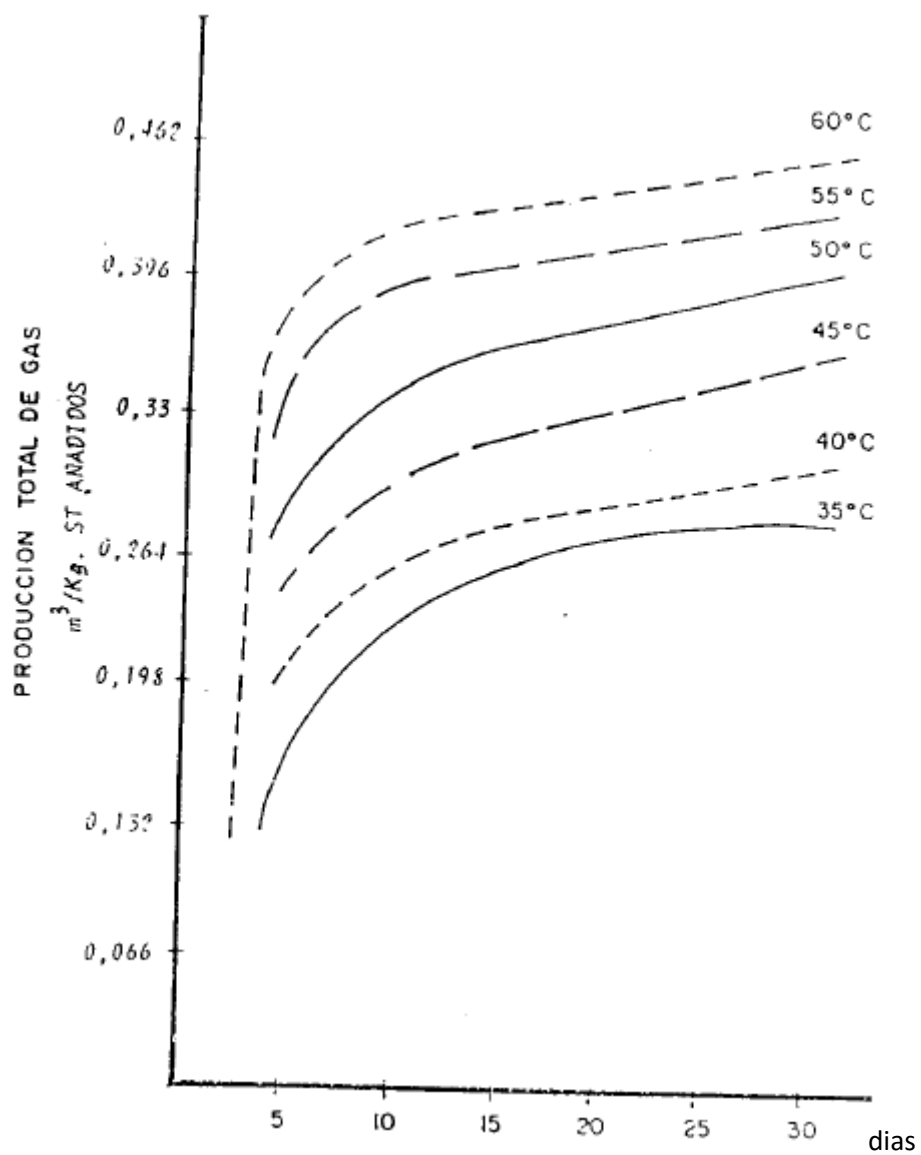
Tabla No. 15. Relación carbono nitrógeno de los materiales orgánicos usados en biodigestor.

Materias Primas	Contenido de carbono de las materias primas por peso (%)	Contenido de nitrógeno de las materias primas por peso (%)	Relación carbono a nitrógeno (C/N)
Paja seca de trigo	46	0.53	87:1
Paja seca de arroz	42	0.64	67:1
Tallo del maíz	40	0.75	53:1
Hojas secas	41	1.00	41:1
Estiércol de aves	41	1.30	32:1
Pasto	14	0.54	27:1
Cacahuets tallos y hojas	11	0.59	19:1
Estiércol fresco de oveja	16	0.55	29:1
Estiércol fresco de vaca	7.3	0.29	25:1
Estiércol fresco de caballo	10	0.42	24:1
Estiércol fresco de cerdo	7.8	0.60	13:1
Excretas frescas humanas	2.5	0.85	2.9:1
Estiércol de aves			15:1

(Guevara, 1996)

6. Temperatura

Gráfica No.1 Efecto de la temperatura y tiempo de retención sobre la producción de gas.



(Guevara, 1996)

7. Caracterización de diferentes tipos de estiércol y materiales orgánicos para la producción de biogás.

Tabla No. 16. Análisis de los resultados de diversos pruebas efectuados por el Instituto Industrial de Micro biología de Shanghai.

Materiales	Renglon		Solidos totales (TS)	Sólidos volátiles (VS)	Grasas	Lignina	Celulosa compleja	Proteína
	%							
Estiércol porcino	Frescos	%	27.4	20.97	3.15	5.8	8.88	3.0
	Totales	%	100	76.54	11.5	21.49	32.39	10.95
	VS	%	----	100	15.03	28.08	42.32	14.31
Estiércol vacuno	Frescos	%	20.0	15.8	0.65	7.11	6.56	1.81
	Totales	%	100	76.89	3.23	35.57	32.49	9.05
	VS	%	----	100	4.20	46.2	42.26	11.77
Estiércol de aves	Frescos	%	68.9	56.64	2.96	13.66	24.83	6.36
	Totales	%	100	82.20	2.84	19.82	50.55	9.56
	VS	%	----	100	3.46	24.11	61.5	11.58
Paja de arroz	Frescos	%	88.82	76.41	8.54	11.28	53.25	4.81
	Totales	%	100	86.02	9.62	12.7	59.95	5.42
	VS	%	----	100	11.18	14.76	69.19	6.3
Pasto verde	Frescos	%	15.9	12.93	1.28	1.56	9.1	0.79
	Totales	%	100	81.32	8.05	9.8	57.22	4.94
	VS	%	----	100	9.90	17.05	70.36	6.07

Fuente : El Biogas. 1986

(Guevara, 1996)

J. CONDICIONES DE DISEÑO

1. Sistema de alimentación. Es importante tomar en cuenta la forma de recolección y transporte del estiércol o material orgánico que va ser digerido, por lo que es importante un manejo adecuado para evitar pérdidas de durante el proceso de recolección. Sin importar el sistema a elegir es importante que la alimentación sea en el menor tiempo posible para mantener la eficiencia de producción.

2. Cámara de digestión. Sin importar el tipo de biodigestor a utilizar la cámara debe cumplir con los siguientes requisitos listados: (Hilbert, 2011)

- Impermeable al agua y al gas para evitar pérdidas de líquido en la digestión, evitar la pérdida de eficiencia y evitar cualquier riesgo de explosión.
- Aislante, las pérdidas de calor se deben evitar ya que la temperatura de digestión se logra con el aporte del calor externo, este factor resulta importante si se trabajan a temperatura meso y termofílicas.
- Mínima relación superficie/volumen para minimizar costos y reducir la superficie de transferencia de calor.
- Estabilidad estructural, capaz de soportar cargas estáticas y dinámicas, se debe incluir un estudio de suelo especialmente si se puede llegar afectar algún manto freático.

K. APLICACIÓN DEL BIOGÁS

Tabla No.17 Usos principales de biogás

ARTEFACTO	CONSUMO	RENDIMIENTO (%)
Quemador de cocina	300 - 600 l/h	50 - 60
Lámpara a mantilla (60W)	120 - 170 l/h	30 - 50
Heladera de 100 L	-30 - 75 l/h	20 - 30
Motor a gas	0,5 m ³ /kWh o Hph	25 - 30
quemador de 10 kW	2 m ³ /h	80 - 90
Infrarrojo de 200 W	30 l/h	95 - 99
Cogenerador	1 kW elect. 0,5 m ³ /kwh: :2kW térmica	hasta 90

(Hilbert, 2011)

L. COMPOST

El compost es el producto de la descomposición natural de la materia orgánica hecha por los organismos adecuados y por pequeños animales detritívoros.

Para realizar compost es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

- Los microorganismos del compost necesitan una dieta variada y equilibrada de materia orgánica. Es muy difícil producir compost con solo un tipo de material.
- La producción de compost depende de la multiplicación de los microorganismos, por lo que entre más tengamos más rápido será el proceso.
- Los microorganismos se multiplican con rapidez y son aerobios.

El compostaje debe ser aerobio, ya que la degradación anaerobia es más lenta y menos eficiente energéticamente. También si el proceso se da de una forma aerobia tendrá un mejor olor, esto dependerá del grado de aireación del interior de la pila en el compost. Para ello existen tres diferentes formas:

- Por volteos de la pila, manual o mecánicamente.
- Por una correcta construcción de la pila, que permita al aire difundirse hasta el centro.
- Por un sistema que aspira el aire a través de la pila.

La cantidad adecuada de humedad de la pila de compost se determina cuando este tiene una consistencia de esponja escurrida, ya que así existe una fina capa de agua recubriendo cada partícula de material orgánico, logrando que los microorganismos puedan vivir, reproducirse y dispersarse. Es necesario estar humedeciendo la pila, esto se puede lograr por medio de una manguera. Se puede colocar encima un cobertor de plástico que ayude a mantener la humedad.

En cuanto a la temperatura se tienen cuatro fases:

- Fase psicrófila: se inicia al construir la pila del compost, se empiezan a multiplicar los microorganismos donde su temperatura óptima es de 12 y 17°C. Aquí se empieza a degradar la materia orgánica y a liberar los nutrientes. También se degrada compuestos carbonados y se produce CO₂ y calor.
- Fase mesófila: en esta la temperatura óptima es entre 22 y 34°C. Estos se multiplican con rapidez y se producen ácidos orgánicos, donde se baja el pH, esta fase dura entre 1 y 2 días.
- Fase termófila: se tiene una temperatura de 40 a 55°C o más, acá mueren muchos microorganismos patógenos. Se transforma el nitrógeno en amoníaco, transformado de esta manera el medio ácido en un pH básico. Esta dura varias semanas.
- Fase de enfriamiento y maduración: fase de curado. La temperatura disminuye y los microorganismos mesófilos vuelven a dominar empezando la fase de maduración. El pH disminuye acercándose a la neutralidad. Dura varios meses. La pila de compost se convierte en un auténtico ecosistema con una gran biodiversidad.

Pasos para la producción de compost:

- Buscar un sitio para el compost.
- Construir un contenedor.
- Reunir material para compostar.
- Inocular la pila (se puede agregar un poco de compost comprado)

- Mezclar los materiales.

1. Formas de pila

a. Cilindro. Se puede realizar con un contenedor cilíndrico con malla de plástico o alambre galvanizado, utilizando mallazo de construcción. La ventaja de un cilindro es que es muy rápido de preparar y permiten la entrada de aire en todas las partes de la pila. Pero se tiene como inconveniente que es muy difícil remover el material.

b. Cubo. Permite una buena aireación, es de fácil acceso al remover una de las caras, es rápido económico y práctico. Para este es necesario colocar cuatro palos de tamaño similar, sujetarlos con alambre y empezar a preparar el compost. La distancia entre los palos debe ser suficiente para que no se derrame el material y exista suficiente aireación. Tienen como desventaja que son incómodos de mezclar el compost y tienen esquinas donde el material permanece sin madurar, también la madera se va degradando por lo que es necesario con el tiempo cambiar los palos, pero para ello se puede construir de metal, de ladrillos o de piedras.

c. Depósitos de plástico. En este se mantiene el compost limpio, ayudan a aislarlo, por lo que la composición se mantiene durante más tiempo en los meses fríos. Se puede utilizar plástico reciclado.

d. Barriles móviles. Son toneles o barriles con un eje y un sistema de giro del barril sobre ese eje, en el interior suele haber aspas o cables que ayudan a que el material se vaya rompiendo y se tiene una ventana para meter y sacar el material. Se tiene como ventaja que el material se remueve más fácilmente, logrando producir compost con rapidez y es limpio. Se tiene como inconveniente el precio, la poca capacidad de estos, el espacio que ocupan.

Se puede organizar el compost de la siguiente forma:

- Sistema de una torre

Este es el método más sencillo, si se piensa realizar una gran cantidad de compost, una torre puede no tener capacidad suficiente. En este se tiene un contenedor que tenga un metro de altura y un metro de anchura, luego se construye la pila (es mejor hacer varias pilas que solo una), si ya se tiene compost terminado se quita este y se toma lo que se necesita. Si la pila no cuenta con una alta temperatura se puede echar lombrices rojas para ayudar a hacer el compost, con esto se logrará que el proceso sea más rápido y generar un producto final de alta calidad.

- Sistema de dos y tres torres

Estos sistemas están formados por dos o tres torres adosadas y pueden estar construidas de los mismos materiales que las pilas de una torre. La ventaja de esto es que se puede tener una torre para ir añadiendo material nuevo y otra para el material que ya va más avanzado. Este es un buen sistema si se tiene el espacio suficiente y el material.

- Compost de estiércol

Para el compost, los mejores estiércoles son los producidos por animales herbívoros (caballo, vaca, ovjea o aves). El estiércol puede quemar las plantas si se aplica fresco o poco compostado, por lo que es importante estar seguros que si este bien transformado en compost maduro, una señal de esto es que existan lombrices multiplicándose con rapidez, de esta forma se sabe que la temperatura ha bajado a niveles aceptables y los niveles de aireación, humedad y pH son adecuados.

El estiércol contiene mucho nitrógeno, algunos pueden tener semillas de malas hierbas por lo que es importante que pase por el centro de la pila a altas temperaturas. El estiércol fresco ayuda a la pila del compost a calentarse rápidamente y acelerar la descomposición.

El estiércol de vaca es el resultado de un proceso complejo y largo de gestión, característico de los rumiantes. La eficiencia es alta, por lo que contiene pocos nutrientes pero es rico en microorganismos como las enzimas, por lo que es excelente para el compost. (Alonso)

M.TIPO DE BIODIGESTOR A USAR

El biodigestor que se usará es de tipo semicontinuo, este es una combinación entre el biodigestor de tipo hindú y el de media bolsa, combinados, pero haciendo uso de otro tipo de material como lo sería la mampostería y fortaleciendo las desventajas de cada uno mencionadas anteriormente.

Este es alimentado en una tanda diaria y se retira un volumen igual de efluente, ya que este por cada tanda que se carga, desplaza al sustrato del día anterior, dando así un deslizamiento progresivo hasta que llega a la salida. Esto ocurre en un determinado periodo, en el cual se aprovecha la materia en su máximo para producir biogás; una vez pasado dicho periodo de

retención, el material se degrada, convirtiéndose en compost, para ser usado en tierras de cultivo. Este sistema es empleado en áreas rurales ya que son adecuados por el tipo de trabajo que se maneja y se ajusta de manera adecuada a la rutina diaria. A su vez la producción de gas es constante y es más alta.

Para que su operación sea continua y produzca la cantidad de biogás esperada, tanto la carga como la descarga deben realizarse sin interrupción y a una hora específica del día. Esto con el fin de no alterar el medio en que se desarrollan y las condiciones que se alimentan las bacterias.

La materia orgánica es mezclada con agua, debido a que son desechos orgánicos vacunos, se usa una proporción de agua 1 a 1, es decir por cada parte de material orgánico, se usa una parte de agua. Esto vertiéndolo en el tanque colector, donde la dilución tiene como propósito adecuar los sólidos de la mezcla para que se logre la fermentación, la cual se crea del compuesto acuoso o de la materia orgánica, que fluye a través de la cámara de digestión y se da la fermentación del metano, lo cual produce biogás. El tipo de materia orgánica, en este caso solamente serán desechos animales, haciendo uso de estiércol vacuno, por lo que su composición se muestra a continuación. (Huerga I.R., 2014)

Ilustración No. 13 Tipos de biodigestor dependiendo el número de vacas que se posea



(Huerga I.R., 2014)

El biodigestor se debe diseñar de tal manera que sólo la materia que se encuentre procesada (en forma acuosa) pueda salir de éste. El biogás se obtiene y se almacena hasta el momento de consumo, el cual es transportado por medio de tuberías de gas al lugar donde se consume.

N. COMPONENTES DEL BIODIGESTOR

Se debe conocer ciertos procesos durante la fermentación del metano y las diversas partes que lo componen:

1. Sistema de acarreo: abastecimiento de materia prima de forma rápida, evitando descomposición anaeróbica y pérdida de temperatura. (ICAITI, 1983)

2. Cámara de carga: este depósito puede ser de forma rectangular y de poca profundidad, teniendo en cuenta que el volumen, tenga capacidad para la cantidad de mezcla que se tendrá diaria. En un lado de cámara de carga se instalan dos tubos de carga, con la parte inferior de la tubería, al ras del piso, conectándose con el biodigestor. (ICAITI, 1989)

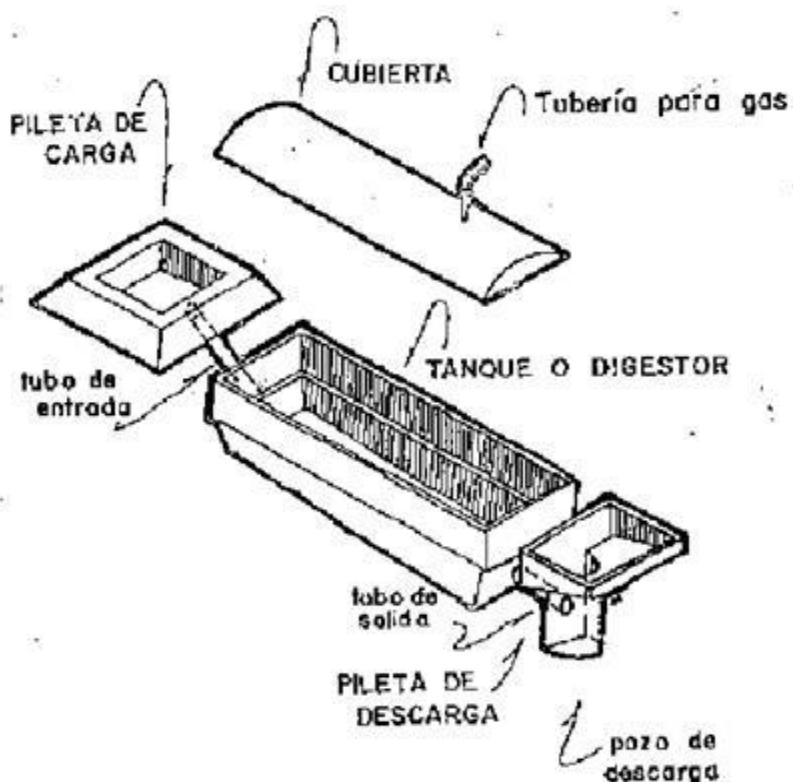
Por otro lado para evitar traer consigo materiales inertes, se construye con un grado de inclinación hacia el lado opuesto de los tubos de carga; para que de esta manera se asiente la mezcla y los materiales inertes queden lo más alejados de los tubos. (ICAITI, 1989)

3. Digestor o Reactor: en esta parte del biodigestor es almacenada toda la materia prima para ser producida la degradación necesaria para producir biogás. Por lo que debe constar de una alimentación de agua para realizar las disoluciones de los desechos y un mecanismo de agitación para homogenizar la carga, a su vez este debe de constar de una capacidad de almacenamiento de dos días de carga. En este proceso ocurre la fermentación donde la biomasa sufre la descomposición por parte de las bacterias anaerobias dando así un gas combustible llamado biogás. (ICAITI, 1989)

4. Cámara de descarga: en esta etapa se obtiene un excelente abono orgánico, el cual se usa en terrenos de cultivo. Esta básicamente depende del nivel interno que posea la fase líquida dentro del biodigestor en la cual al ingresar cierta cantidad de materia orgánica a la cámara de carga esta produce una descarga en dicha cámara. Por lo que el volumen de dicho depósito debe ser mayor al de la cámara de carga.

5. Conductos y canales: se debe identificar la existencia de dos fluidos distintos el biogás el cual es gaseoso y el sustrato que es semi-líquido, por lo que se debe tener en cuenta antes, durante y después de la digestión. (ICAITI, 1989)

Ilustración No. 14: Componentes de un Biodigestor



(ICAITI, 1983)

Para dimensionar un biodigestor se debe tener en cuenta el volumen de materia prima que se tendrá, lo cual puede ser relacionado a la cantidad de ganado que se posea, la demanda que posee el hogar o el lugar que se desee abastecer y el tipo de energía que se quiera reemplazar ya que de ello depende la demanda de biogás necesaria. Una vez determinada esta variable se debe calcular la cantidad de gas que puede llegar a producirse. (ICAITI, 1983)

Una vez determinado esto se debe conocer el tratamiento de los desechos como su consistencia, los nutrientes y compuestos que posee la materia orgánica y la cantidad real que se genera. Y por último tomar en cuenta que dependiendo de la región y temperatura será su tiempo de estancamiento en el digestor.

O. VENTAJAS DEL USO DEL BIODIGESTOR

Dentro de las ventajas que podemos encontrar para el medio ambiente cabe mencionar:

- Reducción de la producción de gas metano. El excremento en estado natural libera grandes cantidades de este gas a la atmosfera, que es uno de los más perjudiciales para la capa de ozono.
- Reduce o elimina la emisión de los malos olores entre el 90 y 100%.
- Se evita la contaminación de suelos y agua. Los excrementos constituyen uno de los elementos más contaminantes del ambiente.
- Se evita la tala de árboles para producción de leña combustible.
- Producción de fertilizante orgánico, que es una opción para el cambio de la agricultura tradicional a una orgánica. El afluente del biodigestor es una excelente alternativa.
- No se produce humo, como en el caso de la leña, ya que este es uno de los males que afectan la salud de las mujeres del campo.
- Permite un manejo adecuado de los residuos.
- Incremento en la producción de energía renovable.
- Bajo costo.
- Aumento a la protección del suelo por el uso del compost, rico en nutrientes, los cuales son aprovechados en la agricultura.
- Se produce abono orgánico, por lo que se reduce el uso de abonos químicos, cuyas consecuencias son negativas para el medio ambiente.
- Reducción de los niveles de deforestación, por el menos uso de leña con fines energéticos.
- Reduce riesgo de transmisión de enfermedades.
- Humaniza el trabajo de los campesinos, que antes debían de obtener leña en lugares lejanos; aprovechando el tiempo para otras labores.
- Diversidad de usos de la energía como alumbrado, cocción de alimentos, producción de electricidad y otros.
- Al momento de ser aplicado el efluente es necesario que el suelo este húmedo ya que si este se encuentra seco, se provoca la pérdida de nitrógeno

P. DESVENTAJAS DEL USO DEL BIODIGESTOR

- Debe mantenerse a una temperatura constante y cercana a 35°C, por lo que esto puede encarecer el proceso.
- Riesgo de explosión en caso de no cumplirse con las normas de seguridad para gases combustibles.
- Requiere de un trabajo diario y constante, en este caso para la carga de la materia prima.
- Dependiendo del modelo del biodigestor, este puede ser de costo elevado, aunque de mayor duración.
- Requerimiento de personal capacitado, para realizar las labores de mantención, las cuales son bastante frecuentes.
- La principal limitante del uso del biogás es el inconveniente de almacenar la producción de biogás de varios días o su transporte a lugares que se requiera usar.

Q. ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

Los fundamentos de la dirección de proyectos constituyen la suma de conocimientos en la profesión de dirección de proyectos. Al igual que en otras profesiones, como la abogacía, la medicina o las ciencias económicas, los conocimientos residen en los practicantes y académicos que los aplican y los desarrollan. Los fundamentos de la dirección de proyectos completos incluyen prácticas tradicionales comprobadas y ampliamente utilizadas, así como prácticas innovadoras que están emergiendo en constante evolución. (Project Management Institute, 2004).

1. Definición de un proyecto

a. Características de un proyecto. Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. (Project Management Institute, 2004).

b. Temporal. Temporal significa que cada proyecto tiene un comienzo definido y un final definido. El final se alcanza cuando se han logrado los objetivos del proyecto o cuando queda claro que los objetivos del proyecto no podrán ser alcanzados, o cuando la necesidad del proyecto ya no exista y sea cancelado. Temporal no necesariamente significa de corta duración; muchos proyectos duran varios años. En cada caso, sin embargo, la duración de un proyecto es limitada. Los proyectos no son esfuerzos continuos. (Project Management Institute, 2004).

- La naturaleza temporal de los proyectos puede aplicarse también a otros aspectos de la empresa:
- La oportunidad o ventana de negocio normalmente es temporal: algunos de los proyectos tienen un período limitado para producir sus productos o servicios. (Project Management Institute, 2004).
- El equipo del proyecto, como unidad de trabajo, pocas veces perdura después del proyecto: un equipo creado con el único fin de llevar a cabo el proyecto lo desarrollará y luego se disolverá, y los miembros del equipo serán reasignados. (Project Management Institute, 2004).

c. Productos, servicios o resultados únicos. Un proyecto crea productos entregables únicos que pueden ser

- Un producto o artículo producido, que es cuantificable, y que puede ser un elemento terminado o un componente.
- La capacidad de prestar un servicio como, por ejemplo, las funciones del negocio que respaldan la producción o la distribución.
- Un resultado como las salidas o documentos. En el caso, de un proyecto de investigación se obtienen conocimientos que pueden usarse para determinar si existe o no una tendencia o si un nuevo proceso beneficiará a la sociedad. (Project Management Institute, 2004).

d. Elaboración gradual. La elaboración gradual es una característica de los proyectos que acompaña a los conceptos de temporal y único. “Elaboración gradual” significa desarrollar en pasos e ir aumentando mediante incrementos. Por ejemplo, el alcance de un proyecto se define de forma general al comienzo del proyecto, y se hace más explícito y detallado a medida que el equipo del proyecto desarrolla un mejor y más completo entendimiento de los objetivos y de los productos entregables. (Project Management Institute, 2004).

La elaboración gradual de las especificaciones de un proyecto debe ser coordinada cuidadosamente con la definición adecuada del alcance del proyecto, particularmente si el proyecto se ejecuta en virtud de un contrato. Una vez definido correctamente, el alcance del proyecto —el trabajo a realizar— deberá controlarse a medida que se elaboran gradualmente las especificaciones del proyecto y del producto. (Project Management Institute, 2004).

e. Proyectos frente a trabajos operativos. Las organizaciones realizan trabajos con el fin de lograr un conjunto de objetivos. Por lo general, los trabajos se clasifican en proyectos y operaciones, aunque en algunos casos estos se superponen. (Project Management Institute, 2004).

Pueden compartir varias de las siguientes características:

- Realizados por personas.
- Restringidos por la limitación de los recursos.
- Planificados, ejecutados y controlados.

Los proyectos y las operaciones difieren primordialmente en que las operaciones son continuas y repetitivas, mientras que los proyectos son temporales y únicos. Los objetivos de los proyectos y las operaciones son fundamentalmente diferentes. La finalidad de un proyecto es alcanzar su objetivo y luego concluir. Por el contrario, el objetivo de una operación continua es dar respaldo al negocio. Los proyectos son diferentes porque el proyecto concluye cuando se alcanzan sus objetivos específicos, mientras que las operaciones adoptan un nuevo conjunto de objetivos y el trabajo continúa. Los proyectos se llevan a cabo en todos los niveles de la organización y pueden involucrar a una sola persona o a varios miles. Pueden durar entre unas pocas semanas y varios años. (Project Management Institute, 2004).

f. Dirección de proyectos. La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer los requisitos del proyecto. Esta se logra mediante la aplicación e integración de los procesos de dirección de proyectos de inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre. El director del proyecto es la persona responsable de alcanzar los objetivos del proyecto. (Project Management Institute, 2004).

La dirección de un proyecto incluye:

- Identificar los requisitos
- Establecer unos objetivos claros y posibles de realizar
- Equilibrar las demandas concurrentes de calidad, alcance, tiempo y costes
- Adaptar las especificaciones, los planes y el enfoque a las diversas inquietudes y expectativas de los diferentes interesados.

El término “dirección de proyectos” se usa a veces para describir un enfoque de la organización o de dirección respecto a la gestión de los proyectos y de algunas operaciones continuas, que pueden ser redefinidas como proyectos, que también se denomina “dirección por proyectos”. Ha habido una tendencia en los últimos años a gestionar más actividades de más áreas de aplicación utilizando dirección de proyectos. Más organizaciones están utilizando “dirección por proyectos”. Esto no quiere decir que todas las operaciones puedan o deban organizarse en proyectos. La adopción de “dirección por proyectos” también está relacionada con la adopción de una cultura de la organización que esté próxima a la cultura de dirección de proyectos. Aun cuando es crucial que una organización que realiza “dirección por proyectos” esté familiarizada con la dirección de proyectos, el tratamiento detallado de este enfoque está fuera del alcance de esta norma. (Project Management Institute, 2004).

g. Áreas de experiencia. Muchos de los conocimientos, de las herramientas y técnicas para gestionar proyectos, tales como la estructura de desglose del trabajo, el análisis del camino crítico y la gestión del valor ganado, son exclusivos del área de la dirección de proyectos. Sin embargo, comprender y aplicar los conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas generalmente reconocidas como buenas prácticas no es suficiente por sí solo para una dirección de proyectos efectiva. (Project Management Institute, 2004).

Una dirección de proyectos efectiva requiere que el equipo de dirección del proyecto comprenda y use los conocimientos y las habilidades correspondientes a, por lo menos, cinco áreas de experiencia:

- Fundamentos de la dirección de proyectos
- Conocimientos, normas y regulaciones del área de aplicación
- Comprensión del entorno del proyecto
- Conocimientos y habilidades de dirección general
- Habilidades interpersonales. (Project Management Institute, 2004)

h. Contexto de la dirección de proyectos. La dirección de proyectos existe en un contexto más amplio que incluye la dirección de programas, la gestión del portafolio y la oficina de gestión de proyectos. Con frecuencia, hay una jerarquía de plan estratégico, portafolio, programa, proyecto y subproyecto, dentro de la cual un programa que consta de varios proyectos asociados contribuye a lograr un plan estratégico. (Project Management Institute, 2004).

i. Programas y dirección de programas. Un programa es un grupo de proyectos relacionados cuya dirección se realiza de manera coordinada para obtener beneficios y control que no se obtendrían si fueran dirigidos de forma individual. Los programas pueden incluir elementos de trabajo relacionados que están fuera del alcance de los proyectos discretos del programa. (Project Management Institute, 2004).

Por ejemplo:

- Un programa para un nuevo modelo de automóvil puede dividirse en proyectos para el diseño y actualizaciones de cada componente principal (por ejemplo, transmisión, motor, interior, exterior) mientras que la fabricación continua tiene lugar en la cadena de montaje.

- Muchas empresas de electrónica tienen directores de programas que son responsables tanto del lanzamiento de productos individuales (proyectos) como de la coordinación de múltiples lanzamientos durante un período determinado (una operación continua). (Project Management Institute, 2004).

Los programas también implican una serie de tareas repetitivas o cíclicas, por ejemplo:

- En el ámbito de los servicios públicos se habla a menudo de un “programa de construcción” anual, una serie de proyectos desarrollados en base a esfuerzos previos.

- Muchas organizaciones sin ánimo de lucro cuentan con un “programa de recaudación de fondos” para obtener respaldo financiero a través de una serie de proyectos discretos, como las campañas para captar socios o las subastas.

A diferencia de la dirección de proyectos, la dirección de programas es la dirección centralizada y coordinada de un grupo de proyectos para lograr los objetivos y beneficios estratégicos del programa. (Project Management Institute, 2004).

j. Portafolios y gestión del portafolio. Un portafolio es un conjunto de proyectos o programas y otros trabajos, que se agrupan para facilitar la gestión efectiva de ese trabajo, a fin de cumplir con los objetivos estratégicos de negocio. Los proyectos o programas del portafolio no necesariamente tienen que ser interdependientes o estar directamente relacionados. La recaudación y el respaldo pueden asignarse sobre la base de categorías de riesgo / recompensa, líneas de negocio específicas o tipos generales de proyectos, como la mejora de la infraestructura y del proceso interno. Las organizaciones gestionan sus portafolios sobre la base de metas específicas. Una de las metas de la gestión del portafolio es maximizar el valor del portafolio evaluando con cuidado los proyectos y programas candidatos a ser incluidos en el portafolio, y la exclusión oportuna de proyectos que no cumplan con los objetivos estratégicos del portafolio. Otras metas son equilibrar el portafolio entre inversiones incrementales y radicales, y usar los recursos de forma eficiente. Los altos gerentes o altos equipos de dirección, por lo general, asumen la responsabilidad de la gestión del portafolio para una organización. (Project Management Institute, 2004).

k. Subproyectos. Con frecuencia, los proyectos se dividen en componentes o subproyectos más fáciles de gestionar, aunque los subproyectos individuales pueden ser considerados proyectos y dirigidos como tales. A menudo, los subproyectos se contratan a una empresa externa o a otra unidad funcional dentro de la organización ejecutante.

Algunos ejemplos son:

- Subproyectos basados en el proceso del proyecto, como una fase individual del ciclo de vida del proyecto
- Subproyectos de acuerdo con los requisitos de habilidades de recursos humanos, como los fontaneros o electricistas necesarios en un proyecto de construcción
- Subproyectos que involucren tecnología especializada, como la comprobación automatizada de programas de ordenador en un proyecto de desarrollo de software.

En proyectos muy grandes, los subproyectos pueden componerse de una serie de subproyectos aún más pequeños. (Project Management Institute, 2004).

I. Ciclo de vida del proyecto. Para facilitar la gestión, los directores de proyectos o la organización pueden dividir los proyectos en fases, con los enlaces correspondientes a las operaciones de la organización ejecutante. El conjunto de estas fases se conoce como ciclo de vida del proyecto. Muchas organizaciones identifican un conjunto de ciclos de vida específico para usarlo en todos sus proyectos. El ciclo de vida del proyecto define las fases que conectan el inicio de un proyecto con su fin. Por ejemplo, cuando una organización identifica una oportunidad a la cual le interesaría responder, frecuentemente autoriza un estudio de viabilidad para decidir si se emprenderá el proyecto. La definición del ciclo de vida del proyecto puede ayudar al director del proyecto a determinar si deberá tratar el estudio de viabilidad como la primera fase del proyecto o como un proyecto separado e independiente. (Project Management Institute, 2004).

La transición de una fase a otra dentro del ciclo de vida de un proyecto generalmente implica y, por lo general, está definida por alguna forma de transferencia técnica. Generalmente, los productos entregables de una fase se revisan para verificar si están completos, si son exactos y se aprueban antes de iniciar el trabajo de la siguiente fase. No obstante, no es inusual que una fase comience antes de la aprobación de los productos entregables de la fase previa, cuando los riesgos involucrados se consideran aceptables. Esta práctica de superponer fases, que normalmente se realiza de forma secuencial, es un ejemplo de la aplicación de la técnica de compresión del cronograma denominada ejecución rápida. (Project Management Institute, 2004).

Aun cuando muchos ciclos de vida de proyectos tienen nombres de fases similares y requieren productos entregables similares, muy pocos ciclos de vida son idénticos. Algunos tienen cuatro o cinco fases, pero otros pueden tener nueve o más. En una misma área de aplicación pueden darse variaciones significativas. (Project Management Institute, 2004).

m. Fases del proyecto. La conclusión y la aprobación de uno o más productos entregables caracteriza a una fase del proyecto. Un producto entregable es un producto de trabajo que se puede medir y verificar, tal como una especificación, un informe del estudio de viabilidad, un documento de diseño detallado o un prototipo de trabajo. Algunos productos entregables pueden corresponder al mismo proceso de dirección de proyectos, mientras que otros son los productos finales o componentes de los productos finales para los cuales se creó el proyecto. Los productos entregables, y en consecuencia las fases, son parte de un proceso generalmente secuencial, diseñado para asegurar el adecuado control del proyecto y para obtener el producto o servicio deseado, que es el objetivo del proyecto. (Project Management Institute, 2004).

En cualquier proyecto específico, las fases se pueden subdividir en subfases en función del tamaño, complejidad, nivel de riesgo y restricciones del flujo de caja. Cada subfase se alinea

con uno o más productos entregables específicos para el seguimiento y control. La mayoría de estos productos entregables de las subfases están relacionados con el producto entregable de la fase principal, y las fases normalmente toman el nombre de estos productos entregables de las subfases: requisitos, diseño, construcción, prueba, puesta en marcha, rotación, entre otros, según corresponda. Por lo general, una fase del proyecto concluye con una revisión del trabajo logrado y los productos entregables, a fin de determinar la aceptación, tanto si aún se requiere trabajo adicional como si se debe considerar cerrada la fase. Con frecuencia, la dirección lleva a cabo una revisión para tomar una decisión a fin de comenzar las actividades de la siguiente fase sin cerrar la fase actual, por ejemplo, cuando el director del proyecto elige la ejecución rápida como curso de acción. Otro ejemplo es cuando una compañía de tecnología de la información elige un ciclo de vida iterativo donde más de una fase del proyecto puede avanzar de forma simultánea. Los requisitos de un módulo se pueden recopilar y analizar antes de que el módulo sea diseñado y construido. Mientras se lleva a cabo el análisis de un módulo, se puede comenzar a recopilar los requisitos de otro módulo de forma paralela. Del mismo modo, se puede cerrar una fase sin la decisión de iniciar alguna otra fase. Por ejemplo, el proyecto está completo o se considera que el riesgo es demasiado alto para permitir la continuidad del proyecto. (Project Management Institute, 2004).

n. Interesados en el proyecto. Los interesados en el proyecto son personas y organizaciones que participan de forma activa en el proyecto o cuyos intereses pueden verse afectados como resultado de la ejecución del proyecto o de su conclusión. También pueden influir sobre los objetivos y resultados del proyecto. El equipo de dirección del proyecto debe identificar a los interesados, determinar sus requisitos y expectativas y, en la medida de lo posible, gestionar su influencia en relación con los requisitos para asegurar un proyecto exitoso. (Project Management Institute, 2004).

Los interesados tienen niveles de responsabilidad y autoridad variables al participar en un proyecto, que pueden cambiar a lo largo del curso del ciclo de vida del proyecto. Su responsabilidad y autoridad varía desde la colaboración ocasional en encuestas y grupos de consumidores hasta el patrocinio total del proyecto, que incluye proporcionar respaldo financiero y político. Los interesados que ignoren esta responsabilidad pueden tener un impacto perjudicial sobre los objetivos del proyecto. Del mismo modo, los directores del proyecto que ignoren a los interesados también pueden esperar un impacto perjudicial sobre los resultados del proyecto. Los interesados pueden influir de manera positiva o negativa en el proyecto. Los interesados de influencia positiva son aquellos que normalmente se beneficiarían de un resultado exitoso del proyecto, mientras que los interesados de influencia negativa son aquellos que ven resultados negativos como consecuencia del éxito del proyecto. (Project Management Institute, 2004).

Entre los interesados clave de los proyectos se encuentran:

- Director del proyecto es la persona responsable de dirigir el proyecto.
- Cliente/usuario es la persona u organización que utilizará el producto del proyecto.

Puede haber múltiples niveles de clientes.

- Organización ejecutante, es la empresa cuyos empleados participan más directamente en el trabajo del proyecto.

- Miembros del equipo del proyecto, es el grupo que realiza el trabajo del proyecto.

- Equipo de dirección del proyecto, constituido por los miembros del equipo del proyecto que participan directamente en las actividades de dirección del proyecto.

- Patrocinador, es la persona o el grupo que proporciona los recursos financieros, monetarios o en especie, para el proyecto.

- Influyentes, que son personas o grupos que no están directamente relacionados con la adquisición o el uso del producto del proyecto, pero que, debido a su posición en la organización del cliente u organización ejecutante, pueden ejercer una influencia positiva o negativa sobre el curso del proyecto.

- Oficina de Gestión de Proyectos (PMO), si existe en la organización ejecutante, la PMO puede ser un interesado si tiene responsabilidad directa o indirecta sobre el resultado del proyecto. (Project Management Institute, 2004).

o. Procesos de dirección de proyectos. Los procesos de dirección de proyectos se presentan como elementos discretos con interfaces bien definidas. Sin embargo, en la práctica, se superponen e interactúan de maneras que no se detallan totalmente en esta guía. La mayoría de los practicantes con experiencia en dirección de proyectos reconocen que hay más de una manera de gestionar un proyecto. Los detalles específicos de un proyecto se definen como objetivos que deben cumplirse sobre la base de la complejidad, el riesgo, el tamaño, el plazo, la experiencia del equipo del proyecto, el acceso a recursos, la cantidad de información histórica, la madurez de la organización en la dirección de proyectos, la industria y área de aplicación.

Los grupos de procesos requeridos y los procesos que los componen son guías para aplicar los conocimientos y habilidades apropiados relativos a la dirección de proyectos durante el proyecto. Además, la aplicación de los procesos de dirección de proyectos a un proyecto es repetitiva, y muchos de los procesos son reiterados y revisados durante el proyecto. El director del proyecto y el equipo del proyecto son responsables de determinar qué procesos de los grupos de procesos serán utilizados, quién los usará, y el grado de rigor de ejecución de esos procesos para alcanzar el objetivo deseado del proyecto. (Project Management Institute, 2004).

p. Grupos de procesos de dirección de proyectos. Esta sección identifica y describe los cinco grupos de procesos de dirección de proyectos requeridos para cualquier proyecto. Estos cinco grupos de procesos tienen dependencias claras y se llevan a cabo siguiendo la misma secuencia en cada proyecto. Son independientes de los enfoques de las áreas de aplicación o de la industria. Los grupos de procesos individuales y los procesos individuales que los componen a menudo se repiten antes de concluir el proyecto. Los procesos que los componen también pueden tener interacciones dentro de un grupo de procesos y los demás grupos de este tipo. (Project Management Institute, 2004).

Un proceso individual puede definir y restringir la forma en que se usan las entradas para producir las salidas de ese grupo de procesos. Un grupo de procesos incluye los procesos de dirección de proyectos que están vinculados por las respectivas entradas y salidas, es decir, el resultado o salida de un proceso se convierte en la entrada de otro. El grupo de procesos de seguimiento y control, por ejemplo, no solamente supervisa y controla el trabajo que se realiza durante un grupo de procesos, sino también todo el esfuerzo del proyecto. El grupo de procesos de seguimiento y control también debe retroalimentarse para implementar medidas correctivas o preventivas, a fin de hacer que el proyecto cumpla con el plan de gestión del proyecto o de modificar según corresponda dicho plan. Muchas de las interacciones adicionales entre los grupos de procesos son similares. Los grupos de procesos no son fases del proyecto. Cuando se pueden separar proyectos grandes o complejos en distintas fases o subproyectos, como el estudio de viabilidad, el desarrollo conceptual, el diseño, prototipo, construcción, prueba, entre otros., por lo general, se repetirán todos los procesos del grupo de procesos para cada fase o subproyecto. (Project Management Institute, 2004).

Los cinco grupos de procesos son:

- Grupo de procesos de Iniciación. Define y autoriza el proyecto o una fase del mismo.
- Grupo de procesos de planificación. Define y refina los objetivos, y planifica el curso de acción requerido para lograr los objetivos y el alcance pretendido del proyecto.
- Grupo de procesos de ejecución. Integra a personas y otros recursos para llevar a cabo el plan de gestión del proyecto para el proyecto.
- Grupo de procesos de seguimiento y control. Mide y supervisa regularmente el avance, a fin de identificar las variaciones respecto del plan de gestión del proyecto, de tal forma que se tomen medidas correctivas cuando sea necesario para cumplir con los objetivos del proyecto.
- Grupo de procesos de cierre. Formaliza la aceptación del producto, servicio o resultado, y termina ordenadamente el proyecto o una fase del mismo. (Project Management Institute, 2004).

q. Grupo de procesos de iniciación. El grupo de procesos de iniciación se compone de procesos que facilitan la autorización formal para comenzar un nuevo proyecto o una fase del mismo. Los procesos de iniciación, por lo general, se realizan fuera del ámbito de control del proyecto por la organización o por los procesos del programa o del portafolio, lo cual puede hacer borrosos los límites del proyecto en lo que se refiere a entradas iniciales del proyecto. La viabilidad de la nueva empresa puede establecerse a través de un proceso de evaluación de alternativas para elegir la mejor de ellas. Se establecen descripciones claras de los objetivos del proyecto, incluidas las razones por las cuales un proyecto específico es la mejor solución alternativa para satisfacer los requisitos.

La documentación de esta decisión también contiene una descripción básica del alcance del proyecto, de los productos entregables, de la duración del proyecto y un pronóstico de los recursos para el análisis de inversión de la organización. El marco conceptual del proyecto puede aclararse documentando los procesos de selección del proyecto. La relación entre el proyecto y el plan estratégico de la organización identifica las responsabilidades de dirección dentro de la organización. En los proyectos de múltiples fases, los procesos de iniciación se llevan a cabo durante fases posteriores para validar las asunciones realizadas y las decisiones tomadas durante los procesos originales desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto y desarrollar el enunciado del alcance del proyecto (Preliminar). (Project Management Institute, 2004).

Además, durante el proceso de iniciación se refina la descripción del alcance inicial y los recursos que la organización está dispuesta a invertir. Si aún no hubiera sido designado, se elegirá al director del proyecto. También se documentarán las restricciones y asunciones iniciales. Esta información se refleja en el Acta de Constitución del Proyecto y, una vez aprobado, el proyecto queda oficialmente autorizado. Si bien el equipo de dirección del proyecto puede ayudar a redactar el Acta de Constitución del Proyecto, la aprobación y financiación se realizan fuera de los límites del proyecto. (Project Management Institute, 2004).

r. Grupo de procesos de planificación. El equipo de dirección del proyecto usa el grupo de procesos de planificación, y los procesos e interacciones que lo componen, para planificar y gestionar con éxito un proyecto para la organización. El grupo de procesos de planificación ayuda a recoger información de varias fuentes de diverso grado de completitud y confianza. Los procesos de planificación desarrollan el plan de gestión del proyecto. Estos procesos también identifican, definen y maduran el alcance del proyecto, el coste del proyecto y planifican las actividades del proyecto que se realizan dentro del proyecto. A medida que se obtenga nueva información sobre el proyecto, se identificarán o resolverán nuevas dependencias, requisitos, riesgos, oportunidades, asunciones y restricciones.

Como consecuencia de la naturaleza multidimensional de la dirección de proyectos se producen bucles de retroalimentación repetidos que se utilizan para nuevos análisis. A medida que se obtiene más información o características del proyecto, y que éstas son comprendidas, pueden ser necesarias acciones de seguimiento. Los cambios significativos durante el ciclo de vida del proyecto provocan la necesidad de reiterar uno o más de los procesos de planificación y, posiblemente, alguno de los procesos de iniciación. (Project Management Institute, 2004).

También se ve afectada la frecuencia de iteración de los procesos de planificación. Por ejemplo, el plan de gestión del proyecto, desarrollado como una salida del grupo de procesos de planificación, pondrá énfasis en la exploración de todos los aspectos del alcance, la tecnología, los riesgos y los costes. Las actualizaciones que surjan como consecuencia de cambios aprobados durante la ejecución del proyecto pueden causar un impacto significativo en partes del plan de gestión del proyecto. Las actualizaciones del plan de gestión del proyecto proporcionan más precisión respecto al cronograma, los costes y los requisitos de recursos a fin de satisfacer en su totalidad el alcance del proyecto definido. Las actualizaciones pueden limitarse a las actividades y puntos relacionados con la ejecución de una fase específica. (Project Management Institute, 2004).

Mientras planifica el proyecto, el equipo del proyecto debe involucrar a todos los interesados que corresponda, de acuerdo con cuál sea su influencia en el proyecto y sus resultados. El equipo del proyecto debe implicar a los interesados en la planificación del proyecto, ya que éstos tienen habilidades y conocimientos que pueden ser aprovechados en el desarrollo del plan de gestión del proyecto y en cualquiera de los planes subsidiarios. El equipo del proyecto debe crear un entorno en el cual los interesados puedan contribuir apropiadamente. (Project Management Institute, 2004).

Como el proceso de retroalimentación y refinamiento no puede continuar de forma indefinida, los procedimientos establecidos por la organización identifican cuándo concluye el esfuerzo de planificación. Estos procedimientos se verán afectados por la naturaleza del proyecto, los límites del proyecto establecidos, las actividades de seguimiento y control correspondientes, así como por el entorno en el cual se llevará a cabo el proyecto. (Project Management Institute, 2004).

El grupo de procesos de planificación facilita la planificación del proyecto entre procesos múltiples. La siguiente lista identifica los procesos que el equipo del proyecto debe abordar durante el proceso de planificación para decidir si es necesario realizarlos, y en ese caso, quién será el encargado de hacerlos. (Project Management Institute, 2004).

El grupo de procesos de planificación incluye los siguientes procesos de dirección de proyectos:

- Desarrollar el plan de gestión del proyecto
- Planificación del alcance
- Definición del alcance
- Crear EDT
- Definición de las actividades
- Establecimiento de la secuencia de actividades
- Estimación de recursos de las actividades
- Estimación de duración de las actividades
- Desarrollo del cronograma
- Estimación de costes
- Preparación del presupuesto de costes
- Planificación de la calidad
- Planificación de los recursos humanos
- Planificación de las comunicaciones
- Planificación de la gestión de riesgos
- Identificación de riesgos
- Análisis cualitativo de riesgos
- Análisis cuantitativo de riesgos
- Planificación de la respuesta a los riesgos
- Planificar las compras y adquisiciones
- Planificar contratación (Project Management Institute, 2004).

s. Grupo de procesos de ejecución. El grupo de procesos de ejecución se compone de los procesos utilizados para completar el trabajo definido en el plan de gestión del proyecto a fin de cumplir con los requisitos del proyecto. El equipo del proyecto debe determinar cuáles son los procesos necesarios para el proyecto específico del equipo. Este grupo de procesos implica coordinar personas y recursos, así como integrar y realizar las actividades del proyecto, de acuerdo con el plan de gestión del proyecto. Este grupo de procesos también aborda el alcance definido en el enunciado del alcance del proyecto e implementa los cambios aprobados. (Project Management Institute, 2004).

Las variaciones en la ejecución normal harán necesaria cierta re planificación. Estas variaciones pueden incluir las duraciones de las actividades, la productividad y disponibilidad de los recursos, y los riesgos no anticipados. Tales variaciones pueden o no afectar al plan de gestión del proyecto, pero es posible que requieran un análisis. Los resultados del análisis pueden provocar una solicitud de cambio que, si fuera aprobada, modificaría el plan de gestión del proyecto, y posiblemente sería necesario establecer una nueva línea base. La mayor parte del presupuesto del proyecto se invertirá en los procesos del Grupo de Procesos de Ejecución. (Project Management Institute, 2004).

Es el proceso necesario para dirigir las diversas interfaces técnicas y de la organización que existen en el proyecto a fin de ejecutar el trabajo definido en el plan de gestión del proyecto. Los productos entregables son producidos como salidas de los procesos realizados según se define en el plan de gestión del proyecto. Como parte de la ejecución del proyecto y entrada al proceso de informar el rendimiento, se recoge información sobre el estado de los productos entregables y sobre qué trabajo se ha realizado. (Project Management Institute, 2004).

t. Grupo de procesos de seguimiento y control. El grupo de procesos de seguimiento y control se compone de aquellos procesos realizados para observar la ejecución del proyecto de forma que se puedan identificar los posibles problemas oportunamente y adoptar las acciones correctivas, cuando sea necesario, para controlar la ejecución del proyecto. El equipo del proyecto debe determinar cuáles de los procesos son necesarios para el proyecto específico del equipo. El beneficio clave de este grupo de procesos es que el rendimiento del proyecto se observa y se mide regularmente para identificar las variaciones respecto del plan de gestión del proyecto. El grupo de procesos de seguimiento y control también incluye controlar los cambios y recomendar acciones preventivas como anticipación de posibles problemas. (Project Management Institute, 2004).

El grupo de procesos de seguimiento y control incluye, por ejemplo:

- El seguimiento de las actividades en curso del proyecto, comparándolas con el plan de gestión del proyecto y la línea base de rendimiento del proyecto
- Influir sobre los factores que podrían eludir el control integrado de cambios de tal forma que solamente se implementen los cambios aprobados. (Project Management Institute, 2004).

Este seguimiento continuo proporciona al equipo del proyecto una idea acerca de la salud del proyecto y resalta cualquier área que necesite atención adicional. El grupo de procesos de seguimiento y control no solamente supervisa y controla el trabajo que se realiza dentro de un grupo de procesos, sino que también supervisa todo el esfuerzo del proyecto. En los proyectos de múltiples fases, el grupo de procesos de seguimiento y control también proporciona retroalimentación entre las fases del proyecto, a fin de implementar acciones correctivas o preventivas para hacer que el proyecto cumpla con el plan de gestión del proyecto. Cuando las variaciones ponen en peligro los objetivos del proyecto, se revisan los procesos de dirección de proyectos correspondientes dentro del grupo de procesos de planificación, como parte del ciclo modificado planificar-hacer-revisar-actuar. (Project Management Institute, 2004).

u. Grupo de procesos de cierre. El grupo de procesos de cierre incluye los procesos utilizados para finalizar formalmente todas las actividades de un proyecto o de una fase de un proyecto, entregar el producto terminado a terceros o cerrar un proyecto cancelado. Este grupo de procesos, una vez completado, verifica que los procesos definidos se completan dentro de todos los grupos de procesos para cerrar el proyecto o una fase del proyecto, según corresponda, y establece formalmente que se ha finalizado un proyecto o fase del proyecto. (Project Management Institute, 2004).

R. ANÁLISIS DE PROCESO

1. Métodos y estándares. La ingeniería de métodos incluye el diseño, la creación y la selección de los mejores métodos de fabricación, procesos, herramientas, equipos y habilidades para manufacturar un producto con base en las especificaciones desarrolladas por el área de ingeniería del producto. Cuando el mejor método coincide con las mejores habilidades disponibles, se presenta una relación trabajador-máquina eficiente. Una vez que se ha establecido el método en su totalidad, se debe determinar un tiempo estándar para fabricar el producto. Además, existe la responsabilidad de observar que 1) los estándares predeterminados sean cumplidos; 2) los trabajadores sean compensados de manera adecuada de acuerdo con su producción, habilidades, responsabilidades y experiencia; y 3) que los trabajadores experimenten un sentimiento de satisfacción por el trabajo que realizan.

El procedimiento completo incluye la definición del problema; dividir el trabajo en operaciones; analizar cada operación con el fin de determinar los procedimientos de fabricación más económicos para la cantidad que se desee producir, considerando la seguridad del operador y su interés en el trabajo; aplicando los valores de tiempo apropiados; y posteriormente dando seguimiento al proceso con el fin de garantizar que el método prescrito se haya puesto en operación. (Niebel, y Freivalds, 2009).

2. Ingeniería de métodos. La ingeniería de métodos implica el análisis en dos tiempos diferentes durante la historia de un producto. Primero, el ingeniero de métodos es responsable del diseño y desarrollo de varios centros de trabajo donde el producto será fabricado. Segundo, ese ingeniero debe estudiar continuamente estos centros de trabajo con el fin de encontrar una mejor forma de fabricar el producto y/o mejorar su calidad. En años recientes, este segundo análisis se ha conocido con el nombre de reingeniería corporativa. A este respecto, reconocemos que un negocio debe implantar cambios si desea continuar con una operación rentable. Por lo tanto, podría ser deseable introducir cambios en otras áreas además de la de manufactura.

A menudo, los márgenes de ganancia pueden mejorarse a través de cambios positivos en áreas como contabilidad, administración de inventarios, planeación de requerimientos de materiales, logística y administración de recursos humanos. La automatización de la información puede proporcionar enormes recompensas en todas estas áreas. A medida que el estudio de métodos sea aplicado a detalle durante las etapas de planeación, será menor la necesidad de realizar estudios de métodos adicionales durante la vida del producto. (Niebel, y Freivalds, 2009).

La ingeniería de métodos implica la utilización de la capacidad tecnológica. Debido principalmente a la ingeniería de métodos, las mejoras en la productividad nunca terminan. El

diferencial de productividad que resulta de la innovación tecnológica puede ser de tal magnitud que los países desarrollados siempre podrán mantener su competitividad respecto a los países en desarrollo de bajos sueldos. Por lo tanto, la investigación y desarrollo (R&D) que lleva a una nueva tecnología es fundamental en la ingeniería de métodos. Los diez países con la mayor inversión en R&D por empleado, de acuerdo con el reporte de la Organización de Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas (1985), son Estados Unidos, Suiza, Suecia, Holanda, Alemania, Noruega, Francia, Israel, Bélgica y Japón. Estos países se encuentran entre los líderes en productividad. Siempre y cuando mantengan la importancia que otorgan a la investigación y desarrollo, la ingeniería de métodos a través de la innovación tecnológica será fundamental para conservar su capacidad para ofrecer bienes y servicios de alto nivel. (Niebel, y Freivalds, 2009).

Los ingenieros de métodos utilizan un procedimiento sistemático para desarrollar un centro de trabajo, fabricar un producto y ofrecer un servicio.

3. Seleccione el proyecto. Por lo general, los proyectos seleccionados representan ya sea nuevos productos o productos existentes que tienen un alto costo de manufactura y una baja ganancia. También, los productos que actualmente experimentan dificultades para conservar la calidad y tienen problemas para ser competitivos son proyectos aptos para aplicar ingeniería de métodos.

4. Obtenga y presente los datos. Integre todos los hechos relevantes relacionados con el producto o servicio. Esta tarea incluye diagramas y especificaciones, cantidades requeridas, requerimientos de entrega y proyecciones de la vida anticipada del producto o servicio. Una vez que se ha recabado toda la información relevante, almacénela en una forma ordenada para su estudio y análisis. En esta etapa, el desarrollo de las gráficas de proceso es de mucha utilidad.

5. Analice los datos. Utilice los principales métodos de análisis de operaciones para decidir qué alternativa dará como resultado el mejor producto o servicio. Dichos métodos principales incluyen el propósito de la operación, el diseño de la parte, las tolerancias y especificaciones, los materiales, los procesos de manufactura, la configuración y las herramientas, las condiciones de trabajo, el manejo de materiales, la distribución de la planta y el diseño del trabajo.

6. Desarrolle el método ideal. Seleccione el mejor procedimiento para cada operación, inspección y transporte considerando las diversas restricciones asociadas con cada alternativa, entre ellas la productividad, la ergonomía y las implicaciones sobre salud y seguridad.

7. Presente e implemente el método. Explique el método propuesto a detalle a las personas responsables de su operación y mantenimiento. Tome en cuenta todos los detalles del centro de trabajo con el fin de asegurar que el método propuesto ofrezca los resultados planeados.

8. Desarrolle un análisis del trabajo. Lleve a cabo un análisis del trabajo del método instalado con el fin de asegurar que los operadores sean seleccionados, entrenados y recompensados adecuadamente.

9. Establezca estándares de tiempo. Determine un estándar justo y equitativo para el método instalado.

10. Dele seguimiento al método. A intervalos regulares, audite el método instalado con el fin de determinar si se están alcanzando la productividad y la calidad planeadas, si los costos se proyectaron correctamente y si se pueden hacer mejoras adicionales. (Niebel, y Freivalds, 2009).

En resumen, la ingeniería de métodos es el análisis sistemático a fondo de todas las operaciones directas e indirectas con el fin de implementar mejoras que permitan que el trabajo se desarrolle más fácilmente, en términos de salud y seguridad del trabajador, y permite que éste se realice en menos tiempo con una menor inversión por unidad (p. ej., con una mayor rentabilidad). (Niebel, y Freivalds, 2009).

11. **Diseño del trabajo.** Como parte del desarrollo o del mantenimiento del nuevo método, los principios de diseño del trabajo deben utilizarse con el fin de adaptar la tarea y la estación de trabajo ergonómicamente al operador humano. Desafortunadamente, por lo general el diseño del trabajo se olvida cuando se persigue un incremento en la productividad. Con mucha frecuencia, la sobre posición de procedimientos simplificados da como resultado que los operadores realicen tareas repetitivas tipo máquina, lo cual provoca un mayor índice de lesiones músculo-esqueléticas relacionadas con el trabajo. Cualquier aumento de la productividad y reducción de costos se ven más que disminuidos ante los altos costos de la compensación médica de los trabajadores, especialmente si se considera la tendencia en aumento en los costos del cuidado de la salud. Por lo tanto, es necesario que el ingeniero de métodos incorpore los principios de diseño del trabajo en todo nuevo método, de tal manera que no sólo sea más productivo sino también más seguro y libre de riesgos para el operador. (Niebel, y Freivalds, 2009).

12. **Estándares.** Los estándares son el resultado final del estudio de tiempos o de la medición del trabajo. Esta técnica establece un estándar de tiempo permitido para llevar a cabo una determinada tarea, con base en las mediciones del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y retardos inevitables del personal. Los expertos en el estudio del tiempo utilizan varias técnicas para establecer un estándar: estudio cronometrado de tiempos, recolección computarizada de datos, datos estándares, sistemas de tiempos predeterminados, muestreo del trabajo y pronósticos con base en datos históricos. Cada técnica es aplicable en ciertas condiciones. Los analistas del estudio de tiempos deben saber cuándo utilizar una técnica determinada y deben utilizarla con criterio y en forma correcta. Los estándares que resulten se utilizan para implantar un esquema de pago de salarios. En muchas compañías, en particular en pequeñas empresas, la actividad de pago de salarios es llevada a cabo por el mismo grupo responsable de establecer métodos y estándares del trabajo. También, la actividad del pago de salarios se realiza conjuntamente con las personas responsables de efectuar los análisis y evaluaciones del trabajo, de tal manera que estas dos actividades íntimamente relacionadas funcionen apropiadamente. El control de la producción, la distribución de la planta, las compras, la contabilidad y control de costos y el diseño de procesos y productos son áreas adicionales relacionadas íntimamente con las funciones de los métodos y los estándares. Para operar de manera eficiente, todas estas áreas dependen de datos relacionados con tiempos y costos, hechos y procedimientos operativos provenientes del departamento de métodos y estándares. (Niebel, y Freivalds, 2009).

13. Herramientas para la solución de problemas. Un buen programa de ingeniería de métodos sigue un proceso en forma ordenada: comenzando con la selección del proyecto y finalizando con la implantación de éste. El primero, y quizás el paso crucial tanto para el diseño de un nuevo centro de trabajo como para la mejora de una operación existente es la identificación del problema de una manera clara y lógica. De la misma forma en que el operador utiliza herramientas tales como los micrómetros y calibradores para facilitar el trabajo, el ingeniero de métodos utiliza las herramientas apropiadas para realizar un mejor trabajo en menos tiempo. Existe una gran variedad de herramientas disponibles para la solución de problemas y cada una de ellas tiene aplicaciones específicas. Las primeras cinco herramientas se utilizan fundamentalmente en la primera etapa del análisis de métodos, seleccionar el proyecto. El análisis de Pareto y los diagramas de pescado surgieron a partir de los círculos de calidad japoneses a principios de los años sesenta y fueron muy exitosos en la mejora de la calidad y en la reducción de costos de los procesos de fabricación. (Niebel, y Freivalds, 2009).

Las gráficas de Gantt y PERT surgieron durante los años cuarenta como respuesta a la necesidad de una mejor planeación de proyectos y el control de proyectos militares complejos. Sin embargo, también pueden ser muy útiles para identificar problemas en una planta industrial. Por lo general, la selección del proyecto se basa en tres consideraciones: económica (probablemente la más importante), técnica y humana. Las consideraciones económicas pueden involucrar nuevos productos para los cuales no se han implantado estándares o productos existentes que tienen un elevado costo de manufactura. Los problemas podrían ser grandes cantidades de desperdicio o retrabajo, excesivo manejo de materiales, en términos de costo o distancia, o simplemente operaciones de "cuello de botella". Las consideraciones técnicas pueden incluir técnicas de procesamiento que necesiten ser mejoradas, problemas de control de calidad debidos al método, o problemas de funcionamiento del producto comparado con el de la competencia. Las consideraciones humanas pueden involucrar trabajos altamente repetitivos que tengan como consecuencia lesiones músculo-esqueléticas relacionadas con el trabajo, un elevado índice de accidentes, tareas con excesiva fatiga o tareas acerca de las cuales los trabajadores se quejen constantemente. Por lo general, las primeras cuatro herramientas de exploración se utilizan en la oficina del analista. La quinta herramienta, la guía para el análisis de trabajo/sitio de trabajo, permite identificar los problemas dentro de un área en particular, departamento o sitio de trabajo y se desarrolla mejor como parte de una inspección física y observaciones en el sitio. La guía proporciona una identificación subjetiva de factores administrativos, ambientales, de la tarea o de los empleados clave que podrían causar problemas potenciales. También identifica las herramientas adecuadas para mejorar las evaluaciones en forma más cuantitativa. El uso de la guía para el análisis del trabajo/sitio de trabajo debe ser un primer paso antes de que se recaben grandes cantidades de datos cuantitativos acerca del presente método. (Niebel, y Freivalds, 2009).

Las siguientes cinco herramientas, se utilizan para mantener un registro del método en cuestión, constituyen el segundo paso del análisis de métodos, obtener y presentar los datos. La información pertinente de los hechos —tales como la cantidad de producción, programación de entregas, tiempos operativos, instalaciones, capacidades de las máquinas, materiales y herramientas especiales— pueden tener un efecto importante en la solución del problema, y dicha información necesita ser registrada. Las tres últimas herramientas son muy útiles como un procedimiento cuantitativo en el cuarto paso del análisis de métodos, desarrollo del método ideal. Una vez que se han presentado los datos de una manera clara y precisa, se examinan de forma crítica, de tal forma que se pueda definir e instalar el método más práctico, económico y eficiente. (Niebel, y Freivalds, 2009).

14. Herramientas explorativas:

a. **Análisis de Pareto.** Las áreas del problema pueden definirse mediante una técnica desarrollada por el economista Vilfredo Pareto para explicar la concentración de la riqueza. En el análisis de Pareto, los artículos de interés son identificados y medidos con una misma escala y luego se ordenan en orden descendente, como una distribución acumulativa. Por lo general, 20% de los artículos evaluados representan 80% o más de la actividad total; como consecuencia, esta técnica a menudo se conoce como la regla 80-20. Por ejemplo, 80% del inventario total se encuentra en sólo 20% de los artículos del inventario, o 20% de los trabajos provocan aproximadamente 80% de los accidentes o 20% de los trabajos representan 80% de los costos de compensación de los empleados. Conceptualmente, el analista de métodos concentra el mayor esfuerzo sólo en algunos pocos trabajos que generan la mayor parte de los problemas. En muchos casos, la distribución de Pareto puede transformarse en una línea recta utilizando la transformación lognormal, a partir de la cual se pueden hacer más análisis cuantitativos. (Herron, D, 1976).

b. **Diagramas de Pescado.** Los Diagramas de Pescado, también conocidos como diagramas causa-efecto, fueron desarrollados por Ishikawa a principios de los años cincuenta mientras trabajaba en un proyecto de control de calidad para Kawasaki Steel Company. El método consiste en definir la ocurrencia de un evento o problema no deseable, esto es, el efecto, como la “cabeza del pescado” y, después, identificar los factores que contribuyen a su conformación, esto es, las causas, como las “espinas del pescado” unidas a la columna vertebral y a la cabeza del pescado. Por lo general, las principales causas se subdividen en cinco o seis categorías principales —humanas, de las máquinas, de los métodos, de los materiales, del medio ambiente, administrativas—, cada una de las cuales se subdividen en subcausas. El proceso continúa hasta que se detectan todas las causas posibles, las cuales deben incluirse en una lista. Un buen diagrama tendrá varios niveles de espinas y proporcionará un buen panorama del problema y de los factores que contribuyen a su existencia. Después, los factores se analizan de manera crítica en términos de su probable contribución a todo el problema. Es posible que este proceso también tienda a identificar soluciones potenciales. Los diagramas de pescado han tenido mucho éxito en los círculos de calidad japoneses, donde se espera la contribución de todos los niveles de trabajadores y gerentes. Se puede demostrar que dichos diagramas no han tenido tanto éxito en la industria de Estados Unidos, donde la cooperación entre el trabajo y la administración puede ser menos eficiente en la producción de las soluciones y resultados deseados. (Cole, R, 1979).

c. **Diagrama de Gantt.** El diagrama de Gantt constituyó probablemente la primera técnica de control y planeación de proyectos que surgió durante los años cuarenta como respuesta a la necesidad de administrar proyectos y sistemas complejos de defensa de una mejor manera. El diagrama de Gantt muestra anticipadamente de una manera simple las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal. Los tiempos reales de terminación se muestran mediante el sombreado de barras adecuadamente. Si se dibuja una línea vertical en una fecha determinada, usted podrá determinar qué componentes del proyecto están retrasadas o adelantadas. El diagrama de Gantt obliga al administrador del proyecto a desarrollar un plan con antelación y proporciona un vistazo rápido del avance del proyecto en un momento dado. Desafortunadamente, este diagrama no siempre describe por completo la interacción entre las diferentes actividades del proyecto. Para dicho propósito, se requiere de técnicas más analíticas como los diagramas de PERT. El diagrama de Gantt se puede utilizar también para organizar la secuencia de las actividades de las máquinas en la planta. El diagrama basado en la máquina puede incluir actividades de reparación y mantenimiento marcando el periodo en el que éstas se llevarán a cabo. (Niebel, y Freivalds, 2009).

d. Diagrama de PERT (Program Evaluation and Review Technique). Las siglas en inglés significan Técnica de Revisión y Evaluación de Programas. Un diagrama de PERT, también conocido como diagrama de red o método de la ruta crítica, es una herramienta de planeación y control que retrata de manera gráfica la forma óptima de obtener un objetivo predeterminado, generalmente en términos de tiempo. Esta técnica fue utilizada por las fuerzas armadas estadounidenses para diseñar procesos tales como el desarrollo del misil Polaris y la operación de sistemas de control de submarinos nucleares. Normalmente, los analistas de métodos utilizan los diagramas de PERT para mejorar la programación mediante la reducción de los costos y la satisfacción del cliente. En un diagrama de PERT, los eventos (representados mediante nodos) son posiciones en el tiempo que muestran el comienzo y término de una operación particular o grupo de operaciones. (Niebel, y Freivalds, 2009).

Cada operación o grupo de operaciones que se llevan a cabo en un departamento se definen como una actividad y se llaman arcos. Cada arco tiene un número asociado que representa el tiempo (días, semanas, meses) necesario para llevar a cabo la actividad. Las actividades que no consumen tiempo ni costo, pero que sin embargo son necesarias para conservar una secuencia correcta, se llaman actividades supuestas y se muestran con líneas punteadas. Las actividades supuestas se utilizan típicamente para indicar precedencia o dependencias debido a que, de acuerdo con las reglas, no se pueden representar dos actividades mediante el mismo nodo; es decir, cada actividad tiene un solo conjunto de nodos. El tiempo mínimo necesario para llevar a cabo todo el proyecto corresponde a la trayectoria más larga desde el nodo inicial hasta el nodo final. El término ruta crítica representa el tiempo mínimo necesario para llevar a cabo el proyecto y es la trayectoria más larga desde el nodo 1 al nodo 12. Mientras que existe siempre una trayectoria como ésta en cualquier proyecto, más de una trayectoria puede reflejar el tiempo mínimo necesario para llevar a cabo el proyecto. Las actividades que no se encuentran a lo largo de la ruta crítica tienen cierta flexibilidad temporal. Dicha flexibilidad, o libertad, se conoce como flotación y se define como la cantidad de tiempo que una actividad no crítica puede extenderse sin retrasar la fecha de término del proyecto. Esto implica que cuando la intención es reducir el tiempo de terminación del proyecto, llamado ruptura, es mejor concentrarse en las actividades que se encuentran en la ruta crítica que en las que se encuentran en otras rutas. (Niebel, y Freivalds, 2009).

15. Herramientas de registro y análisis

a. Gráfica del proceso operativo. La gráfica del proceso operativo muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales

que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado. (Niebel, y Freivalds, 2009).

La gráfica muestra la entrada de todos los componentes y sub ensambles al ensamble principal. De la misma manera como un esquema muestra detalles de diseño tales como partes, tolerancias y especificaciones, la gráfica del proceso operativo ofrece detalles de la manufactura y del negocio con sólo echar un vistazo. (ASME, 1974).

Se utilizan dos símbolos para construir la gráfica del proceso operativo: un pequeño círculo representa una operación y un pequeño cuadrado representa una inspección. Una operación se lleva a cabo cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente, o cuando se estudia o se planea antes de que se realice cualquier trabajo productivo en dicha parte. Una inspección se realiza cuando la parte es examinada para determinar su cumplimiento con un estándar. Observe que algunos analistas prefieren describir sólo las operaciones, por lo que al resultado le llaman gráfica de la descripción del proceso. Antes de comenzar la construcción real de la gráfica de procesos operativos, los analistas identifican la gráfica por medio del título —Gráfica del proceso operativo—, e información adicional como el número de parte, número de plano, descripción del proceso, método actual o propuesto, fecha y nombre de la persona que elaboró la gráfica. Dentro de la información adicional se pueden incluir datos tales como el número de gráfica, la planta, el edificio y el departamento. (Niebel, y Freivalds, 2009).

Las líneas verticales indican el flujo general del proceso a medida que se realiza el trabajo, mientras que las líneas horizontales que alimentan a las líneas de flujo vertical indican materiales, ya sea comprados o elaborados durante el proceso. Las partes se muestran como ingresando a una línea vertical para ensamblado o abandonando una línea vertical para desensamblado. Los materiales que son desensamblados o extraídos se representan mediante líneas horizontales de materiales y se dibujan a la derecha de la línea de flujo vertical, mientras que los materiales de ensamblado se muestran mediante líneas horizontales dibujadas a la izquierda de la línea de flujo vertical. En general, el diagrama del proceso operativo se construye de tal manera que las líneas de flujo verticales y las líneas de materiales horizontales no se crucen. Si es estrictamente necesario el cruce de una línea vertical con una horizontal, se debe utilizar la convención para mostrar que no se presenta ninguna conexión; esto es, dibujar un pequeño semicírculo en la línea horizontal en el punto donde la línea vertical lo cruce. (Niebel, y Freivalds, 2009).

El diagrama de proceso operativo terminado ayuda a los analistas a visualizar el método en curso, con todos sus detalles, de tal forma que se pueden identificar nuevos y mejores procedimientos. Este diagrama muestra a los analistas qué efecto tendrá un cambio en una

determinada operación en las operaciones precedentes y subsecuentes. Es muy usual lograr 30% de reducción de tiempo mediante el uso de los principios del análisis de operaciones en conjunto con el diagrama de procesos operativos, el cual sugiere inevitablemente posibilidades para la mejora. Asimismo, puesto que cada etapa se muestra en su secuencia cronológica apropiada, el diagrama en sí mismo constituye una distribución ideal de la planta. En consecuencia, los analistas de métodos consideran esta herramienta extremadamente útil para desarrollar nuevas distribuciones y mejorar las existentes. (Niebel, y Freivalds, 2009).

b. Diagrama de flujo del proceso. En general, el diagrama de flujo del proceso cuenta con mucho mayor detalle que el diagrama del proceso operativo. Como consecuencia, no se aplica generalmente a todos los ensambles, sino que a cada componente de un ensamble. El diagrama de flujo del proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. Una vez que estos periodos no productivos se identifican, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos. Además de registrar operaciones e inspecciones, los diagramas de flujo de procesos muestran todos los retrasos de movimientos y almacenamiento a los que se expone un artículo a medida que recorre la planta. Los diagramas de flujo de procesos, por lo tanto, necesitan varios símbolos además de los de operación e inspección que se utilizan en los diagramas de procesos operativos. Una flecha pequeña significa transporte, el cual puede definirse como mover un objeto de un lugar a otro excepto cuando el movimiento se lleva a cabo durante el curso normal de una operación o inspección. Una letra D mayúscula representa un retraso, el cual se presenta cuando una parte no puede ser procesada inmediatamente en la próxima estación de trabajo. Un triángulo equilátero parado en su vértice significa almacenamiento, el cual se presenta cuando una parte se guarda y protege en un determinado lugar para que nadie la remueva sin autorización. (Niebel, y Freivalds, 2009).

Estos cinco símbolos constituyen el conjunto estándar de símbolos que se utilizan en los diagramas de flujo de procesos. En ciertas ocasiones, algunos otros símbolos no estándar pueden utilizarse para señalar operaciones administrativas o de papeleo u operaciones combinadas. Dos tipos de diagramas de flujo se utilizan actualmente: de productos o materiales y de personas u operativos. El diagrama de producto proporciona los detalles de los eventos que involucran un producto o un material, mientras que el diagrama de flujo operativo muestra a detalle cómo lleva a cabo una persona una secuencia de operaciones. De la misma forma que el diagrama de procesos de operación, el diagrama de flujo del proceso se identifica mediante un título — Diagrama de flujo de procesos—, y la información adicional que lo acompaña que generalmente incluye el número de parte, el número de diagrama, la descripción del proceso, el método actual o propuesto, la fecha y el nombre de la persona que elaboró el diagrama. (Niebel, y Freivalds, 2009).

Dentro de la información adicional que puede ser útil para identificar totalmente el trabajo que se está realizando se encuentra la planta, edificio o departamento; el número de diagrama; la cantidad; y el costo. El analista debe describir cada evento del proceso, encerrar en un círculo el símbolo adecuado del diagrama del proceso e indicar los tiempos asignados para los procesos o retrasos y las distancias de transporte. Después tiene que conectar los símbolos de eventos consecutivos con una línea vertical. La columna del lado derecho proporciona suficiente espacio para que el analista incorpore comentarios o haga recomendaciones que conduzcan a cambios en el futuro. Para determinar la distancia desplazada, no es necesario que el analista mida cada movimiento de una manera precisa con una cinta o una regla de 6 pies. Se obtiene un valor lo suficientemente correcto si se cuenta el número de columnas que el material se desplaza y luego se multiplica dicho número, menor a 1, por la distancia entre columnas. Los desplazamientos de 5 pies o menores por lo general no se registran; sin embargo, pueden registrarse si el analista considera que afectan el costo total del método que se está graficando. (Niebel, y Freivalds, 2009).

En el diagrama se deben incluir todos los retrasos y tiempos de almacenamiento. A medida que una parte permanezca más tiempo en almacenamiento o se retrasa, mayor será el costo que acumule así como el tiempo que el cliente tendrá que esperar para la entrega. Por lo tanto, es importante saber cuánto tiempo consume una parte por cada retraso o almacenamiento. El método más económico para determinar la duración de los retrasos y almacenamientos es mediante el marcado de varias partes con un gis, que indique el tiempo exacto durante el cual se almacenaron o se retrasaron. Después es necesario verificar periódicamente la sección para ver cuándo entraron de nuevo a producción las partes marcadas. Se verifica un número de veces, se registra el tiempo consumido y luego se promedian los resultados, y así, los analistas pueden obtener valores de tiempo suficientemente precisos. El diagrama de flujo del proceso, de la misma forma que el diagrama de procesos operativos, no es el final en sí mismo; es sólo un medio para llegar al final. Esta herramienta facilita la eliminación o reducción de los costos ocultos de un componente. Puesto que el diagrama de flujo muestra claramente todos los transportes, retrasos y almacenamientos, la información que ofrece puede dar como consecuencia una reducción en la cantidad y la duración de estos elementos. Asimismo, puesto que las distancias se encuentran registradas en el diagrama de flujo del proceso, este diagrama es excepcionalmente valioso para mostrar cómo puede mejorarse la distribución de una planta. (Niebel, y Freivalds, 2009).

c. Diagrama de flujo. A pesar de que el diagrama de flujo del proceso proporciona la mayor parte de la información pertinente relacionada con un proceso de manufactura, no muestra un plan pictórico del flujo del trabajo. A veces esta información es útil para desarrollar un nuevo método. Por ejemplo, antes de que se pueda reducir un transporte, el analista necesita observar o visualizar dónde hay suficiente espacio para construir una instalación de tal manera

que la distancia de transporte puede acortarse. De la misma forma, es de utilidad visualizar las áreas potenciales de almacenamiento temporal o permanente, las estaciones de inspección y los puntos de trabajo. La mejor manera de proporcionar esta información es conseguir un diagrama de las áreas de la planta involucradas y después bosquejar las líneas de flujo, es decir, indicar el movimiento del material de una actividad a la otra. El diagrama de flujo o recorrido es una representación gráfica de la distribución de los pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo del proceso. Cuando los analistas elaboran un diagrama de flujo o recorrido, identifican cada actividad mediante símbolos y números correspondientes a los que aparecen en el diagrama de flujo del proceso. (Niebel, y Freivalds, 2009).

La dirección del flujo se indica colocando pequeñas flechas periódicamente a lo largo de las líneas de flujo. Se pueden utilizar colores diferentes para indicar líneas de flujo en más de una parte. El diagrama de recorrido representa un complemento útil del diagrama de flujo de procesos debido a que indica el camino hacia atrás y las áreas posibles de congestión de tráfico y facilita el desarrollo de una configuración ideal de la planta. (Niebel, y Freivalds, 2009).

16. Otras herramientas

a. PEPSU. Esta herramienta es útil para definir el inicio y el fin del proceso al facilitar la identificación de sus proveedores, entradas, subprocessos, salidas y usuarios.

Las siglas PEPSU representan:

- Proveedores: Entidades o personas que proporcionan las entradas como materiales, información y otros insumos. En un proceso puede haber uno o varios proveedores, ya sea interno(s) o externo(s). (Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).
- Entradas: Son los materiales, información y otros insumos necesarios para operar los procesos. Los requisitos de las entradas deben estar definidos, y se debe verificar que las entradas los satisfacen. Pueden existir una o varias entradas para un mismo proceso. (Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).
- Proceso: Un proceso es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados. Bajo el título "Proceso" de la herramienta PEPSU se registran los subprocessos que conforman el proceso que se está definiendo. (Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).
- Salidas: Una salida es el producto resultado de un proceso. Los productos pueden ser bienes o servicios. Los requisitos de las salidas deben estar definidos (necesidades de los usuarios, estándares definidos por la institución, normatividad vigente, etc.), y se debe verificar

que las salidas los satisfacen. Hay procesos que tienen una salida para cada usuario y otros que tienen una sola salida que está orientada a varios usuarios. (Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).

- Usuarios: Son las organizaciones o personas que reciben un producto. El usuario (o cliente), puede ser interno o externo a la organización. La definición del proceso se realiza en sentido inverso a la presentación del PEPSU (Usuarios-Salidas-Proceso-Entradas-Proveedores) es decir, se debe iniciar con la columna de usuarios. Para identificar a los usuarios del proceso se recomienda enlistar a los usuarios y verificar si son estos efectivamente los que reciben el trabajo o servicio y si existen usuarios que no han sido considerados. (Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).

Las siguientes preguntas ayudan a llenar el PEPSU:

- ¿Quién recibe las entradas?
- ¿Qué es lo primero que se hace con la entrada?
- ¿Qué se produce o realiza con las entradas?
- ¿Qué sucede después?
- ¿Cuáles son las salidas resultantes de lo que se produce?

(Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).

Revise el PEPSU haciéndose estas preguntas:

- ¿Requieren algunas etapas (o subprocesos) del proceso entradas que actualmente no se muestran?
- ¿Están mostrándose todos los flujos de trabajo en los procesos de entradas y salidas?
- ¿Muestra el PEPSU la naturaleza consecutiva y paralela de las etapas o subprocesos?
- ¿Cuáles son las expectativas de los clientes?
- ¿Cuentan con estándares de servicio? (Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).

b. Lluvia de ideas. La lluvia de ideas es una técnica para generar ideas sobre un tema dado. Generalmente se usa para obtener información importante sobre un tema o un proceso

directamente tomando las ideas del personal que está más familiarizado con él en el área de trabajo, oficina, etc. (Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).

Este método permite promover participación, generar entusiasmo en un grupo de personas, así como analizar y mostrar todas las causas posibles de un problema para su posterior solución. (Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).

Esta herramienta es útil:

- Para la identificación de objetivos de un grupo de trabajo o de una tarea a la que se aboca un grupo determinado.

- Cuando existen problemas y obstáculos que afectan la calidad del trabajo.
- Para el análisis de problemas potenciales con intención de tomar medidas preventivas.
- Para la búsqueda de soluciones a los problemas presentados.

(Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).

Al efectuar una sesión de lluvia de ideas en grupo, lo primero es comprender y respetar las siguientes reglas:

- Todos deben participar.
- Se deben anotar todas las ideas.
- Escribirlas en un pizarrón o rotafolio para que todos puedan leerlas.
- No se deben criticar las ideas durante la sesión (no hay ideas tontas).
- No buscar culpables, cuando se sugieran ideas de causas de problemas.

(Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).

Durante la sesión debe existir un espíritu de colaboración, seriedad y ayuda hacia los demás para alentar una participación activa. La sesión culmina con un listado de ideas generadas en función del tema o tópico seleccionado previamente. (Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008)

Las normas que rigen el proceso a seguir para efectuar una sesión de lluvia de ideas son las siguientes:

- Se expresa solo una idea en cada turno.
- Cada participante expone una idea en orden subsecuente.
- La idea debe expresarse con respeto y libertad.
- Si no se tiene alguna idea se dice simplemente "paso".
- La sesión termina cuando todos dicen "paso" o el grupo se siente satisfecho con la cantidad de ideas que se tengan. (Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).

Estas normas promueven una mayor participación dentro del grupo, evitan posiciones de “expertos” o que alguien domine la situación, o maneje posiciones autoritarias. La persona que dice “paso” en su próximo turno deberá esforzarse por dar una idea. (Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).

Recuerdan también que el ambiente es un factor muy importante, por lo que este debe ser tranquilo, y propiciar la libertad de expresión. En este sentido se puede proponer al grupo que, antes de empezar a generar ideas, los participantes hablen de aspectos positivos de su trabajo o de temas sociales o vean alguna película motivacional de corta duración, etc. (Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).

Para que la sesión resulte lo más productiva posible, es conveniente considerar las siguientes recomendaciones:

- Buscar generar la mayor cantidad de ideas. Esto facilitará llegar a ideas de calidad.
 - Pensar siempre en términos de suprimir, modificar o sustituir las cosas.
 - No realizar sesiones muy largas. Es preferible interrumpir la sesión y reiniciarla en otra ocasión.
 - La clave del éxito es usar el poder del pensamiento libre y espontáneamente.
 - Usar la imaginación..
- (Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal, 2008).

17. Diseño del trabajo manual. El diseño del trabajo manual fue introducido por los Gilbreth a través del estudio de movimientos y los principios de la economía de movimientos y, después, de manera científica, por especialistas en factores humanos en aplicaciones militares. Tradicionalmente, los principios se han dividido en tres subdivisiones básicas: 1) el uso del cuerpo humano, 2) el arreglo y las condiciones del lugar de trabajo, y 3) el diseño de herramientas y equipo. Algo más importante, aunque desarrollado de manera empírica, es que los principios están basados en principios anatómicos, biomecánicos y psicológicos conocidos del cuerpo humano. Dichos principios forman la base científica de la ergonomía y el diseño del trabajo. De acuerdo con lo anterior, se presentarán algunos antecedentes teóricos de tal manera que los principios de la economía de movimiento pueden comprenderse mejor, en lugar de aceptarse como reglas que se deban memorizar. Además, los principios convencionales de la economía de movimientos se han diseminado de forma considerable y, en la actualidad, se llaman principios y lineamientos para el diseño del trabajo. Este capítulo presenta los principios relacionados con el cuerpo humano y los lineamientos para diseñar el trabajo en relación con la actividad física. (Niebel, y Freivalds, 2009).

18. Diseño de tareas. La capacidad de esfuerzo humana depende de tres factores principales de la tarea: 1) el tipo de esfuerzo, 2) el movimiento del músculo o articulación que se esté utilizando, y 3) la postura. Existen tres tipos de esfuerzos musculares, que se definen principalmente por la forma en que se mide la resistencia del esfuerzo. Los esfuerzos musculares que resultan en movimientos corporales son consecuencia del esfuerzo dinámico. Con frecuencia, dichos esfuerzos se llaman contracciones isotónicas, debido a que los segmentos de carga y de cuerpo levantados nominalmente conservan una fuerza externa constante en el músculo. (Sin embargo, la fuerza interna producida por el músculo varía debido a la geometría del impulso efectivo de los brazos.) Debido a las diferentes variables involucradas en dichas contracciones, algunas de ellas necesitan obligadamente ser restringidas con el fin de obtener un esfuerzo medible. Por lo tanto, las mediciones del esfuerzo dinámico se han realizado típicamente mediante el empleo de dinamómetros de velocidad constante (isocinéticos) como, por ejemplo, el Cybex o el Mini-Gym. (Freivalds y Fotouhi, 1987).

19. Estudio de los movimientos. El estudio de los movimientos implica el análisis cuidadoso de los movimientos corporales que se emplean para realizar una tarea. Su propósito es eliminar o reducir movimientos ineficientes y facilitar y acelerar los movimientos eficientes. A través del estudio de los movimientos en conjunto con los principios de la economía de movimientos, el trabajo puede rediseñarse para que incremente su eficacia y genere un elevado índice de producción.

Los Gilbreth fueron pioneros en el estudio de los movimientos manuales y desarrollaron leyes básicas de la economía de movimientos que aún se consideran fundamentales. Ellos también fueron responsables del desarrollo de los estudios detallados de la fotografía en movimiento, conocidos como estudios de micromoción, los cuales han demostrado ser invaluable para estudiar las operaciones manuales altamente repetitivas. El estudio de los movimientos, en un sentido amplio, abarca ambos estudios que se llevan a cabo como un simple análisis visual y estudios que utilizan equipo más costoso. Tradicionalmente se utilizaron cámaras de película de imágenes en movimiento, pero en la actualidad se emplea de manera exclusiva videocámaras, debido a la facilidad que poseen de regresar y volver a reproducir secciones, la capacidad de congelar una imagen y la eliminación de la necesidad del revelado de la película. En vista de su costo significativamente más elevado, la micromoción por lo general se emplea sólo para estudiar tareas extremadamente más activas con un alto grado de repetitividad. Los dos tipos de estudios pueden compararse de la siguiente manera: observe una pieza bajo una lupa y luego obsérvela bajo el microscopio. El detalle adicional que revela el microscopio es necesario sólo en el caso de las tareas más productivas. De manera tradicional, los estudios de micromoción se grababan en un diagrama de movimiento simultáneo (simo), mientras que los estudios de movimiento se

registraban en un diagrama de procesos de bimanual. En realidad, un diagrama simo se utiliza rara vez en la actualidad, pero el término a veces se aplica al diagrama de procesos de bimanual. (Niebel, y Freivalds, 2009).

20. Movimientos básicos. Como parte del análisis de movimientos, los Gilbreth concluyeron que todo trabajo, ya sea productivo o no, se realiza mediante el uso de combinaciones de 17 movimientos básicos a los que ellos llamaron therbligs (Gilbreth pronunciado al revés). Los therbligs pueden ser eficientes o ineficientes. Los primeros directamente estimulan el progreso del trabajo y con frecuencia pueden ser acortados, pero por lo general no pueden eliminarse por completo. Los therbligs ineficientes no representan un avance en el progreso del trabajo y deben eliminarse aplicando los principios de la economía de movimientos. (Niebel, y Freivalds, 2009).

21. Diagrama de procesos bimanual. El diagrama de procesos de bimanual, a veces conocido como diagrama de procesos del operario, es una herramienta para el estudio del movimiento. Este diagrama muestra todos los movimientos y retrasos atribuibles a las manos derecha e izquierda y las relaciones que existen entre ellos. El propósito del diagrama de procesos de bimanual es identificar los patrones de movimiento ineficientes y observar las violaciones a los principios de la economía de movimientos. Este diagrama facilita la modificación de un método, de tal manera que se pueda lograr una operación equilibrada de las dos manos así como un ciclo parejo más rítmico que mantenga los retrasos y la fatiga del operario a niveles mínimos. (Niebel, y Freivalds, 2009).

Como de costumbre, el analista le pone el título Diagrama de procesos de dos manos y le añade toda la información de identificación necesaria, entre ella el número de parte, el número de diagrama, la descripción de la operación o proceso, el método actual o propuesto, la fecha y el nombre de la persona que hizo el diagrama. Inmediatamente debajo de la información de identificación, el analista bosqueja la estación de trabajo dibujada a escala. El bosquejo materialmente ayuda a presentar el método en estudio. En seguida, el analista comienza a construir el diagrama de procesos de bimanual mediante la observación de la duración de cada elemento, luego de lo cual determina la cantidad de tiempo que va a representarse en el diagrama dibujado a escala. (Niebel, y Freivalds, 2009).

En general, es menos confuso diagramar completamente las actividades de una mano antes de estudiar la otra. Después de que se han diagramado las actividades de ambas manos, el analista genera un resumen en la parte inferior de la hoja, en el cual indica el tiempo del ciclo, las piezas por ciclo y el tiempo por pieza. Una vez que se ha elaborado el diagrama de procesos de bimanual de un método existente, el analista puede determinar qué mejoras puede implantar. A

estas alturas se deben aplicar algunos corolarios importantes de los principios de la economía de movimientos:

- Establecer las mejores secuencias de los therbligs.
- Investigar cualquier variación sustancial en el tiempo que se requiere para llevar a cabo cierto therblig y determinar la causa.
- Examinar y analizar los titubeos para determinar y, posteriormente, eliminar sus causas.
- Como un objetivo a lograr, enfocarse en los ciclos y en sus partes terminadas en la menor cantidad de tiempo.

S. TEORÍA CONSTRUCTIVISTA

1. Antecedentes y fundamentos teóricos. Los postulados básicos en el enfoque constructivista se consideran como una referencia psicológica para la educación escolar, teniendo relación entre desarrollo, aprendizaje, cultura y educación que propone Coll (1993) se organiza en tres ideas principales:

a. El alumno es el responsable último de su proceso de aprendizaje: nadie puede reemplazarlo en la construcción de su conocimiento, ni siquiera el docente puede hacerlo. Esto quiere decir que el estudiante va construyendo ya sea manipulando, descubriendo, inventando como a su vez puede ser una enseñanza expositiva o directa.

b. El alumno construye o reconstruye objetos de conocimiento que ya están construidos: la actividad mental constructiva del estudiante son aquellos aprendizajes ya preexistentes en la persona siendo sistemas conceptuales y explicativos de las diferentes disciplinas ya sea en lo académico, destreza y habilidades cognitivas, valores y actitudes como métodos o técnicas. Sin embargo, todos estos saberes son aceptaciones relativos, lo cual están sujetas a un proceso evolutivo y de revisión constante.

c. El profesor sustituye su función clásica de transmisor de conocimientos por la del profesor como orientador o guía.

El hecho que el estudiante ya tenga la actividad mental constructiva sobre el aprendizaje anterior, el cargo de un docente es importante ya que es el guía y orientador en el proceso de enseñanza aprendizaje obteniendo como resultado el aumento progresivo del conocimiento. (Coll,1993)

La propuesta por esta teoría constructivista no es simplemente a que la persona sea simplemente el receptor o reproductor de los conocimientos sino más bien se plantea una

enseñanza donde la persona desarrolle la capacidad de construir aprendizajes significativos por sí mismo, mediante una variedad de situaciones a su alrededor, tomando a la persona como un ser integral de manera intelectual, social y afectivo en el aprendizaje, y así potencien su crecimiento personal. (Coll, 1995)

T. ANDRAGOGÍA

1. Principios generales para una psicopedagogía en la educación del adulto:

a. La didáctica del adulto, recomienda al docente el emplear ejemplos clarificadores para el tema o asignatura con el fin de facilitar la comprensión. Ahora bien no simplemente se necesita utilizar ejemplos sensoriales como los niños, sino se debe utilizar experiencias y conocimientos previos que ya tiene el sujeto, son la fin de lograr evolucionando un ordenamiento interior de los conocimientos y pensamientos adquiridos por el sujeto.

b. El interés que puede producir el estudiante los procesos de la naturaleza y la técnica, no simplemente será satisfactorio por medio de la sensorialización, sino otorgar por medio de la física, mecánica, biológica de los mismos.

c. La instrucción del adulto debe ser enfocada no simplemente en las respuestas verbales, sino darle más énfasis al grado de asimilación práctica de los conocimientos. Es fundamental en el proceso de aprendizaje la búsqueda de la verdad de parte del estudiante no simplemente del docente.

d. Se sugiere que la didáctica no sea de la escuela tradicional ya que este método se enfatiza en que el docente es el que tiene el conocimiento y los estudiantes simplemente aprenden de él.

e. Las lecciones tienen que partir no debe partir de algún problema inventado por el docente sino debe ser la realidad existencial para que el alumno lo pueda ver de manera significativa y así el papel del docente sea guiar el trabajo de estudiante.

f. Lo mejor fuera que sea el estudiante el que pregunte y el docente responde. Lo que pretende es que cada nuevo conocimiento que adquiera el estudiante ha de ser producto de la solución de un problema. (Ludojoski, 1972).

U. Método POGIL

El método POGIL, "*Process Oriented Guided Inquiry Learning*" lo cual se refiere a un "Aprendizaje Orientado en Procesos a través de Preguntas Guiadas", es un sistema de enseñanza novedoso, siendo una metodología de aprendizaje que busca desarrollar los conocimientos y habilidades por medio de un trabajo cooperativo en grupo de estudiantes. (Palma, 2007)

El método POGIL es una técnica utilizada en la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, para emplearse en aulas y laboratorios que buscan de manera sincronizada enseñar contenidos y desarrollar destrezas por medio de procesos claves, un ejemplo de ello es desarrollar la habilidad de tener un pensamiento analítico por medio del material que se le proporciona al estudiante y así mismo trabajar de manera efectiva como parte de un equipo colaborativo.

La cantidad de estudiantes no afecta este tipo de método ya que se puede realizar los grupos pequeños donde se muestra el material que ya está diseñado con preguntas guiadas donde permite el trabajo cooperativo y que el estudiante o persona vaya construyendo su propio aprendizaje. (Palma,2007)

V. Aprendizaje cooperativo

De acuerdo a investigaciones se ha demostrado que el 70% del tiempo las personas están rodeadas de personas, esto demuestra que existe la necesidad de relacionarse y de aprender estar con otras personas. El hombre no vive aislado sino son entes sociales, mediante el cual se concibe, nace, sobrevive, crece, se desarrolla, transforma, crea y trasciende. Las relaciones interpersonales empiezan en la familia, después en amistades, en el ambiente escolar, laboral y social.

El científico K. Lewin (1890 – 1947), psicólogo quien realizó investigaciones donde determinó que cada persona en un grupo percibe el medio en función de sus intereses, inspirados por sus propias necesidades y anhelos, lo cual da cierta fuerza de relación hacia los demás integrantes del mismo. Los grupos en el panorama de Lewin era una “totalidad dinámica”. Años después hace referencia J.L Moreno (1889’1974) introduciendo conceptos como liderazgo, roles grupales, comunicación, entre otros haciendo una especialidad multidisciplinaria de teoría y práctica de grupos, aplicándolo en la educación y enseñanza. Existen otros autores reconocidos en el tema de crecimiento personal y social fueron Carl Ramson Rogers (1902-1987), Enrique Pichon (1907.1977), entre otros.

El aprendizaje humano es un desarrollo grupal en relación con la vida y la experiencia que cada persona va adquiriendo lo cual forma del aprendizaje una construcción social. La solución a los problemas que se enfrentan en la actualidad a diferentes áreas, muy difícil se podrá lograr de manera individual o aislada, se requiere de la comunidad para que de modo

creativo darles solución. Para esto no basta simplemente de estar en grupo sino se necesita que de manera intencionada se establezca relaciones de cooperación. Cuando se menciona “cooperar” se refiere a compartir una experiencia de cualquier índole y trabajar juntos para alcanzar las metas y así los productos finales favorezcan a las personas a través de un esfuerzo de todos y ayuda mutua. (Gravié, 2006)

1. Elementos fundamentales del aprendizaje cooperativo. Los elementos fundamentales del aprendizaje cooperativo se muestra un modelo esquemático:

a. Interacción directa. Cuando las personas se relacionan con los demás, se les ofrece la oportunidad de temas o áreas de interés común donde pueden influenciar a otros tanto en lo social como conocimientos, habilidades entre otros. Todo proyecto se anticipa por un objetivo común y así posibilita el desarrollo de toda la potencialidad de los sujetos.

b. Técnicas de trabajo. El trabajo en común se necesita el conocimiento de técnicas. Es relevante aprender a expresar las ideas, apoyar al grupo y conocer estrategias para la resolución de conflictos. Es esencial que los estudiantes aprendan técnicas para trabajar en grupo y así puedan colaborar entre ellos. Para favorecer la colaboración existen cuatro niveles de formación.

1) Primer nivel de formación. En el momento inicial se recogería la motivación de cada estudiante que conforma el grupo, así como la importancia de tener un ambiente de trabajo tranquilo donde se propicie la concentración del grupo.

2) Segundo Nivel de formación. Aquí se colocan los recursos para ejecutar las actividades grupales, decidir los pasos e implantar una temporalización de las tareas.

3) Tercer Nivel de formación. Los alumnos deben saber el proyecto designado de manera clara, motivando a la reflexión y el razonamiento. La distribución del proyecto y designar roles dentro de los miembros del grupo.

4) Cuarto nivel de formación. Canalizar los conflictos que surjan entre los conceptos aprendidos y los nuevos. Mantener un juicio crítico, tolerancia, análisis de diferentes puntos de vista, solicitar explicaciones, estado de ánimo lo cual esto forma lo que es el trabajo cooperativo.

c. Responsabilidad individual. Esto se da cuando se le ofrece al estudiante la oportunidad de aportar de manera significativa al grupo. El rol del docente es elaborar estrategias de acción para que los demás miembros del grupo compartan sus habilidades personales. (Huete, 2008)

V. ANTECEDENTES

Debido a factores como el calentamiento global y los altos precios de los combustibles fósiles, se han realizado investigaciones para encontrar fuentes alternativas de biocombustibles. Dentro de esta se encuentra la producción de metano por medio de biodigestores.

Entre estos tipos de biodigestores podemos encontrar, biodigestores familiares de bajo costo han sido desarrollados y están ampliamente implementados en países del sureste asiático, pero en Sudamérica, solo países como Cuba, Colombia y Brasil tienen desarrollada esta tecnología. Estos modelos de biodigestores familiares, construidos a partir de mangas de polietileno tubular, se caracterizan por su bajo costo, fácil instalación y mantenimiento, así como por requerir sólo de materiales locales para su construcción. Por ello se consideran una 'tecnología apropiada'. (Herrero, 2008)

Los biodigestores pueden ser una gran ayuda a las familias que se dedican a la agricultura ya que estos suelen ser propietarias de pequeñas cantidades de ganado (dos o tres vacas por ejemplo) y pueden, por tanto, aprovechar el estiércol para producir su propio combustible y un fertilizante natural mejorado. Se debe considerar que el estiércol acumulado cerca de las viviendas supone un foco de infección, olores y moscas que desaparecerán al ser introducido el estiércol diariamente en el biodigestor familiar.

También es importante recordar la cantidad de enfermedades respiratorias que sufren, principalmente las mujeres, por la inhalación de humo al cocinar en espacios cerrados con leña o bosta seca. La combustión del biogás no produce humos visibles y su carga en ceniza es infinitamente menor que el humo proveniente de la quema de madera. (Herrero, 2008)

El biogás que se forma no es metano sino que realmente tiene otros gases en su composición como son dióxido de carbono (20-40%), nitrógeno molecular (2-3%) y sulfhídrico (0,5-2%), siendo el metano el más abundante con un 60-80%. (Herrero, 2008)

La materia prima para la producción de biogás es el estiércol fresco. Se pueden considerar otro tipo de residuos orgánicos, pero en ningún caso residuos duros (con cascara dura) o de larga duración de descomposición (como vísceras). El estiércol que mayor cantidad de biogás produce es el de cerdo y el humano, pero tienen la desventaja que el fertilizante que

producen es muy ácido, además de que en el caso humano hay tener otras consideraciones. El estiércol más equilibrado es el de vaca, además que por animal se produce gran cantidad de estiércol, y por tanto es el más fácil de recoger

VI. METODOLOGÍA

Módulo: Caracterización del sustrato para la producción de metano en la finca Don Alejandro por medio de determinación de pH, porcentaje de humedad, contenido de sólidos volátiles, temperatura para determinar las características

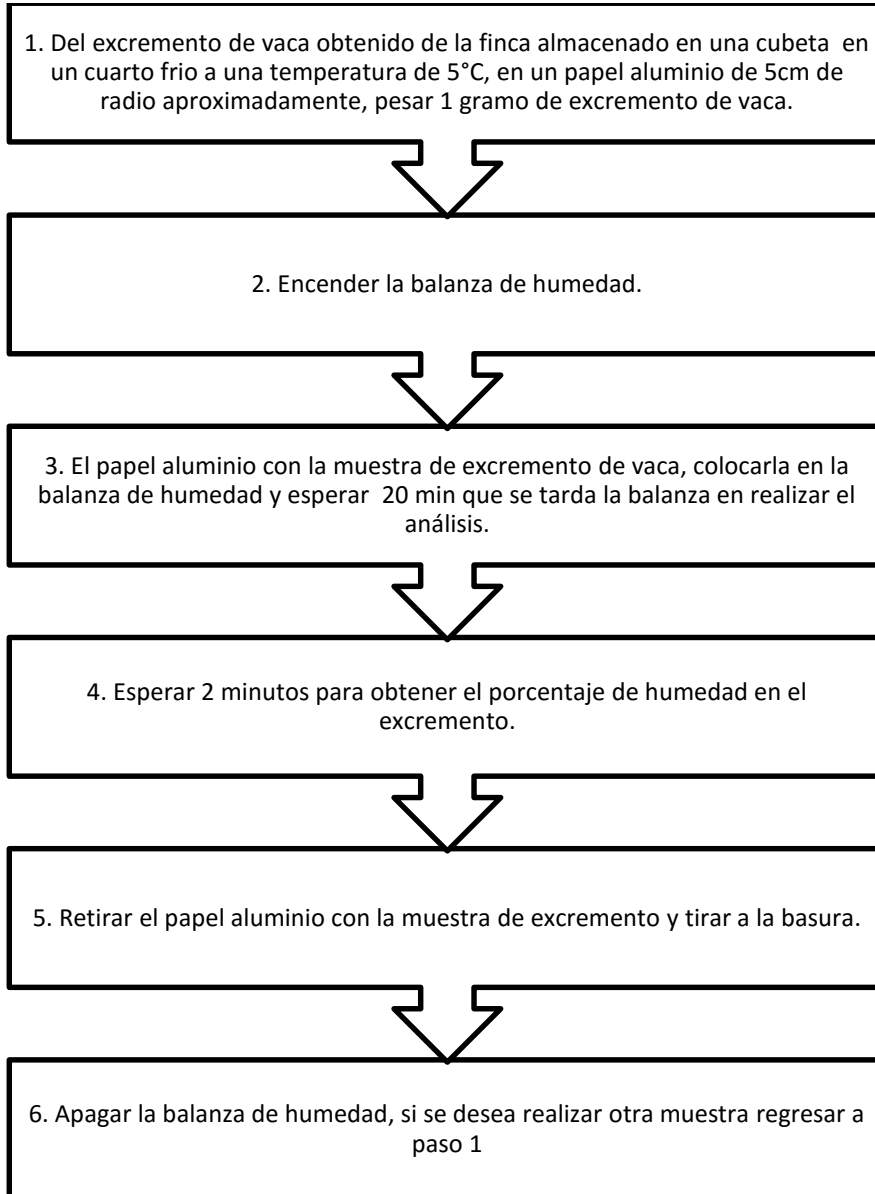
Toma de muestra: Dada su ubicación de la finca de Don Alejandro en Las Flores Asunción Mita Jutiapa, se procedió a tomar muestras de gran volumen para mantener refrigerada en el laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad Del Valle de Guatemala.

Se recogió el excremento de vaca a ser utilizado con una pala y este excremento se coloca en un contenedor plástico, hasta ser llenado se procede a tapar el recipiente para evitar derrames y aislarlo de insectos. Se refrigeró las muestras de excremento de vaca obtenidas para detener el proceso de fermentación o descomposición de dicho excremento.

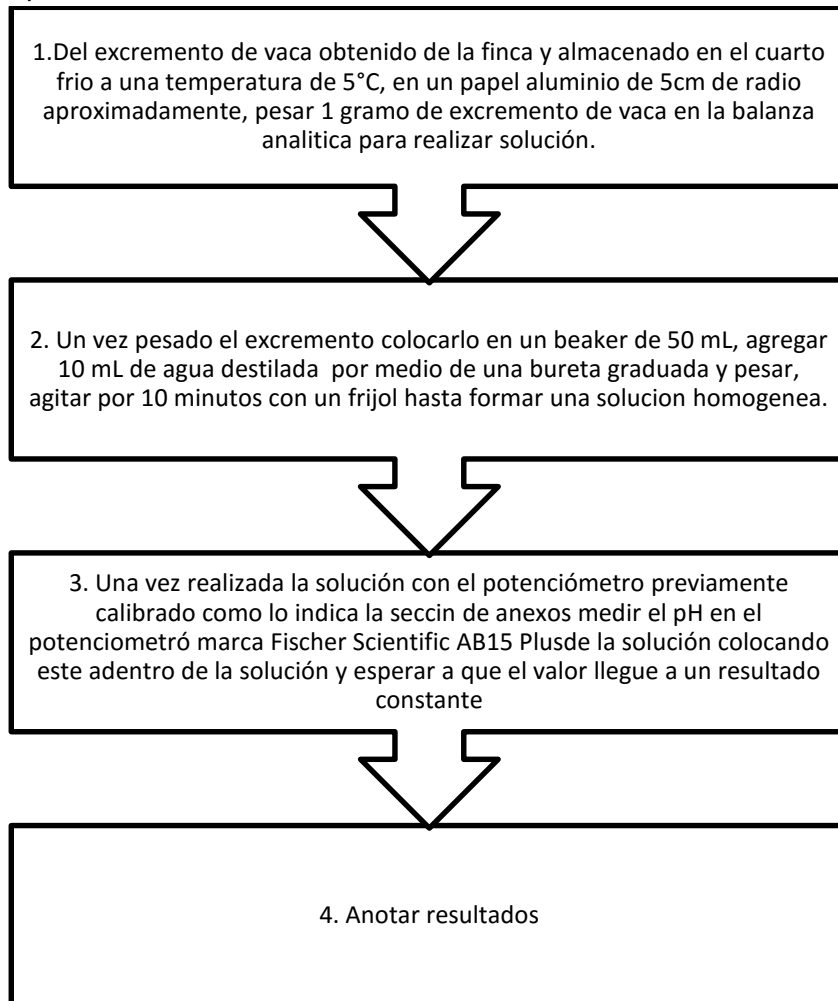
La mayoría de las técnicas analíticas empleadas en muchas de las etapas experimentales del trabajo corresponden a las descritas en los Métodos Estándar para el Análisis de Aguas Potables y Residuales (APHA, AWWA, WPCF, 1989)

A. ANÁLISIS DE PARÁMETROS.

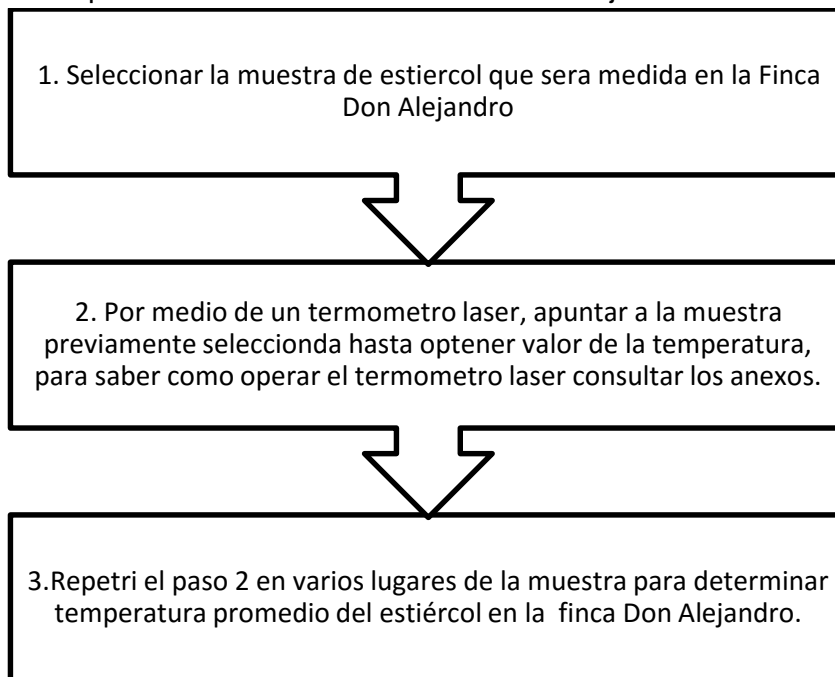
1. Determinación de porcentaje de humedad:



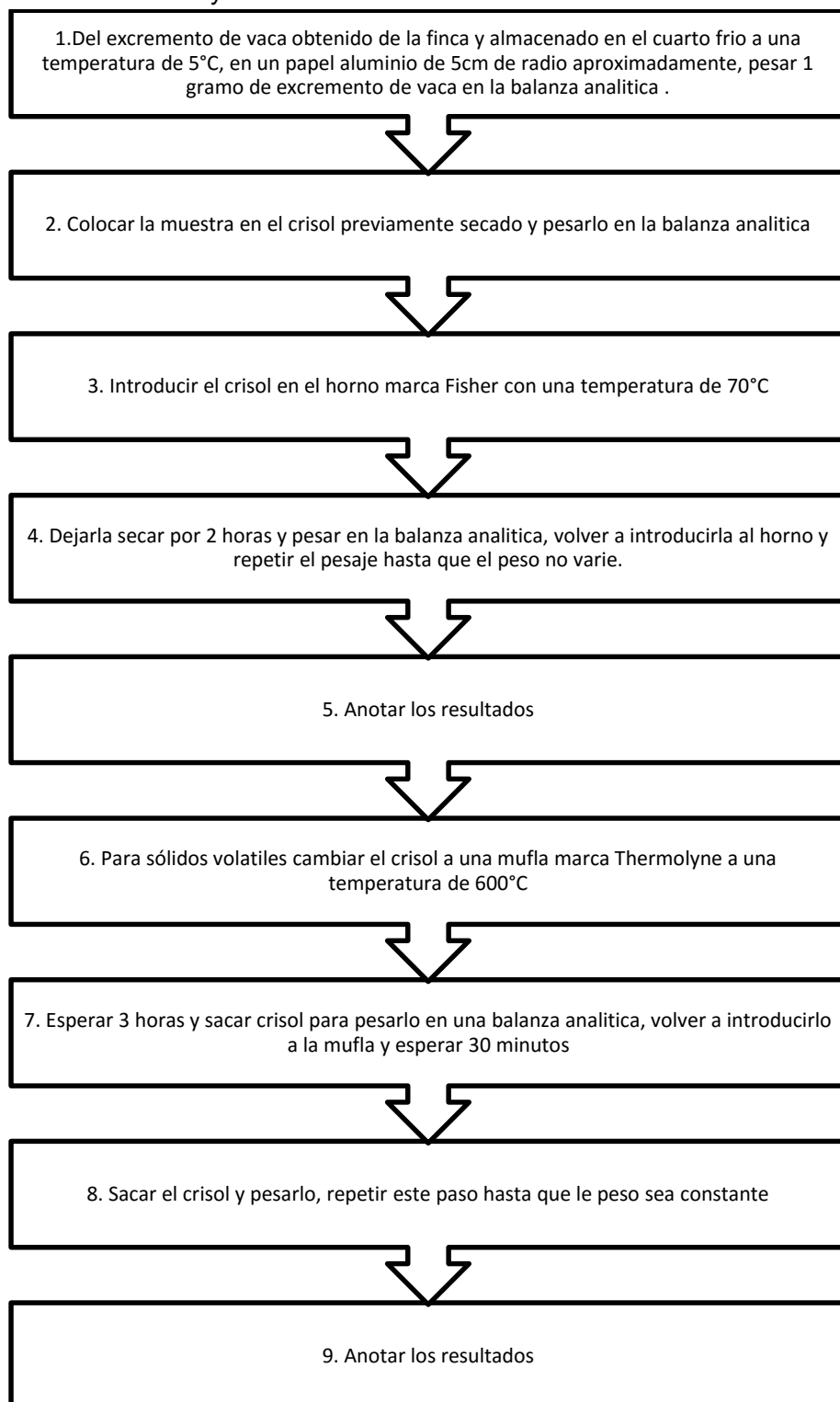
2. pH



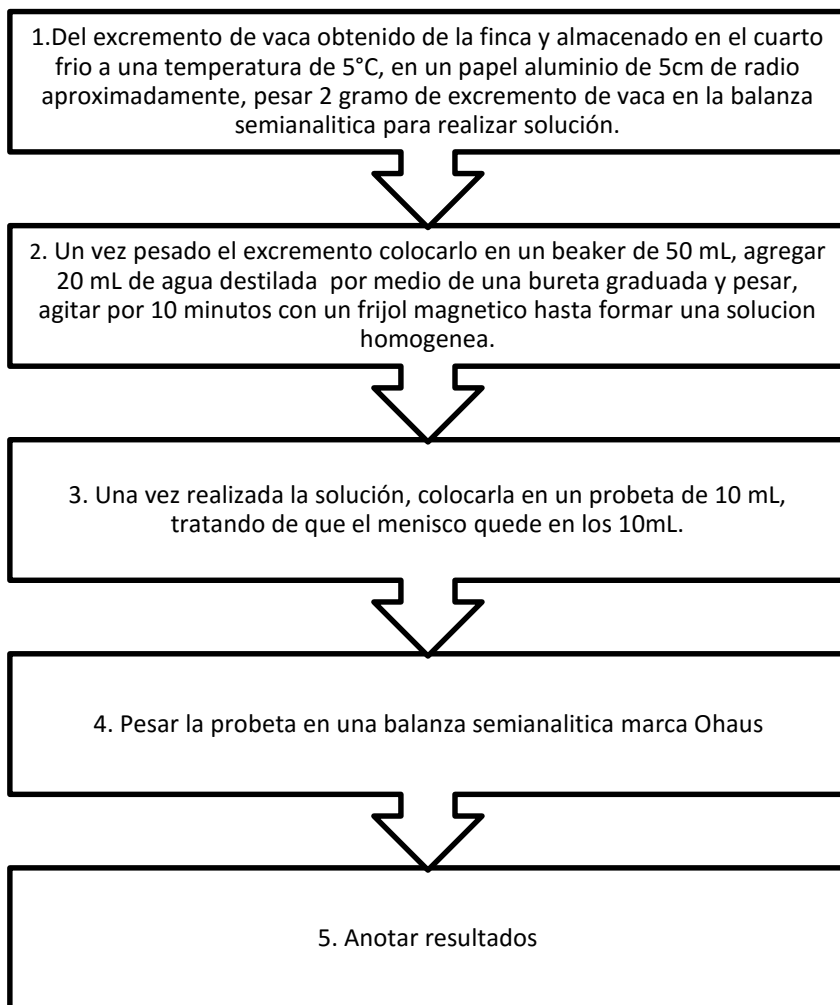
3. Temperatura de estiércol en la finca Don Alejandro:



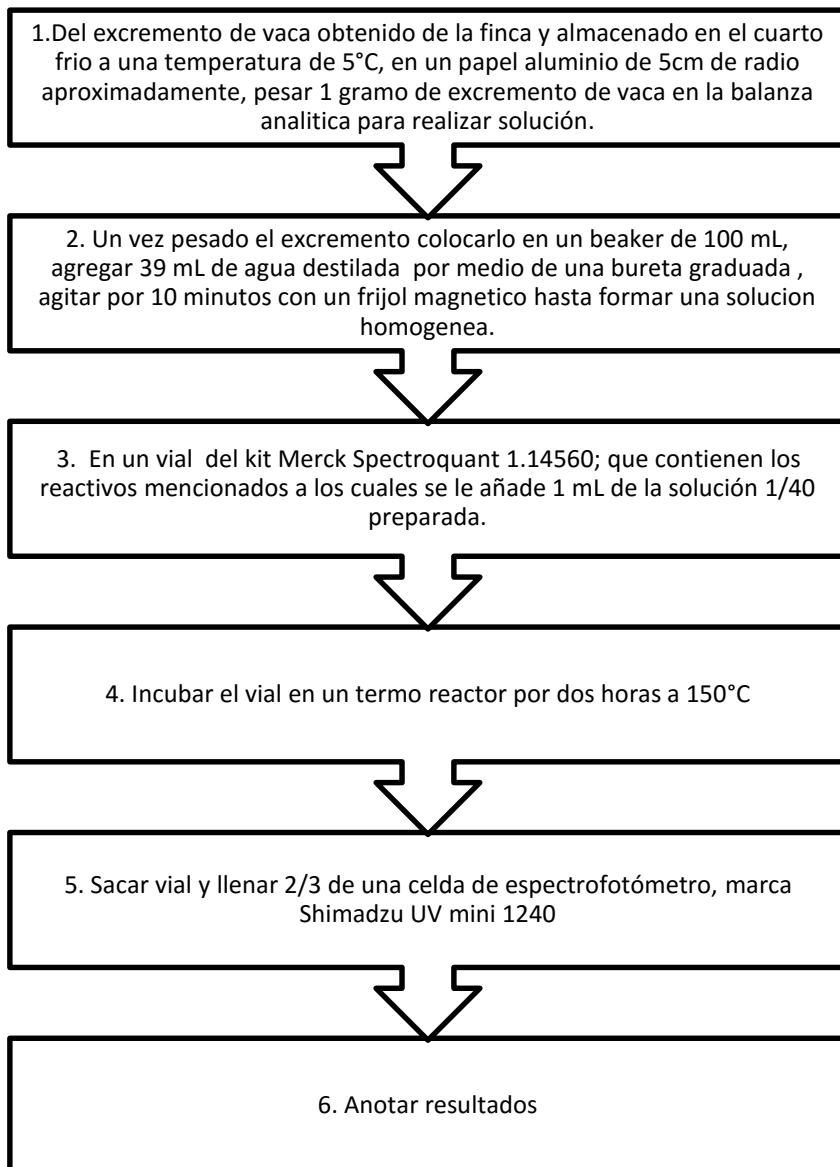
4. Sólidos totales y sólidos volátiles



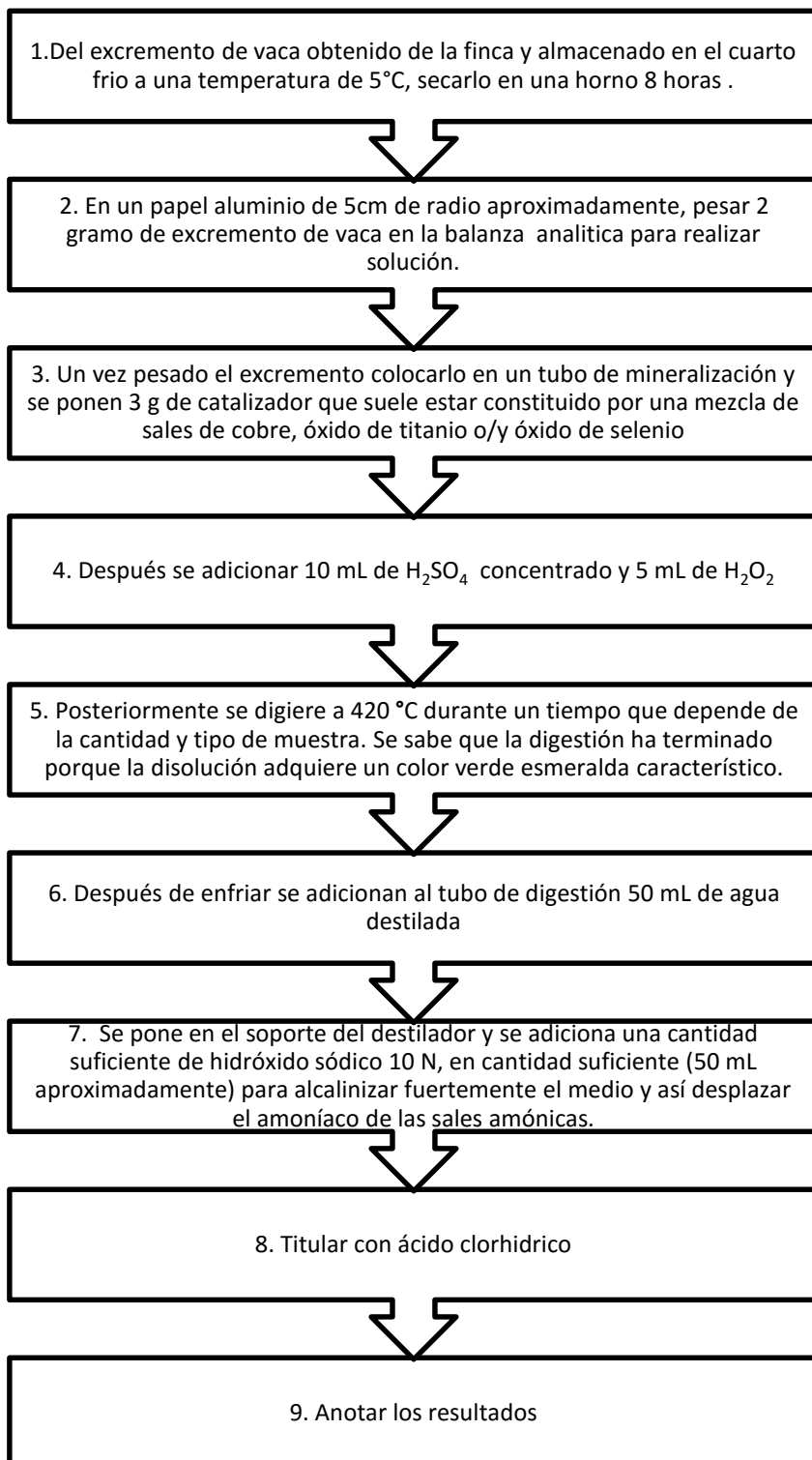
5. Densidad



6. Demanda química de oxígeno



7. Proteínas



Cada análisis se realizó 6 veces en el laboratorio y con los datos obtenidos se calculó un promedio para cada prueba realizada.

Módulo: Diseñar y planificar un prototipo de biodigestor, basándose en determinada capacidad de producción y consumo de materia prima de la Finca Don Alejandro.

La recolección de datos se inició con una visita de campo, en la cual se toma de diversos puntos para obtener la ubicación exacta del área a analizar e identificar lugares, como el área de ordeño, posible lugar para el sistema de biodigestor, ramificaciones de la tubería, etc. Luego estos puntos tomados con estación total, se guardaron e importaron a CIVIL 3D para poder tener una perspectiva gráfica de lo identificado en la Finca Don Alejandro, una vez unidos los puntos se obtiene un plano preliminar para obtener cierta información, como la distancia que existe del biodigestor a la casa de la familia Ramos y partiendo de ello, establecer una distribución idónea de la tubería para la recolección de los desechos orgánicos, basándose en las curvas de nivel del terreno.

Paralelo a ello se realizó un estudio del cual se determinó la cantidad de ganado y características del estiércol, esto para tener un conocimiento más amplio de la cantidad de materia prima que se obtendrá y así establecer la capacidad del sistema y el material idóneo basándose en las características necesarias que debe tener para su buen funcionamiento y su fácil construcción. Al identificar todos estos aspectos se realizó un plano final con la ayuda de CIVIL 3D, a escala, identificando ubicación de casa de la familia Ramos, biodigestor y ramificación de la tubería, a su vez se estableció en éste el material a usar en dicho sistema y la ruta más viable.

Básicamente dicho proyecto se orientó a la concientización de la población respecto al daño ocasionado al medio ambiente.

Módulo: Análisis del proceso de producción de biogás y compost a partir de residuos orgánicos, logística de transporte hacia los puntos de uso y gestión del proyecto.

Para realizar el módulo y alcanzar los objetivos propuestos se hicieron distintos análisis, esto con ayuda de distintas herramientas que facilitan la obtención de resultados. El uso de las herramientas está ligado al momento en que se encuentre el megaproyecto, algunas de estas herramientas que se utilizaron son las herramientas de diagrama de Gantt, diagrama de lluvia de ideas, diagrama de operaciones del proceso, diagrama PEPSU, diagrama de hitos, estudio de movimientos y micro-movimientos, entre otros.

El proceso se detalló al máximo con el diagrama de operaciones, este proceso es una propuesta ideal, el cual deberá ser comparado con el proceso real en la fase de ejecución. Esto se hace si en dado caso existiera un problema de diseño o se estuvieran realizando más pasos de los necesarios para obtener los productos deseados. Gracias al diagrama de operaciones es que se puede saber si el proceso es funcional, facilitar que los operadores sepan realizar las tareas diarias y que la calidad del producto sea ejemplar.

En cuanto a la parte de logística de transporte de biogás se utilizaron herramientas de diseño para realizar los planos requeridos y con ello planificar la distribución del gas. Además se usaron herramientas como un teodolito para realizar mediciones en el terreno, incluyendo la pendiente del mismo como los ángulos y distancias y se definieron materiales de uso adecuados para el transporte.

En cuanto a la parte de gestión, se utilizó la metodología del Project Management Institute (PMI), la entidad más sobresaliente y utilizada en cuanto a gestión de proyectos a nivel mundial. Se llevó a cabo el proyecto durante sus fases de iniciación y planeación incluyendo toda la documentación requerida en el orden necesario, de esta forma el proyecto quedó claramente estipulado y todos sus avances documentados. Además se completó la planificación de la parte de ejecución y cierre del proyecto.

Módulo: Diseño de un programa educativo para concientizar sobre el uso de los recursos orgánicos y estiércol para la producción de biogás y fertilizante orgánico en el caserío El Rodeo, Sitio Las Flores, Asunción Mita, Jutiapa

A. Investigación

Se realizó un estudio de la población a trabajar, por medio de una encuesta. Dicha encuesta proporcionó información del nivel de escolaridad de la población tanto adulta como a niños (desde los 7 años en adelante) y así mismo saber si los pobladores tienen algún tipo de conocimiento respecto al tema.

Al tomar en cuenta los resultados de esta encuesta, se inició a trabajar el tema llamado “Diseño de un programa educativo para concientizar sobre el uso de los recursos orgánicos y estiércol para la producción de biogás y fertilizante orgánico en el caserío El Rodeo, Sitio Las Flores, Asunción Mita, Jutiapa”.

En la siguiente etapa se avanzó en el trabajo escrito y en la metodología que se utiliza para el diseño del programa educativo tanto para adultos como para niños ya que ambos trabajan de manera directa o indirecta en la Finca Don Alejandro.

De acuerdo a los resultados en la encuesta, estos mostraron que la población tenía un nivel de escolaridad bajo, por lo que se utiliza material gráfico y una metodología que permite que las personas puedan experimentar, resolver, hacer sus propias hipótesis, toma como modelo el método POGIL, *Process Oriented Guided Inquiry y Learning*, el cual busca desarrollar conocimientos y habilidades en las personas. Esta metodología tiene como base el aprendizaje constructivista y cooperativo.

En la última etapa, se terminó el diseño del programa educativo. A continuación se presenta los pasos del Ciclo de Aprendizaje que se realiza con los beneficiarios del proyecto en la finca Don Alejandro.

B. Describir los pasos del componente específico que se desarrolló

Para el desarrollo del trabajo se diseñó una guía para facilitadores en el cual se proponen actividades que permitan concientizar y dar a conocer los beneficios que se obtienen en la producción de biogás y compost. Esta guía proporciona una serie de pasos para la construcción de aprendizaje por medio del método POGIL, que está basado en preguntas guiadas y un aprendizaje cooperativo donde el estudiante debe ir desarrollando las destrezas de un pensamiento crítico, estudio de casos, análisis y aplicación del método científico.

La guía cuenta con una planificación donde se detalla lo que se debe realizar en cada proceso del método POGIL, donde se encuentra material didáctico como: videos, afiches, infografías, rotafolios que ayudan al proceso de enseñanza aprendizajes

El proceso de validación se realizó a través de dos métodos:

1. De campo: consiste dar al facilitador la guía para que lo observe y realimente las mejoras el material. En este caso se entregó a varios docentes (quienes llevarán a cabo el programa educativo) la guía utilizando como instrumento una rúbrica donde se detalló aspectos de presentación, contenido y estructura.

2. De expertos: Se consultó a un experto en manuales educativos para evaluar la presentación, estructura, diseño y los componentes del manual. Para la validación se utilizó como instrumento de evaluación una escala de rango, observación y comentarios sobre los cambios que se necesitan realizar a la guía.

Como resultados se observó que ambos dieron sugerencias de cómo podía mejorar la guía en el área de procesos de evaluación tanto para el participante y/o estudiante así como la autoevaluación del facilitador, otra de las propuestas fue realizar un organigrama donde detalle a quien se entrega resultados de la campaña de concientización por medio del programa educativo

VII. RESULTADOS

Módulo: Caracterización del sustrato para la producción de metano en la finca Don Alejandro por medio de determinación de pH, porcentaje de humedad, contenido de sólidos volátiles, temperatura para determinar las características

Tabla No.18 Promedio de pH y densidad para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 1.50 ± 0.38 g obtenida el 1 de marzo de 2014, en base a una muestra de 65 kg de estiércol.

Parámetro promedio	valor
pH	8.01 ± 0.17
Densidad (g/mL)	1.49 ± 1.28

Tabla No. 19 : Promedio de humedad para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 1.39 ± 0.52 kg. Obtenida el 15 de marzo de 2014, en base a una muestra de 72.5 kg de estiércol

Parámetro promedio	valor
Humedad (%)	54.96 ± 9.63

Tabla No. 20 Promedio de porcentaje de sólidos totales, cenizas y sólidos volátiles para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 3.39 ± 1.37 g obtenida el 29 de marzo del 2014, en base a una muestra de 84.5 kg de estiércol.

Parámetro promedio	valor
Cenizas (%)	54.81 ± 29.39
Sólidos totales (%)	21.55 ± 6.83
Sólidos volátiles (%)	57.66 ± 34.78

Tabla No. 21: Promedio de sólidos totales, cenizas y sólidos volátiles para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 3.39 ± 1.37 g obtenida el 29 de marzo del 2014, en base a una muestra de 84.5 kg de estiércol.

Parámetro promedio	Valor
Cenizas (g)	1.40 ± 2.96
Sólidos totales (g)	0.78 ± 0.29
Sólidos volátiles (g)	2.35 ± 2.84

Tabla No. 22: Temperatura del estiércol en época de verano medida en la Finca Don Alejandro, visita realiza el 21 de marzo del 2014.

Temperatura promedio (°C)	33.1 ± 1.7
---------------------------	----------------

Tabla No. 23: Promedio de porcentaje de nitrógeno y proteínas para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 73.45 ± 0.01 g obtenida el 19 de agosto del 2014, en base a una muestra de 1256.3 kg de estiércol.

Parámetro promedio	Valor
Nitrógeno (%)	$1.63 \pm 3.37E-03$
Proteína (%)	10.18 ± 0.02

Tabla No.24: Promedio de contenido de nitrógeno y proteínas para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 73.45 ± 0.01 g obtenida el 19 de agosto del 2014, en base a una muestra de 1256.3 kg de estiércol

Parámetro promedio	Valor
Nitrógeno (g)	0.0163 ± 0.0034
Proteína (g)	0.1018 ± 0.0210

Tabla No. 25: Comparación de parámetros obtenidos de la caracterización realizada experimental con la caracterización teórica para muestra de estiércol de vaca.

parámetro promedio	valor experimental	valor teórico
Cenizas (%)	54.81 ± 29.39	54.81 ± 29.39
Sólidos totales (%)	21.55 ± 6.83	18.24 ± 0.54
Sólidos volátiles (%)	57.66 ± 34.78	83.37 ± 0.49
Nitrógeno (%)	1.63 ± 3.37E-03	1.82 ± 0.09
Humedad (%)	54.96 ± 9.63	54.96 ± 9.63
pH	8.01 ± 0.17	6.37 ± 0.91

Tabla No.26: Demanda química de oxígeno y potencial de metano para el estiércol obtenido en época de verano. Muestra de 1g de estiércol, disuelta en 39 g de agua, del 9 de mayo de 2014.

Potencial de metano (kg de metano/g de estiércol)	0.1960 ± 0.0018
Demanda química de oxígeno (mg DQO/L)	2367.5 ± 0.764

Gráfica No. 2 Curva de calibración utilizada para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno del estiércol de vaca. Esto se llevó a cabo a 600 nm.

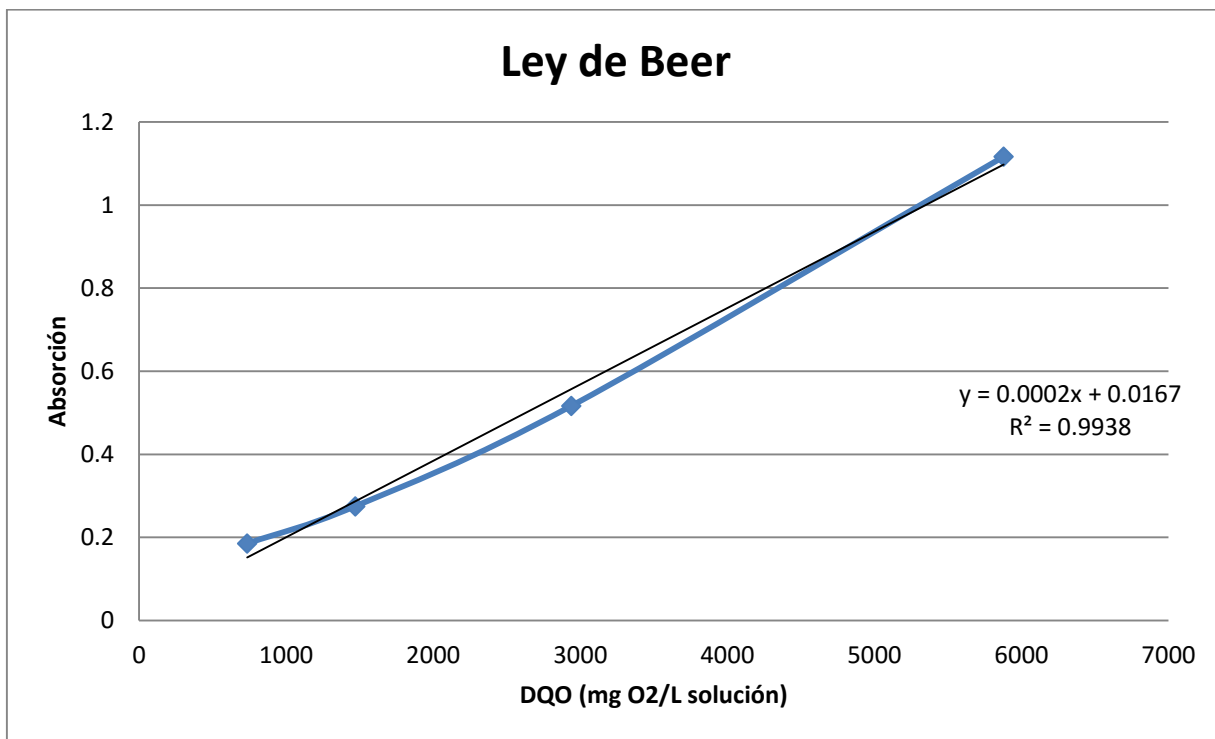





Tabla No.27: Parámetros para proporcionar a los usuarios una guía visual de las características del estiércol

Parámetro			
pH		color	Agregar
	5	naranja	1 tasa de cal
	6	amarillo	media tasa de cal
	7	verde amarillo	no agregarle nada
	8	verde claro	1 tapadera de ácido muriático
	9	verde oscuro	2 tapaderas de ácido muriático
humedad	textura	foto	cantidad de agua
	estiércol fresco		80 L de agua
	estiércol consistente, desmoronable		132 L de agua
	estiércol fragmentable		180 L de agua
temperatura	°C	días de retención	
	20	40	
	25	35	
	30	31	
	35	30	
	40	26	

Módulo: Diseñar y planificar un prototipo de Biodigestor, basándose en determinada capacidad de producción y consumo de materia prima de la Finca Don Alejandro.

A. DISEÑO DE BIODIGESTOR

Material a usar

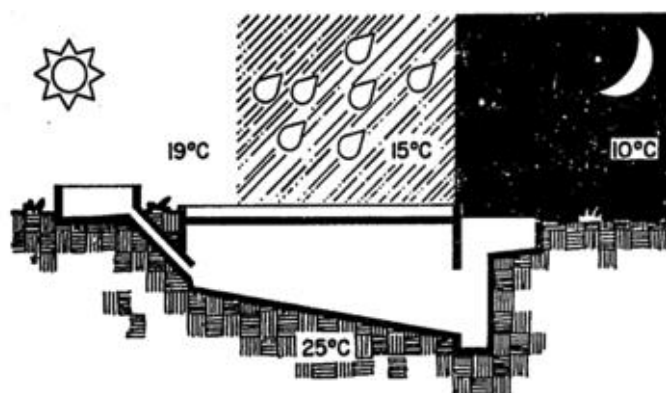
La selección de los materiales para construir dicho sistema son de gran importancia por lo que se debe cumplir con ciertos requerimientos:

- Resistencia a los esfuerzo de origen mecánico y térmico.
- Resistencia a ataques químicos.
- Facilidad de ser moldeado y construirlo localmente.
- Disponibilidad de área, el cual puede variar por región.
- Compatibilidad ambiental.

Para construir un sistema de biogás, se debe de considerar: las condiciones de la agricultura específicas del lugar, en este caso de la finca Don Alejandro, ubicada en Asunción Mita, Jutiapa, a su vez considerar los aspectos sociales y económicos. Por otro lado la potencia del generador del biogás, debe ser calculada respecto a la producción de biomasa comparada con la demanda de energía.

La cámara de digestión o fermentación: es hecha de concreto en este caso, pero también puede ser de acero. Debido a que la temperatura interna, debe ser constante, es por ello que construcción es bajo tierra y de esta manera se aprovechan las propiedades aislantes de la tierra.

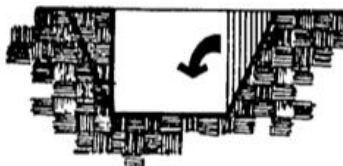
Ilustración No. 15 Tierra como medio aislante



(Manual de ICAITI)

En cuanto a la parte estructural, si este se construye bajo tierra, debe tomarse en cuenta el empuje del suelo sobre las paredes, ya que en este caso sería el máximo; por lo que se construye de forma trapezoidal de manera que dicha inclinación reduce el empuje, las paredes pueden ser más livianas.

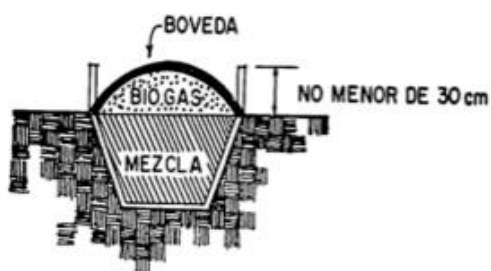
Ilustración No.16 Detalle de muros



(Manual de ICAITI)

El biogás acumulado en la parte superior del digestor, debe encapsularse y así evitar que se escape a la atmósfera; por lo que los materiales con los que se construirá la cubierta tiene que cumplir con propiedades de rigidez, anti corrosivo y evitar existencias de fugas; un material idóneo para cumplir con estas condiciones es el concreto. Ésta tendrá forma de techo a dos aguas, su altura no puede ser menor de 30 cm.

Ilustración No. 17 Detalle de cubierta



(Manual de ICAITI)

1. Producción de biocombustible. Para establecer la cantidad de biogás necesaria, se debe definir el consumo de biogás para un tiempo de cocimiento, debido a que este es el más crítico y a su vez es lo que en áreas rurales se emplea más; se asume un consumo de 600 litros de biogás por hora de funcionamiento de una hornilla, capaz de mantener una temperatura adecuada, para preparar tortillas de maíz en un comal, esto se detalla en la demanda de biogás.

2. Productividad diaria de un biodigestor. Se consideró que por cada metro cúbico de capacidad del digestor, se produciría un tercio de metro cúbico de biogás por día. Si la temperatura del biodigestor se encuentra en un rango de 28°C a 30°C, la productividad será en un intervalo de 0.25 y 0.50.

Donde:

P: es la productividad.

Vb: el volumen de biogás producido por el digestor en el día.

Vn: es el volumen neto del digestor.

Entonces:

Ecuación No. 3: Productividad diaria de un biodigestor

$$P = \frac{Vb}{Vn} = \frac{1}{3}$$

Luego se despejó para volumen neto del digestor Vn, dando:

Ecuación No. 4: Productividad diaria de un biodigestor

$$Vn = 3Vb$$

En el caso que se conozca la demanda diaria de biogás, puede obtenerse directamente el volumen neto del digestor de la Ecuación No.5 descrita anteriormente.

3. Recolección de sustrato. La zona de recolección de estiércol debe estar delimitada, tener un piso limpio y firme; con el fin de evitar el acarreo de materia inerte como rocas, tierra o algún agente que afecte el funcionamiento de la planta. Para ello se requiere que esta zona sea empedrada o de concreto y que se encuentre cerca del corral o establo de ordeño.

Ilustración No. 18: Zona de recolección de estiércol



(Finca Don Alejandro)

Para establecer la cantidad de biogás necesaria para ciertas condiciones en base al consumo se puede usar los siguientes valores:

Tabla No. 28: Consumo de biogás por preparación de tipos de alimento

Litros de biogás	Tipo de alimento
135	Cocer 1 libra de maíz.
160	Hacer tortillas de 1 libra de maíz.
500	Cocer 1 libra de frijol.
100	Freír 1 libra de frijol.
125	Hervir 1 litro de café.
8	Cocer 1 huevo de gallina
50	Freír 1 plátano
200	Cocer 1 litro de sopa de verduras

Tabla No. 29: Consumo por tiempo de cocimiento

Litros de biogás	Tipo de uso
100	Por cada 25 W por hora (iluminación)
500	Por cada caballo de fuerza, por hora, en motores estacionarios de gasolina.

Tabla No. 30: Otros usos

Litros de biogás	Tipo de cocimiento
600	Por 1 hora de funcionamiento de un quemador capaz de mantener una temperatura adecuada para preparar tortillas de maíz, en un comal de hierro de 50 centímetros de diámetro.
300	Por 1 hora de funcionamiento de un quemador capaz de mantener una temperatura adecuada en un recipiente de 5 litros.

En este caso se encuentra subrayado los 600 litros de biogás ya que esta es la demanda que se requiere para abastecer el proyecto, a su vez es la mas crítica y en áreas rurales tiende a prepararse tortillas de maíz.

B. Opciones de distintos tamaños de biodigestor

Para este proyecto se requiere de un digestor el cual proporcione suficiente biogás, para cocinar durante 4 horas diarias en un quemador grande, contando con 20 vacas para producir materia fecal. A este biodigestor se denominará Tipo B, esto es debido a que luego se presentara varias tablas en las cuales se nombraron cuatro tipos de digestores dependiendo al número de animal vacuno que posea cada familia.

Tabla No. 31: Tipos de biodigestor dependiendo el número de vacas que se posea

Tipo	No. vacas	Cant. estiércol lb/día	kg/día
A	5	75	34
B	20	300	136
C	50	750	341
D	100	1500	682

Para ello se asumió que como mínimo al día se recolectaba tres cumulos de estiércol por vaca,

cada una pesando un promedio de 5 lb. Estas siendo recolectadas una al momento en que las vacas eran ordeñadas y las otras dos durante la noche, cuando se encontraban en el establo.

La razón de tomar un promedio de 5lb por cada vez que las vacas defecan, es debido a que estas fueron pesadas en campo, a continuación su procedimiento:

- Se inicia con la recolección de estiércol al momento de ser ordeñadas.

Ilustración No.19: Defecación de estiércol



(Finca Don Alejandro)

Ilustración No 20: Recolección de estiércol



(Finca Don Alejandro)

Ilustración No.21: Medición de estiércol, usando una balanza de reloj





(Finca Don Alejandro)

Estas mediciones se realizaron varias veces, dando así un promedio de 5lb.

Por otro lado la masa del estiércol depende de lo que los animales ingieren, es por ello que se realiza una comparación en base lo que consumen:

Tabla No. 32: Comparación entre clases de forraje y sus beneficios

Forraje seco	Forraje verde
<ul style="list-style-type: none"> • Por exposiciones al aire pierde agua. • Digestión lenta de los animales. • Menor producción de materia fecal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se caracteriza por elevado contenido de agua. • Fácil de digerir de los animales. • Mayor producción de materia fecal. 

Por lo tanto debido a su fácil digestión es mejor el forraje verde, ya que si es forraje seco este tiende a provocar una digestión mas lenta, provocando así menor cantidad de materia orgánica.

Con base en lo establecido anteriormente se realizó una gráfica de la producción de estiércol dependiendo de la cantidad de animales:

Gráfica No. 3 Relación cantidad de vacas vs. volumen de estiércol

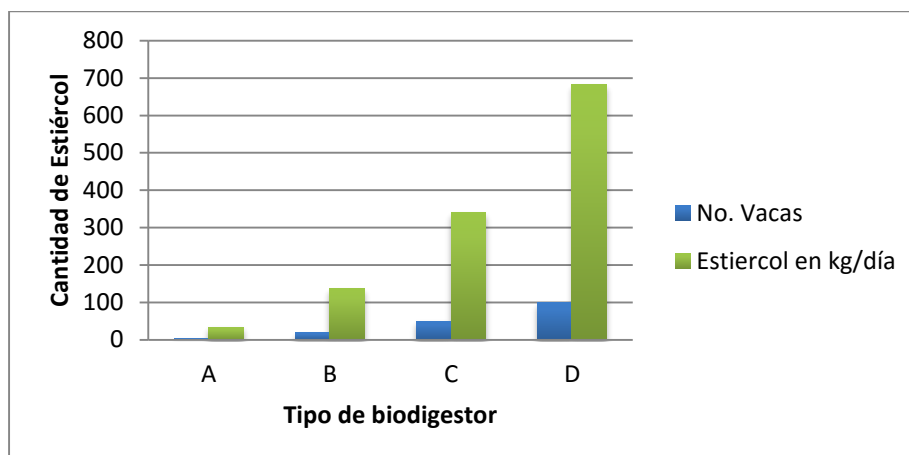


Tabla No.33: Demanda de biogás

Tipo	Demanda de biogás (L/día)	Vb (m ³)	Vn (m ³)	Vc (L/día)	Vcc (l)	Vcd1 (m ³)	Ve (kg/día)	Va (L/día)
A	150	0.7	2	66	73	0.2	33	33
B	600	2.6	8	264	290	0.9	132	132
C	1500	6.6	20	660	726	2.2	330	330
D	3000	13.2	40	1320	1452	4.4	660	660

Tabla No.34: Dimensiones del biodigestor dependiendo su tipo

Tipo	Dimensiones del digestor			Dimensiones de la cámara de carga				Dimensiones de pileta		
	a (m)	L (m)	h (m)	lc (m)	p	m	ϕ (in)	ap	hp	lp
A	1.2	3.5	0.58	0.43	0.4	0.02	6	1.2	0.5	0.4
B	1.8	5.5	0.92	0.85	0.4	0.02	6	1.8	0.5	1.0
C	2.5	7.5	1.25	1.35	0.4	0.02	6	2.5	0.5	1.8
D	3.1	9.4	1.57	1.91	0.4	0.02	6	3.1	0.5	2.8

C. Período de retención

Es el tiempo que permanece la mezcla dentro del digestor desde su carga hasta el día de su descarga. Para ello se debe tener en cuenta ciertos parámetros como temperatura del ambiente, tipo de sustrato y el volumen de la materia prima diaria que obtiene el digestor.

Si la temperatura es cerca de 30°C, en la costa, el periodo a usarse es corto, en el que varía de 15 a 30 días, siempre que se tenga suficiente materia prima para el abastecimiento del digestor. Siendo la temperatura ambiente de 20°C, en el altiplano, se recomienda un periodo más largo de 30 a 60 días. Por lo que en el proyecto se usará un periodo de retención de 15 a 30 días.

D. Recolección del gas

El gas acumulado en la parte superior del digestor se recolecta por medio de una tubería instalada en la cubierta. El entorno de esta salida es importante ya que en este punto pueden surgir fugas de gas; por lo que se construye un techo de dos aguas con un grado de inclinación del 10%, con el fin de facilitar su construcción y semejanza a un arco, sobre el eje central de la cubierta del digestor, el cual en su parte superior se conecta la tubería, por lo que la protuberancia debe estar a un tercio de la longitud del digestor, medido del extremo de descarga.

El fin de la protuberancia es evitar el peligro de que la espuma que contenga el digestor, al momento de estar lleno hasta su máximo nivel, obstruya la tubería de recolección. Esta debe tener un largo de 50 cm y una altura de 20 cm.

El sistema de la cubierta es un medio de almacenamiento interno del gas, ya que el nivel depende de la presión del gas así como del volumen del líquido que se posea; cuanto más alto sea la presión, el nivel en las cámaras de carga y de descarga subirá más. Esto con el fin de que un

almacenamiento externo representa un costo elevado y adicional, el cual resulta problemático por su constante desgaste o fuga de gas.

Por el contrario dicho sistema posee ciertas desventajas las cuales dificulta el control del biogás, ya que posee presión variable. Esto se debe por diversas razones una de ellas es en el caso que llegará a aumentar el nivel de líquido, este obstruye por completo el paso de gas, por lo que para evitar esto se hace funcionar a una fracción de su capacidad pero reduciendo la producción de gas. Por lo que se hace necesaria una labor adicional de descargar manualmente cierto volumen del líquido para mantener el nivel deseado para su buena ejecución.

E. Distribución de tubería

El sistema de gas, consta de una ramificación de tuberías por donde sale el gas del Biodigestor para luego ser quemado. El biogás es conducido por una manguera, en este caso se usará una manguera de PVC con refuerzo textil de 20 milímetros donde se conecta al tubo de salida que se instala en el digestor.

Usualmente el gas que sale del digestor posee cierto porcentaje de humedad; por lo que al conducir una tubería hacia el exterior del digestor, esta pasa a una menor temperatura, por lo que el agua se condensa. Para evitar que la condensación obstruya el flujo libre de biogás en alguna parte en la línea de conducción, se debe colocar una manguera o la tubería con inclinación hacia el digestor, para que el agua fluya de regreso. Para el transporte del gas se usa una manguera de PVC con refuerzo textil de 3/4", es suficiente para la mayoría de las instalaciones, en este caso se usará manguera tipo PVC, ya que la tubería galvanizada por su alto costo es poco empleada; en el caso de la manguera PVC su único cuidado es el proteger dicha tubería contra el sol, en el caso que sea colocado vía aérea y en el caso que sea subterránea, debe ser protegida por cargas u obstrucciones.

Para ello se recomienda lo siguiente:

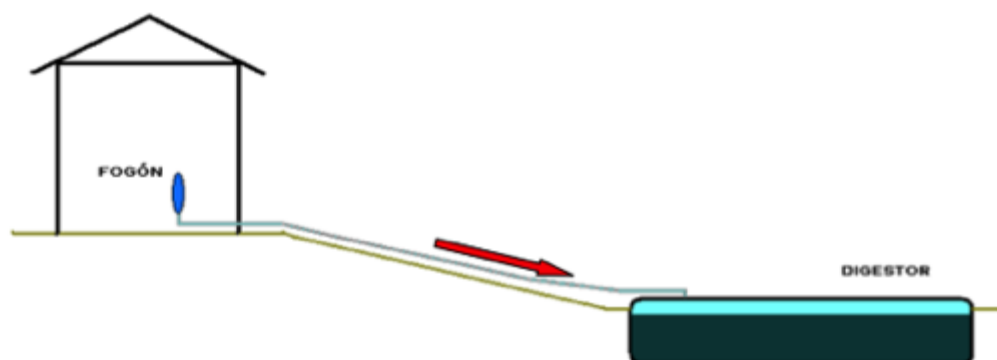
- Minimizar la cantidad de tubería a lo largo de su instalación.
- Instalar válvulas de seguridad.
- Colocar la tubería con cierta pendiente o bien en puntos bajos de esta colocar una trampa de agua.

Las válvulas de seguridad evitan el incremento de presión en el sistema, ya que estos deformarían o explotarían la tubería del digestor. Por lo que debe de existir un escape a la atmósfera

cuando la presión del digestor llega a un límite y evitar de esta manera una explosión del digestor o de la hornilla. (Icaiti,1984)

Por otro lado en el caso que se posea puntos bajos de nivel de terreno, se debe hacer uso de una trampa de agua, el cual es un mecanismo que permite la evacuación del agua sin permitir el paso de gas al exterior. Esto surge debido a la saturación de vapor de agua en las tuberías, que se da por el calor de los rayos del sol; ya que al salir del digestor el vapor se condensa en agua. Es por ello que se requiere de cierta pendiente para evitar la acumulación del agua y evitar la obstrucción al paso del biogás, para que esta recorra hasta la trampa de agua donde saldrá. Si el nivel del lugar de abastecimiento se encuentra en un punto más alto al del digestor y la tubería posee cierta pendiente, no existe la necesidad de una trampa de agua como será representado a continuación en las siguientes imágenes.

Ilustración No. 22: Tubería ascendente. Donde el agua condensada vuelve al digestor (no se requiere de una trampa de agua)



(Manual de instalación de un biodigestor)

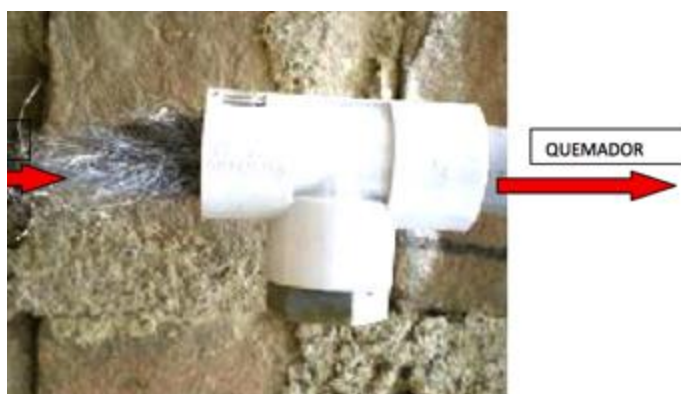
Ilustración No.23: Trampa de agua en punto bajo de la tubería



(Manual de instalación de un biodigestor)

Accesorio de seguridad, arrestador de llamas, evita el riesgo que la llama regrese del quemador a la hornilla. Consiste en hilos de metal inoxidable colocados en el interior de la tubería, con el fin que al momento que la llama regrese y pase por los hilos metálicos esta se enfríe e inmediatamente se apague.

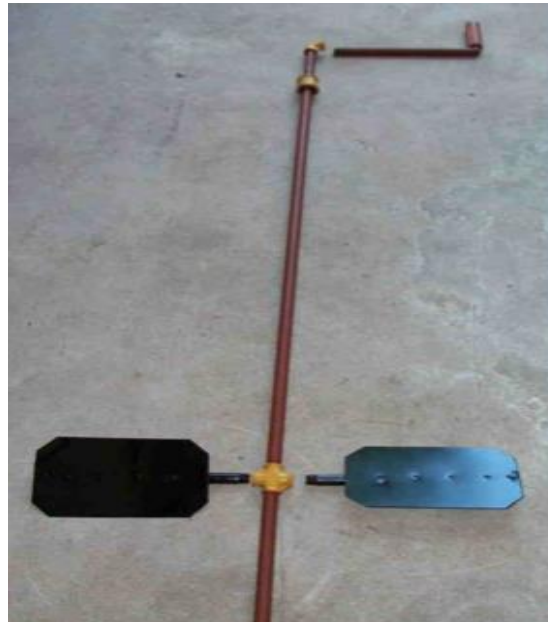
Ilustración No.24: Válvula Arrestador de llamas



(Manual de instalación de un biodigestor)

Este accesorio es de suma importancia para el reactor, pues permite una homogeneidad entre la materia prima a degradar y las bacterias que se encuentran en el biodigestor. Por otro lado este mecanismo cuenta con un par de aspas giratorias impidiendo que se formen revestimientos en la fase de líquido a gas y evita que se rompa el equilibrio asociante entre las bacterias.

Ilustración No.25: Agitador mecánico



F. Parámetros para construcción de biodigestor

1. Chapeo: luego de ubicar un lugar conveniente para la construcción del digestor, se coloca un cerco a un metro de distancia del borde del biodigestor. A su vez se debe remover la capa vegetal que haya, así como rocas, basura o cualquier material que no sea útil y dejando la zona limpia y cercada.

2. Trazos: se realiza un trazo sobre el suelo, colocando puentes que queden situados a un metro de distancia de los bordes de la construcción. Cada puente debe estar situado a un mismo nivel, ya que sirven de referencia para las profundidades de la construcción.

3. Excavación del digestor: se recomienda realizarla completa, asegurándose que la excavación tanto en el piso como en sus paredes quede firme. La excavación posee cierta inclinación del centro hacia el contorno, llegando a la profundidad mínima, luego se termina la excavación recortando el pie del biodigestor con una pendiente del 10%, hacia el extremo de descarga.

4. Construcción del piso: para ello se coloca un refuerzo de malla electrosoldada 6x6 calibre 2/2, sujeta con tacos de una altura de 2.5 cms por 2 in de diámetro, colocando 4 tacos de concreto por 1 m², dejando 0.10 m para el espesor del piso, el cual será fundido con un concreto fc' 3000 psi.

El piso debe poseer un acabado lo mas fino posible, de preferencia realizar un alisado el cual le brindara propiedades permeables al piso y un mayor deslizamiento al efluente, esto se logra con una plancha metálica.

En caso no se tenga la posibilidad de fundir con savieta pre mezclado, se debe hacer una mezcla de 7 sacos de cemento y 1 m³ de arena de rio, cada una de estas proporciones por un m³. Lo cual es equivalente a 15 carretadas de arena de río o 45 cubetas de 5 gal.

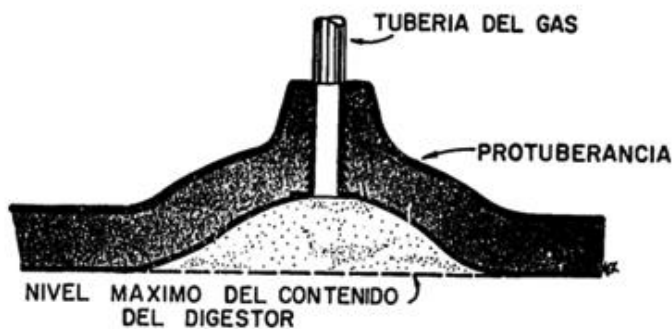
5. Fundición de paredes: estas se construyen con las mismas características que el piso, por lo que dada la inclinación del piso, se debe colocar arrastres dejando un espesor de 0.10 m entre la malla electrosoldada y el talud; fundiéndolo de la misma manera que el piso.

6. Acabado de las paredes y del piso: una vez finalizada la fundición debe aplicarse un alisado, haciendo uso de una plancha metálica.

7. Tubería de gas: esta debe de estar conectada a 1/3 de la longitud del digestor, medido del extremo de la cámara de descarga, sobre el techo a dos aguas. Esta posee una protuberancia de 50 cm de largo por 20 cm de alto. La cual se puede formar con la misma malla electrosoldada calibre 3/3, dejando el espacio para el tubo de 3/4" de HG que debe de ser de 40 cm de alto.

Dicho tubo debe poseer rosca para poder ser conectado a un adaptador de hg, conectando así una manguera de PVC con refuerzo textil de 3/4" la cual por sus paredes recubiertas por textil permite transportar altas temperaturas. Esta tubería debe ser transportada subterránea por lo que debe de incluirse un codo a 45° para transportarlo hacia la tierra y que este quede subterráneo a 0.50 metros de profundidad del nivel del suelo.

Ilustración No.26: Protuberancia para conexión de tubería



(Manual ICAITI (1983))

8. Formaleta de la cubierta: se usaran tablas de tiro de 10 ft, a lo largo del digestor formando un techo a dos aguas con una pendiente del 10%, asegurándola con clavos de 4 in y alambre. Esta fundición se realiza un día después de la fundición del digestor, teniendo en cuenta que el espesor de la cortina será de 10 cm, por lo que nuevamente pueden ser colocados cuatro tacos de 2" a cada m².

9. Armadura de refuerzo de la cubierta: se usará malla electrosoldada 6x6 calibre 3/3. Para la correcta colocación de acero de refuerzo se utilizará tacos de 2 in de diámetro por 2.5 cm de espesor, esto para obtener un espesor final de 10 cm de cortina. Para ello al igual que para el piso deben de ser colocadas escuadras como parte del refuerzo, usando siempre varillas de 3/8 in G.40 a cada 30 cm, como ya es indicado en planos.

10. Detalles finales: una vez finalizada la construcción, se debe esperar 15 días para remover la formaleta de la cubierta.

11. Agitador mecánico: se elaborara un agitador metálico con tubo hg de 1/2" y conexiones del mismo tipo para su durabilidad. Es importante el soldar el tubo con los accesorios para asegurar que estos no se destraben y darle la forma como se indica en los planos.

En cuanto a las paletas con la ayuda de una "T" colocar 2 tubos enlazados a ésta, a los cuales se les ensamblara dos paletas reforzadas con un cordón de soldadura.

G. Mantenimiento del digestor

Debido a que es inevitable el ingreso de materia inerte al digestor con cada carga y el remover

la materia inerte es un trabajo que representa interrumpir dicha operación, ocasionando así problemas. Es recomendable que el piso del digestor posea cierto grado de inclinación, ya que de esta manera los materiales se desplazan hacia el extremo de salida de donde se remueven mecánicamente toda la materia inerte, en pequeñas cantidades y cada cierto tiempo. (ICAITI, 1983)

El proyecto de Digestores para Biogás, realizado por ICAITI, hace mención que la limpieza del digestor, mediante vaciado total con el fin de remover sedimentos es realizado en un 5% de los digestores en un intervalo de cada año y en un 90% en un promedio de 3 a 4 años o lo mas conveniente 2 veces al año.

a. Importancia de la primera carga. Para realizar la primera carga debe de acumularse materia orgánica de varios días, la cual debe de conservarse fresca. Si un animal se encuentra enfermo o bajo algún tratamiento con medicamento, no puede usarse el estiércol, ya que esta alteraría a las bacterias que median en la fermentación. Este proceso debe realizarse a determinada hora todos los días ya que de esta manera las bacterias se habitúan a un proceso de fermentación.

Luego se procede a ingresar el estiércol a la cámara de carga, donde antes de verter la carga se tapan ambos tubos, para evitar el paso de la materia. se inicia a cargar la misma cantidad de estiércol, como la misma cantidad de agua; si el digestor o reactor es en este caso para el Tipo B de 15 m³ y el período de retención es de 30 días, se agrega 53 cubetas de estiércol y 53 cubetas de agua. La cual se deja reposar por unos minutos para luego ser retirados los tapones.

Módulo: Analizar el costo de la inversión de la construcción de un biodigestor en Finca Don Alejandro, Asunción Mita, tomando en cuenta todos los materiales y la mano de obra requerida para dicha construcción, además del beneficio que se obtendrá.

A. Análisis financiero

Dicho análisis se basa en el tiempo total empleado para cargar y descargar del biodigestor en este caso el Tipo B, de 8 m³. En la cual la mayor parte que consume tiempo es la recolección de materia fecal, que es un aproximado de 4 horas-hombre/día. Los agricultores usan el estiércol para abonar la tierra, lo cual de igual manera debe ser recolectado y esparcido, pero este no debe ser recolectado a primera hora, tiene que estar seco para su fácil manejo.

La inversión inicial para la construcción de este biodigestor es mínima si se compara a la gran producción de biogás que se obtendrá pues en realidad este sería capaz de abastecer hasta 4 casas de un modo simultaneo por lo que si se divide esta inversión en la cantidad de casas se pueden alcanzar un beneficio. A continuación se detalla los gastos que la construcción y los materiales generaría.

Tabla No.35: Costo de Inversión del biodigestor

Inversión Inicial				
ítem	Material	Cantidad	Precio U	Total
1	Malla electrosoldada 6x6 calibre 4.5/4.5	4	Q298.00	Q1,192.00
2	Malla electrosoldada 6x6 calibre 3/3	2	Q370.00	Q740.00
3	Acero corrugado G.60 de 3/8 x 6	26	Q27.95	Q726.73
4	Arena de rio cernida	6	Q150.00	Q720.00
5	Cemento UGC	39	Q72.00	Q2,808.00
6	Concreteira	1	Q350.00	Q350.00
7	Alambre de amarre	10	Q6.00	Q60.00
8	Tabla de tiro de 10 ft	4	Q45.10	Q180.40
9	Manguera de PVC con textil de ¾ in de 25m	1	Q325.00	Q325.00
10	Tubo HG de ¾ in de 40 cm	1	Q140.00	Q140.00
11	Adaptador de Hg a PVC	1	Q15.00	Q15.00
12	Codo 45 grados PVC de ½ in	1	Q3.00	Q3.00
13	Codo Hg de ½ in	4	Q9.00	Q36.00
14	Tee de Hg de ½ in	1	Q15.00	Q15.00
15	Platinas de 20 cm x30 cm x1/2 in	2	Q50.00	Q100.00
Personal				
12	*Albañiles	2	Q1,350.00	Q2,700.00
13	*Ayudantes	2	Q1,125.00	Q2,250.00
14	**Herramientas adicionales	1	Q742.50	Q742.50
				Q13,103.63

Para ello se asumió que el ejecutar la obra seria en un aproximado de 15 días, por el salario mínimo del albañil y el ayudante en el área rural, es de Q.90.00 y Q.75.00 respectivamente. Para el ítem de herramientas adicionales, fue tomado del 5% de la mano de obra.

Por otro lado como parte de implementar un biodigestor es el saber si este es viable o no; por lo que se tomará en cuenta ingresos ficticios y egresos, los cuales se presentaran en la siguiente tabla; dando así precios estimados en el mercado.

Tabla No.36: Análisis de Viabilidad

INGRESOS (AHORROS ECONÓMICOS)		
Ítem	Descripción	Ingreso o Ahorro (Q) Mensual
1	Gas para cocinar	Q 500.00
2	Fertilizante	Q 600.00
3	Leña rajada	Q 250.00
	TOTAL	Q 1,350.00

El costo de operación incluye carga, descarga diaria y el mantenimiento. Todo lo que respecta a egresos, es un costo mensual, ya que por el tipo de Biodigestor no necesita de mayor mantenimiento; mas que el tener cuidado de no colocar un sobre peso en el digestor, introducir artefactos que puedan obstruir el paso de efluente o bien algún daño provocado en la tubería, la cual provoque un cambio en la instalación de la tubería.

Una tarea de leña representa aproximadamente 380 leños rajados, ya que al comprarlos rajados estos duran mas tiempo.

Para la saber en cuanto tiempo se recuperar la inversión inicial se asumió lo siguiente:

- Una tasa de interés de 5% anual (tasa de interés en cuenta de ahorro bancaria en el Banco Banrural, por lo que este puede variar).
- Una tasa de interés del 3% anual (inflación mundial).

Caso A. Haciendo uso de leña, fertilizante y gas lo cual no es común en Guatemala, la inversión inicial se recuperaría en 13 meses (1 año, 1 mes).

Tabla No.37: Flujo de Caja para el caso A

CASO A		
Mes	Costo de inversión	Beneficios
0	Q13,103.63	
1	Q13,158.67	Q1,065.00
2	Q13,213.93	Q1,067.66
3	Q13,269.43	Q1,070.33
4	Q13,325.16	Q1,073.01
5	Q13,381.13	Q1,075.69
6	Q13,437.33	Q1,078.38
7	Q13,493.76	Q1,081.08
8	Q13,550.44	Q1,083.78
9	Q13,607.35	Q1,086.49
10	Q13,664.50	Q1,089.20
11	Q13,721.89	Q1,091.93
12	Q13,779.52	Q1,094.66
13	Q13,837.40	Q1,097.39
		Q14,054.59

Caso B. Uso de gas propano y fertilizante, teniendo un costo de ahorro al mes de Q.785,00, la recuperación de la inversión inicial será en 18 meses (1 año, 6 meses).

Tabla No. 38: Flujo de Caja para el caso B

CASO B		
Mes	Costo de inversión	Beneficios
0	Q13,103.63	
1	Q13,158.67	Q785.00
2	Q13,213.93	Q786.96
3	Q13,269.43	Q788.93
4	Q13,325.16	Q790.90
5	Q13,381.13	Q792.88
6	Q13,437.33	Q794.86
7	Q13,493.76	Q796.85
8	Q13,550.44	Q798.84
9	Q13,607.35	Q800.84
10	Q13,664.50	Q802.84
11	Q13,721.89	Q804.85
12	Q13,779.52	Q806.86
13	Q13,837.40	Q808.88
14	Q13,895.52	Q810.90
15	Q13,953.88	Q812.93
16	Q14,012.48	Q814.96
17	Q14,071.34	Q817.00
18	Q14,130.43	Q819.04
		Q14,434.30

Caso C. Haciendo uso de leña y fertilizante, teniendo este un total de ahorro de Q.505,00 al mes, la recuperación se dará en 29 meses, (2 años, 5 meses).

Tabla No. 39: Flujo de Caja para el caso C

CASO C		
Mes	Costo de inversión	Beneficios
0	Q13,103.63	
1	Q13,158.67	Q505.00
2	Q13,213.93	Q506.26
3	Q13,269.43	Q507.53
4	Q13,325.16	Q508.80
5	Q13,381.13	Q510.07
6	Q13,437.33	Q511.34
7	Q13,493.76	Q512.62
8	Q13,550.44	Q513.90
9	Q13,607.35	Q515.19
10	Q13,664.50	Q516.48
11	Q13,721.89	Q517.77
12	Q13,779.52	Q519.06
13	Q13,837.40	Q520.36
14	Q13,895.52	Q521.66
15	Q13,953.88	Q522.97
16	Q14,012.48	Q524.27
17	Q14,071.34	Q525.58
18	Q14,130.43	Q526.90
19	Q14,189.78	Q528.21
20	Q14,249.38	Q529.53
21	Q14,309.23	Q530.86
22	Q14,369.33	Q532.19
23	Q14,429.68	Q533.52
24	Q14,490.28	Q534.85
25	Q14,551.14	Q536.19
26	Q14,612.26	Q537.53
27	Q14,673.63	Q538.87
28	Q14,735.26	Q540.22
29	Q14,797.14	Q541.57
		Q15,169.30

Aunque la inversión inicial es fuerte, la recuperación se da en un tiempo relativamente corto, por lo tanto se concluye que este es viable.

Tabla No.40: Cuadro comparativo Gas Metano vs. Gas Propano

Comparación entre	
Gas metano	Gas propano
<ul style="list-style-type: none"> • Calorífico: su poder calorífico es de 39,900 kJ/kg equivalente a 17,153.91 Btu/lb. • Nivel de daño: no es tóxico, es altamente inflamable y puede crear explosiones al mezclarse con el aire. • Costo: Q 4.00 por 1 lb 	<ul style="list-style-type: none"> • Calorífico: su poder calorífico es de 46,350 kJ/kg equivalente a 19,926.91 Btu/lb. • Nivel de daño: es asfixiante • Costo: Q.5.6 por 1 lb

Por lo que al realizar un análisis entre la inversión inicial y el análisis de viabilidad se puede obtener un periodo de retorno de inversión.

Tabla No. 41: Cuadro comparativo biodigestor de mampostería vrs. biodigestor de polietileno

Comparación entre	
Biodigestor de mampostería	Biodigestor de olietileno
<ul style="list-style-type: none"> • Presión de operación mínima. • Su vida útil es de 20 años, sin poseer un mantenimiento tan específico. • Posee agitación mecánica • Costo aproximado: Q.13,000.00 - 15,000.00 	<ul style="list-style-type: none"> • Se llena con Biomasa en fermentación, a una presión de operación baja, pero constante, esta no puede exceder la presión de trabajo. • Su vida útil es de 5 años, si se le da el mantenimiento requerido. • No posee ningún tipo de agitación mecánica. • Costo aproximado: Q.5,000.00 - 6,000.00

B. Análisis ambiental

Haciendo enfoque en el ambiente y orientado en la recuperación de residuos, es de suma importancia y conveniencia el implementar un biodigestor, ya que por su digestión anaerobia tiene como resultado la producción de energía y productos alternos como el bioabono, el cual puede ser aprovechado en los cultivos y en las tierras que se posean.

El fertilizante orgánico o mas conocido como bioabono minimiza la contaminación ambiental, a su vez estos nutrientes son absorbidos por las plantas de manera lenta. Este se puede presentar de manera líquida, el cual posee un alto volumen con poco contenido de nutrientes, su transporte y almacenamiento es difícil; cuando es presentado de manera seca también posee un alto volumen con un mayor contenido de nutrientes.

Por otro lado esta energía es de tipo renovable, ya que el recurso es:

1. Inagotable: ya que se produce de manera continua, disminuyendo impactos dañinos al ambiente, como lo producen los combustibles tradicionales. Por el contrario esta no es realmente inagotable ya que su uso puede hacerse en casos limitados.

2. Es menos contaminante: todas las fuentes de energía producen un grado de impacto ambiental aunque sea mínimo, en este caso este produce contaminación durante la quema por emisión de dióxido de carbono, que puede ser absorbida por el crecimiento de las plantas. Pero es menos contaminante que el dióxido de carbono.

3. Facilidad de deslocalización: la energía como fuente renovable puede trasladarse de un lugar a otro, buscando minimizar los costos.

Módulo: Gestionar el megaproyecto, analizar el proceso de producción de biogás y compost, diseñar una logística para el transporte del biogás a los lugares requeridos que sea segura para el usuario, tenga el flujo requerido y sea económicamente factible para los inversionistas.

A. Definición de actividades, secuencias y duración por entregable

Las actividades se separaron por entregable, acompañadas de una breve descripción de las mismas para facilitar su comprensión, los recursos humanos del proyecto que se requieren para ejecutar dicha actividad, además de predecesores, sucesores y los escenarios optimistas, pesimistas y más probables de los tiempos del proyecto. Las actividades pueden encontrarse en los anexos.

B. Diagrama PEPSU

El diagrama PEPSU sirve para facilitar la identificación de proveedores, entradas, subprocesos, salidas y usuarios. Se debe realizar un esquema distinto para cada uno de los procesos. Para este caso se realizó para los procesos de: Elaboración de biogás y la elaboración de compost. El diagrama PEPSU puede encontrarse en los anexos.

C. Diagrama de operaciones (DOP)

El diagrama de operaciones consta de una propuesta para la producción de biogás y distribución hacia los puntos de uso. Detalla cada una de las operaciones requeridas para realizar todo el proceso. Cabe destacar que se trata de una propuesta, esto dado que no es un proceso real sino uno ideal, sin tiempos ni actividades innecesarias. El diagrama de operaciones puede encontrarse en los anexos.

D. Diagramas bimanuales

Se realizaron diagramas bimanuales para los procesos de mezclado y llenado del reactor, además del proceso de uso de biogás. Ambos suponen a un solo operador para realizar el proceso y constan de diferentes actividades utilizando ambas manos para lograrlo. Cabe destacar que se trata de propuestas para realizar los procesos, esto dado que es un proceso ideal, sin tiempos ni uso de therbligs ineficientes. Los diagramas bimanuales pueden encontrarse en los anexos.

E. Diagrama de Gantt

Por cuestiones de espacio, no se incluye el diagrama de Gantt, sin embargo el diagrama efectivamente fue realizado en la herramienta Project para manejo y cumplimiento de fechas.

Las fechas fueron efectivamente cumplidas (en cuanto a las fases de iniciación y planificación) y quedaron definidas las fechas para las fases de ejecución y cierre, las cuales precederían a este reporte.

F. Diagrama de hitos

Se realizó un diagrama de hitos con las fechas para cada uno de ellos. Estos hitos fueron definidos desde el Project Charter y se realizaron todas las actividades necesarias para lograrlos. El diagrama incluye tanto los hitos logrados, como las planificaciones de fechas futura.

Tabla No. 42: Diagrama de Hitos

Nombre del Hito	Fecha
HITO TERMINADO: Iniciación	Tue 2/4/14
HITO TERMINADO: Primera visita de campo	Fri 3/7/14
HITO TERMINADO: Segunda visita de campo	Mon 5/19/14
HITO TERMINADO: Junta con inversionistas para presentación de resultados	Wed 5/28/14
HITO TERMINADO: Aprobación de investigación	Wed 8/20/14
HITO TERMINADO: Entrega final de investigación	Wed 11/12/14
HITO TERMINADO: Investigación	Wed 11/12/14
HITO TERMINADO: Aprobación de diseños preliminares	Mon 8/11/14
HITO TERMINADO: Aprobación final de diseños	Fri 11/21/14
HITO TERMINADO: Diseño	Fri 11/21/14
HITO TERMINADO: Planeación	Fri 11/21/14
HITO TERMINADO: Presentar plan de capacitación y conferencias a los inversionistas	Wed 12/31/14
HITO TERMINADO: Realizar primera visita y brindar capacitaciones y conferencias	Fri 1/9/15

Nombre del Hito	Fecha
HITO TERMINADO: Presentar resultados de primera capacitación y conferencias	Mon 2/9/15
HITO TERMINADO: Realizar segunda visita de capacitación y conferencia	Wed 2/18/15
HITO TERMINADO: Presentar resultados finales	Thu 3/19/15
HITO TERMINADO: Concientización	Thu 3/19/15
HITO TERMINADO: Contratación de maestros de obra y albañiles	Wed 5/20/15
HITO TERMINADO: Entrega de obra terminada	Wed 10/7/15
HITO TERMINADO: Comienzo del funcionamiento del proyecto	Fri 11/27/15
HITO TERMINADO: Construcción	Fri 11/27/15
HITO TERMINADO: Establecer parámetros de medición para evaluación	Tue 12/8/15
HITO TERMINADO: Establecer medición constante y continua de información	Thu 12/17/15
HITO TERMINADO: Presentar resultados de evaluación	Wed 11/15/17
HITO TERMINADO: Control	Wed 12/27/17
HITO TERMINADO: Ejecución	Wed 12/27/17
HITO TERMINADO: Cierre del proyecto	Mon 12/27/17

VIII. Análisis de resultado

Módulo: Caracterización del sustrato para la producción de metano en la finca Don Alejandro por medio de determinación de pH, porcentaje de humedad, contenido de sólidos volátiles, temperatura para determinar las características

El pH del estiércol de vaca se determinó para conocer si a la mezcla estiércol-agua que se introducirá al biodigestor hay que agregarle algún aditivo. Dependiendo del valor de este resultado de pH, se puede agregar una base como una solución de cal para que este se vuelva más básico, este es el caso si el pH se encuentra con un valor por debajo de 6.5. En dado caso el pH sea mayor de 7.5 hay que agregar un ácido para que la reacción anaeróbica se pueda llevar mejor a cabo. El resultado de pH fue en promedio de 8.01 ± 0.17 para 6 diferentes muestras de estiércol, por lo que se le tiene que agregar un ácido para que el pH se encuentre entre el intervalo de 6.5 a 7.5 que este es el rango que se ha determinado donde mejor trabajan los microorganismos metanogénicos. Este valor encontrado de pH es una función de la concentración de ácidos grasos volátiles, concentración de bicarbonato y la alcalinidad del sistema.

Conocer y tener controlado el valor de pH es de suma importancia ya que los microorganismos metanogénicos son muy sensibles a las condiciones ácidas y su crecimiento. La producción de metano es inhibida en un medio ambiente ácido por lo cual al momento de agregar la solución de ácido este no puede bajar de un valor de 6.5. El valor del pH depende del tiempo de retención y la velocidad de la carga que se tendrá en el biodigestor. Ya que en las diferentes etapas del proceso de digestión anaerobia se tienen diferentes valores óptimos de pH.

Este valor está ligado ya que dependiendo de la transformación biológica que se lleve a cabo ese será el pH. Como por ejemplo durante la etapa de acetogénesis donde se producen los ácidos orgánicos el pH puede estar por debajo de 5 según estudios realizados, lo cual en la etapa de metanogénesis es letal para los microorganismos haciendo que haya una acumulación de ácido haciendo que se inhiba la formación de metano. Por otro lado si hay una proliferación de metanógenos habrá una mayor concentración de amoníaco lo cual aumentará el pH por arriba de 8 lo que causará la inhibición de la acidogénesis. Ya que el pH encontrado fue en promedio de 8.01 ± 0.17 pueda que exista este problema al momento de

que se dé la reacción anaeróbica por lo que se tiene que agregar una solución de ácido para que se lleve a cabo la reacción en condiciones óptimas para los microorganismos.

Las mediciones de pH se realizaron por medio de potenciómetro realizando soluciones de 1:10 y también se midió el pH del estiércol fresco en la Finca Don Alejandro por medio de tiras indicadores de pH dando estas un valor de 8 también.

La humedad del estiércol se determinó para conocer qué tanta agua posee el estiércol, se determinó por medio de una balanza de humedad dando un valor promedio de $54.96 \pm 9.63\%$ para 13 muestras que se analizaron. Este es un valor relativamente bajo ya que según estudios la humedad del estiércol está por el rango entre 70-80% de humedad. La baja humedad en el estiércol se puede deber a que la Finca Don Alejandro se encuentra en un lugar seco ya que la humedad que se midió para el ambiente fue en promedio de $30.7 \pm 1.62\%$ lo cual hace que el estiércol si se deja afuera mucho tiempo este se seque haciendo que la digestión anaeróbica empiece afuera del biodigestor y al momento de introducirlo este ya estará degradado.

Los sólidos totales de estiércol de vaca se determinaron para encontrar la carga sólida que se introducirá al biorreactor. Este valor en promedio dio 0.78 ± 0.29 g y un porcentaje de $21.55 \pm 6.83\%$. Esta determinación se realizó en base seca. Comparado la masa de sólidos totales obtenidos para el estiércol de vaca y el teórico de estiércol de cerdo, se encontraron datos teóricos en gramos, se logra ver que el del último tiene un valor de sólidos totales de 4.9 g, el cual como puede observarse difiere mucho de valor experimental que se encontró. También se comparó el porcentaje que este, fue en promedio de $21.55 \pm 6.83\%$ el valor experimental, mientras que el teórico encontrado fue de 17% lo cual se acerca. Estos valores son de mucha utilidad ya que en base a estos valores se procedió a encontrar los sólidos volátiles y las cenizas remanentes de los sólidos totales.

Los sólidos volátiles son compuestos orgánicos de origen animal o vegetal que se volatilizan a una temperatura de 555°C , estos representan la parte de los sólidos totales de la materia orgánica que están sujetos a pasar a una fase gaseosa. Debido a esto es que la producción diaria de biogás depende en gran parte de los sólidos volátiles que se encuentren en la muestra orgánica por lo que es necesario el cálculo de los mismos. Dependiendo del tipo de materia orgánica utilizada para la digestión anaeróbica en el reactor, la producción de biogás será mayor o menor. Los resultados para esta prueba fueron en promedio de 2.35 ± 2.84 con un porcentaje en promedio de $57.66 \pm 34.78\%$. Al comparar el valor obtenido

experimental y el encontrado en los estudios este es de 50-63%, por lo que este resultado cae en el rango.

Las cenizas se refieren al material que no se volatilizó en la mufla y fueron el remanente en el crisol. El valor obtenido experimentalmente fue en promedio de 1.40 ± 2.96 g y un porcentaje en promedio de 54.81 ± 29.39 %. El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material. En los procesos que incluyen la combustión de la biomasa, es importante conocer la generación de cenizas y su composición, pues en algunos casos puede ser utilizada.

Como puede observarse existe una diferencia algo significativa entre el porcentaje de cenizas entre ambos estiércol así como en el porcentaje de humedad y sólidos volátiles también. Esto puede deberse a la temperatura en el ambiente, a la hora del día en la que fue tomada, la alimentación de las vacas, la cantidad de agua que tomó durante el día así como la hora a la que la tomó, la cantidad de tiempo que se dejó la muestra en los patios antes de tomarla, entre algunas fuentes de error.

La temperatura se midió en la finca Don Alejandro ya que esta es el factor de trabajo más importante que determinara el rendimiento de los reactores de una digestión anaerobia, ya que es una condición esencial para la supervivencia y la prosperidad de los microorganismos. Las bacterias metanogénicas tienen dos rangos óptimos de temperatura definidas como temperatura óptima mesófila y termófila. Los biodigestores mesófilos tienen una temperatura de funcionamiento en el rango de 25 -40 °C y los digestores termófilos tienen una temperatura de funcionamiento en el rango de 50 -65 °C. La temperatura promedio del estiércol en la finca es de 33.1 ± 1.7 y la del ambiente está por 35°C, por lo cual el biodigestor será de tipo mesófilo. Las ventajas que de este biodigestor es que los microorganismos toleran mayores cambios en el medio ambiente y estos son más estables y fáciles de mantener.

Estos biodigestores no necesitan de un aporte externo de energía para calentar el sistema. Entre las desventajas es el tiempo de retención ya que este es mayor y la producción de biogás es inferior comparada con los termófilos. El mantenimiento y la operación de este tipo de biodigestores es más sencilla lo cual hace que se tenga un menor costo de inversión y de mantenimiento, por lo cual son los más comunes para escala domésticos.

Una parte de la caracterización fue determinar la concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO). Con los datos obtenidos de la DQO se logró realizar una estimación del potencial de generación de metano que se podría producir en un reactor anaeróbico, esto suponiendo que toda la materia orgánica de dicho excremento se va a degradar totalmente para la generación de metano; se estima lo que el excremento tiene como capacidad para generar metano (idealmente). Como se sabe esto no es cierto en la realidad ya que no se obtiene metano de toda la materia orgánica, pero esto sirve de referencia para el diseñador del digester para ver lo que se puede lograr y recordando que todo el biogás que se produce no es solo metano sino tiene otros componentes adicionales.

Las muestras se analizaron en dos diluciones que fueron a razón de 1/40 y 1/400, utilizando la técnica mencionada en la sección de metodología. Además del análisis de estas muestras de estiércol fue necesario analizar cuatro soluciones patrón que tuvieran concentraciones de DQO conocidas para así poder realizar una curva patrón con la absorbancia. Debido a esto fue que se hizo necesario hacer cuatro soluciones patrón utilizando ftalato ácido de potasio y agua destilada, estas tuvieron concentraciones de 625, 1250, 2500 y 5000 mg DQO/L.

Con el análisis espectrofotométrico utilizado se obtuvo un rango de absorbancias entre 0.1852-0.5880, medidos a un λ de 600 nm para las muestras patrón. Ya con estos valores se procedió a realizar la gráfica mencionada con anterioridad a la cual se le realizó una regresión lineal la cual tuvo un R^2 de 0.9938 el cual es muy cercano a 1 por lo que se puede afirmar que esta regresión es adecuada para la representación de los datos obtenidos. La ecuación de la curva para esta regresión es $y=0.0002x+0.0167$.

Las absorbancias obtenidas de las muestras de estiércol fueron de: 0.1331 para la dilución 1/400 y 0.4862 para la dilución 1/40, para una longitud de onda de 600 nm. Matemáticamente la extrapolación de datos no es método muy confiable para la determinación de un punto existiendo error al considerar que la regresión lineal tendrá siempre el mismo comportamiento, por lo que el dato de absorbancia de 1/400 se descartó y se utilizó únicamente el de 1/40, que sí quedaba dentro del rango de la curva de calibración para encontrar la DQO que fue de 2367.5 mg DQO/L. Con esta concentración se procedió a encontrar el potencial de metano con la suposición que toda la materia orgánica se degrada para convertirse en metano y utilizando una relación estequiometrica con la cual se encontró que era de 0.1960 ± 0.0018 de kg de CH_4 /g de estiércol fresco.

Comparando los valores de DQO obtenidos experimentalmente con valores teóricos de estiércol de cerdo puede observarse que los valores son muy parecidos, siendo de este último de 2,640.8 mg DQO/L. Con esto puede verse que este indicador de contaminación que mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar materia orgánica degradable y biodegradable del estiércol de vaca es muy parecida con la de la excreta de los cerdos, lo cual significa que la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica es una cantidad muy parecida.

Para conocer si la DQO disminuyó hubiera sido importante la medición de la DQO del estiércol luego del proceso de fermentación en el biodigestor ya que con esto hubiera podido verse una reducción de la misma lo cual hubiera indicado que la actividad de los microorganismos así como las condiciones del ambiente anaerobio, fueron las responsables de la degradación, redujeron su actividad y con ello el consumo de oxígeno.

Se determinó proteínas y nitrógeno, las proteínas son muy importantes en la primera etapa de la fermentación anaeróbica llamada hidrólisis ya que durante la misma la materia orgánica compleja como proteínas, carbohidratos y grasas son degradados a compuestos solubles o monómeros lo cual es el paso inicial para la degradación de sustratos orgánicos pues los microorganismos únicamente pueden utilizar materia orgánica soluble que pueda atravesar su pared celular. Debido a esto es que el proceso de hidrólisis es el que proporciona los sustratos orgánicos para la digestión anaeróbica.

La hidrólisis depende de la composición del sustrato (porcentaje de carbohidratos, proteínas y grasas), del tamaño de partículas y pH. Las proteínas constituyen un sustrato muy importante en el proceso de digestión anaerobia ya que además de ser una fuente de carbono y energía, los aminoácidos derivados de su hidrólisis tienen un elevado valor nutricional. Los valores que se obtuvieron fueron en promedio de un porcentaje de $1.63 \pm 3.37E-03\%$ para el nitrógeno total y de $10.18 \pm 0.02\%$ para la prueba experimental de proteínas.

De acuerdo a la literatura como consecuencia de la digestión anaeróbica, las proteínas, aminoácidos y urea presentes en el sustrato son transformados en parte a nitrógeno total y es por esto que existe mayor cantidad de nitrógeno al final de la reacción. Esto se recomienda que se haga para conocer el nuevo porcentaje de nitrógeno ya que si este aumenta mucho hay que eliminarlo antes de usarlo como abono.

Es importante el adecuado almacenamiento del estiércol con el fin que no pierda sus propiedades. Este puede almacenarse en tanques de plástico debido a que se desea una

estructura a prueba de agua, con la cual se evita la pérdida de nutrientes, salida de malos olores etc. El tipo de almacenaje puede afectar fuertemente la supervivencia de patógenos, más o menos entre 4-5 meses.. Durante su almacenamiento el estiércol se ve afectado por cambios bioquímicos los cuales dependen principalmente de la temperatura, normalmente a menores temperaturas se logra conservar el sustrato sin llegar a puntos de congelamiento. En condiciones apropiadas de almacenaje las bacterias se mantienen vivas pero a medida que pasa el tiempo van decreciendo en número. También con un almacenaje adecuado se impide que el fósforo se pierda.

Para una correcta caracterización de la materia prima es necesario que ésta sea homogénea y determinar el tiempo que lleva en el corral, ya que si se tomó una muestras a distintas horas existe una diferencia de horas por lo cual, en ese lapso de tiempo, pudo haber llovido o secado con el sol, provocando que la misma no sea representativa. Debido a esto es que existen diferencias en el porcentaje de humedad, nutrientes (como el nitrógeno que puede lavarse fácilmente con la lluvia o volatilizarse como amoníaco por calentamiento), lo cual afectaría los porcentajes de sólidos totales, sólidos volátiles y cenizas. Para evitar la pérdida de amoníaco durante el almacenaje sería necesario prevenir la circulación de aire sobre el lugar de almacenaje. También con esto se previene la filtración de agua dentro del sustrato, como la de lluvia. Esto podría evitarse usando una cubierta plástica.

Es aconsejable recoger el estiércol a ciertas horas programadas del día para evitar esto por lo que se recomienda que las muestras se tomen lo mas frescas posibles y que se almacenen bien para poder determinar con un porcentaje menos de error las características del estiércol.

Para asegurarse que la muestra obtenida fue representativa sería útil realizar los análisis de caracterización por lo menos de tres o más muestras tomadas a distintas horas para ver si los cambios en los resultados son significativos. La caracterización de estiércol debería llevarse a cabo durante época de invierno y época seca o con cambios climáticos drásticos. La composición del sustrato puede verse fuertemente afectada por el alimento consumido por las vacas así como la cantidad de agua tomada por los mismos. El contenido de nutrientes del estiércol también va a depender de la especie que lo produce, edad del animal, eficiencia digestiva, tipo de alimentación como se mencionó con anterioridad y el manejo al que ha sido sometido el estiércol desde su recolección y almacenamiento.

En caso que haya llovido, no se debería utilizar ese estiércol para caracterización, ya que como se mencionó con anterioridad, habrá perdido algunos de sus nutrientes debido a la misma. Ya que el estiércol fue recogido este debe estar almacenado en tanques que deben estar en un lugar cuya temperatura se mantenga en niveles bajos (10 grados Celsius), esto con el fin de mantener la propiedades del mismo. A la hora de tomar la muestra para su análisis es necesario tomar muestras de varios lugares del tanque para asegurarnos que la muestra sea representativa.

Módulo: Diseñar y planificar un prototipo de Biodigestor, basándose en determinada capacidad de producción y consumo de materia prima de la Finca Don Alejandro.

La propuesta para la construcción de este biodigestor es un método que combina el aprovechamiento al máximo de los materiales y la fácil construcción del mismo para que se construya una obra durable y de provecho. Se utilizó las propiedades del concreto para crear un sistema hermético el cual impide la filtración del biogás, en comparación al block, el cual se caracteriza por su porosidad.

Por otro lado a diferencia de los distintos tipos de digestores este combina las fortalezas tanto de los digestores continuo como semicontinuo; debido a que este posee el alargamiento de los digestores semicontinuo por facilidad de desplazamiento del efluente, a su vez se usa un sistema de recolección de gas interno por medio de la protuberancia, la cual evita la acumulación de espuma, dando así una mejor recolección de gas regulando por medio de este la variación de presiones. Pero también hace uso de un mecanismo de agitación el cual aumenta el tiempo de vida del digestor reduciendo el espesor de las láminas que se forman en las paredes.

En el caso del digestor las esquinas en ambos extremos son diseñadas a 45 grados y posee una forma alargada, esto con el fin de crear columnas de presión y favorecer el desplazamiento del efluente.

Debido a que el digestor se construye enterrado, se toma en cuenta el empuje del suelo sobre las paredes, por lo que si éstas se construyen inclinadas, hállese de muros con pendientes de 30 grados, el empuje se reduce y las paredes pueden ser más livianas y

económicas debido a que se posee un factor de seguridad adicional evitando el volteo de estos y obteniendo una ventaja adicional de que esta inclinación favorece al funcionamiento del digestor cuando ya está en operación. La cubierta en forma de dos aguas se construye de esta manera para reducir a un mínimo las grietas y asegurando que no habrán fugas, ya que el gas producido se acumula en la parte superior y es la cubierta la que impide que se pierda en la atmósfera.

Ahora bien para evitar el azolvamiento como la operación de limpieza total, se dispuso que el piso del tanque posea cierta inclinación, una pendiente del 10%, para que los depósitos se desplacen al extremo de salida de donde pueden ser extraídos mecánicamente desde el exterior en pequeñas cantidades y en ciertos lapsos de tiempo. Por otro lado se coloca el agitador mecánico en el interior del digestor, para hacer de este un sistema más eficiente y lograr una consistencia en el sustrato más homogenizada.

La cámara de carga se construye de manera rectangular con el fin de facilitar su construcción, teniendo en cuenta que esta posea capacidad de, por lo menos, la cantidad de mezcla que se prepara por día.

El recubrimiento de todo el biodigestor es un recubrimiento mínimo al acero consta de una cortina de 10 centímetros de cortina de concreto, el cual es separado con tacos de 5 centímetros de espesor esto con el fin de que la malla electrosoldada este separada del terreno natural y de esta manera evitar la corrosión del material. Por otro lado la idea de que tanto el piso como sus paredes inclinadas sean fundidas en un solo tiempo es minimizando la filtración y posibles grietas que puedan darse.

La ubicación del biodigestor se colocó al lado del potrero, lugar donde permanece el ganado y a unos cuatro metros del lugar de ordeño, esto con el fin que al momento de recolección de materia orgánica sea accesible. Por otro lado la casa queda ubicada a 21 metros lineales de separación del digestor; esto favoreciendo con cierta pendiente la cual evita hacer uso de una trampa de agua ya que con la simple inclinación la humedad del biogás regresa al digestor.

Se observó que en el área rural el consumo de leña por mes es elevado, dando así un daño mayor; debido a que constantemente se talan arboles y se provoca deforestación. Por otro lado el consumo de leña aumentando el nivel de humo, provocando así enfermedades respiratorias, las cuales son minimizadas con la implementación de un biodigestor, ya que

esta evita enfermedades y proporciona así biogás el cual puede ser empleado para cocimiento u otro uso como iluminación o calefacción y brindando así un abono orgánico el cual proporciona mayor cantidad de nutrientes a los cultivos.

Módulo: Analizar el costo de la inversión de la construcción de un biodigestor en Finca Don Alejandro, Asunción Mita, tomando en cuenta todos los materiales y la mano de obra requerida para dicha construcción, además del beneficio que se obtendrá.

El costo de inversión de la construcción de un biodigestor en Finca Don Alejandro es de Q.14,230.35 incluyendo todos los materiales, mano de obra y capacitación de los usuarios. Es un costo accesible para los dueños de la finca y los beneficios.

Como la teoría del análisis costo beneficio indica, cuando esta fórmula da mayor que 1, significa que el proyecto es rentable. Esta es una forma muy sencilla de corroborarlo, pero correcta y confiable. Analizando todos los costos de inversión y de mantenimiento contra los beneficios que estos representarán, es un proyecto rentable y beneficioso para la comunidad.

En este caso la tasa del análisis costo beneficio es: 1.12 y la TIR es de 30.51%, por lo que este proyecto es rentable. El rubro más alto del costo de inversión son los materiales, por lo que se trató de buscar los precios más cómodos entre los proveedores de este rol, la última cotización fue realizada el 24 de octubre, por la razón de buscar el presupuesto más real.

Otro de los rubros más altos es el costo de capacitación, pero este es indispensable para el buen uso y mantenimiento del biodigestor. Esa parte es de las más importantes de este proyecto, por la misma razón mencionada anteriormente. Para mí, es el costo de inversión más importante, porque sin un buen funcionamiento, el biodigestor jamás tendrá un uso óptimo. En este costo se toman en cuenta los honorarios de la persona capacitadora y el material didáctico que se utilizará.

Los costos de mano de obra se toman en cuenta con lo que se les paga a jornaleros en el área rural, además se le hizo un incremento salarial a la persona encargada, como parte de un incentivo para dicha persona.

Los beneficios más importantes que se obtendrán en este proyecto, son los que no se pueden cuantificar, como el hecho de no contaminar con el metano que se produce en el estiércol; el avance tecnológico que se tendrá en la comunidad; y su posicionamiento para las demás aldeas que aún no cuentan con este tipo de tecnologías.

Para los dueños de la finca será el principio de grandes proyectos de aprovechamiento de sus recursos, debido a que en la finca hay muchos recursos por aprovechar.

IX. Conclusiones

Módulo: Caracterización del sustrato para la producción de metano en la finca Don Alejandro por medio de determinación de pH, porcentaje de humedad, contenido de sólidos volátiles, temperatura para determinar las características

- Se determinó que la temperatura del estiércol en la finca Don Alejandro en promedio es de 33.1 ± 1.7 °C lo que indica que la reacción anaeróbica que se llevara a cabo será mesófila (25°C - 40°C)
- Se determinó que el pH del estiércol es en promedio de 8.01 ± 0.17 , por lo cual se le tendrá que añadir ácido clorhídrico para llegar al pH de 7.5-6.5 que es el rango para la reacción anaeróbica se lleve a cabo de una mejor manera.
- Se determinó que la densidad del estiércol es de 1.49 ± 1.28 g/mL, lo que ocupará un volumen de 80L.
- Los valores que se obtuvieron fueron en promedio de un porcentaje de $1.63 \pm 3.37E-03\%$ para el nitrógeno total y de $10.18 \pm 0.02\%$ para la prueba experimental de proteínas.
- La DQO que fue de 2367.5 ± 0.764 mg DQO/L. Con esta concentración se procedió a encontrar el potencial de metano, con la suposición que toda la materia orgánica se degrada para convertirse en metano, la cual se encontró que era de 0.1960 ± 0.0018 de kg de CH₄/g de estiércol fresco.

Módulo: Diseñar y planificar un prototipo de Biodigestor, basándose en determinada capacidad de producción y consumo de materia prima de la Finca Don Alejandro.

- Se diseñó un prototipo de biodigestor semicontinuo por su característica de dispersión inmediata, ya que la materia que ingresa y descarga son similares a la mezcla interna del digestor. El piso del digestor tiene una pendiente del 10%, de tal manera que la materia orgánica que se encuentre procesada, se desplace hacia la cámara de descarga. La cubierta diseñada dos aguas con pendiente del 10%, permite regular la presión que se genera del biogás. Su forma trapezoidal y sus paredes con una pendiente del 30%, reducen el empuje del suelo natural sobre el biodigestor; por lo que el ubicar los muros de las esquinas del digestor a 45° crean una columna de presión, la cual facilita el paso del efluente. Por otro lado al momento de ingresar el estiércol en la cámara de carga puede traer consigo materia inerte por lo que el piso de ésta debe tener una pendiente del 2%, contraria al extremo de la tubería de carga, esto con el fin que la materia inerte quede reposada en el lado opuesto a la carga. El agitador mecánico, permite homogeneidad de la biomasa y a su vez evita la adherencia de laminas formadas en las paredes. A su vez debido a que la tierra posee una característica aislante, el digestor es construido bajo tierra para mantener la temperatura constante. Se requiere de una válvula de seguridad, para evitar el incremento de presión en el sistema, el cual ocasiona deformación o explosión en la tubería. La pendiente que posee la tubería evita la acumulación de agua y la obstrucción al paso del biogás.
- Se estableció un mantenimiento de dos veces al año para el correcto funcionamiento del digestor.
- Con base al análisis de viabilidad, demuestra que el proyecto es asequible ya que su periodo de retorno es corto en relación a la durabilidad del mismo.
- En el proceso de biodegradación y producción de gas, se reduce el nivel de contaminación de los desechos; ya que la materia orgánica que produzca mayor cantidad de gas, será menos contaminante.

- Para el buen funcionamiento del digestor, se debe poseer una fuente de agua constante durante todo el año, para poder preparar la mezcla para la carga diaria.
- La capacidad de consumo del biodigestor será de 4 horas diarias.
- A mayor temperatura, mayor es la rapidez de fermentación de la materia orgánica.

Módulo: Análisis del proceso de producción de biogás y compost a partir de residuos orgánicos, logística de transporte hacia los puntos de uso y gestión del proyecto.

- El alcance del proyecto es abastecer con biogás diariamente a una casa donde habitan cinco personas y abonar vía compost a un sembradío, ambos posicionado en los alrededores del reactor. Los costos del proyecto constan de una fuerte inversión inicial los cuales según presupuesto son de Q 15,526.10. Los riesgos del proyecto más considerables y que causarían mayor impacto son: La resistencia al cambio de los beneficiados del proyecto, pérdida de interés de los inversionistas del proyecto, problemas con los insumos y mayores costos que beneficios.
- Los entregables para el desarrollo del proyecto son: Investigación, Diseño, Concientización, Construcción y Control.
- El biogás debe ser conducido por una manguera de PVC con refuerzo textil de 20 milímetros conectada al tubo de salida que se instala en el digestor. Para evitar que el agua condensada obstruya el flujo libre de biogás se debe colocar una manguera o la tubería con inclinación hacia el reactor, para que el agua fluya de regreso.
- La propuesta para el proceso de producción y distribución de biogás y compost utiliza trece actividades, las cuales pueden observarse en los anexos. La propuesta para el proceso de mezclado y llenado del reactor requiere únicamente de una persona y consta de veinte actividades de las dos manos, las cuales se pueden observar en los anexos. La propuesta para el proceso del uso de biogás requiere únicamente de una persona y consta de veinte actividades de las dos manos, las cuales se pueden observar en los anexos.

Módulo: Analizar el costo de la inversión de la construcción de un biodigestor en Finca Don Alejandro, Asunción Mita, tomando en cuenta todos los materiales y la mano de obra requerida para dicha construcción, además del beneficio que se obtendrá.

- El costo de inversión para la construcción de un biodigestor en Finca Don Alejandro es de: Q.14,230.35, tomando en cuenta los materiales, el transporte de materiales, la capacitación de los usuarios y la mano de obra para dicha construcción
- Realizando una evaluación del costo de inversión, los costos de operación y beneficios se determinó que este es un proyecto rentable, cabe destacar que se hicieron las cotizaciones correspondientes para buscar los mejores precios. Según el análisis costo beneficio, que resultó ser 1.13 este es un proyecto rentable y los beneficios son más que los costos. Además se obtuvo una TIR de 30.51% que agrega valor a la rentabilidad del proyecto.
- Los beneficios más importantes son los no cuantificables, debido a todo lo que esto representará para la comunidad y del avance tecnológico que se tendrá. Entre esos beneficios no cuantificables están: evitar la contaminación a partir del metano, la mejora de vida que los habitantes tendrán, entre otros que agregan valor a la comunidad y al proyecto.
- Los materiales para la construcción se realizarán desde la ciudad de Guatemala en dos vehículos proporcionados por los dueños de la finca; los costos de transporte no fueron altos por esa razón se decidió realizar de esa manera.

Módulo: Diseño de un programa educativo para concientizar sobre el uso de los recursos orgánicos y estiércol para la producción de biogás y fertilizante orgánico en el caserío El Rodeo, Sitio Las Flores, Asunción Mita, Jutiapa

- Se diseñó el programa no formal para niños y adultos con su proceso de diagnóstico, planificación y evaluación que responde a las características de la comunidad y a las diferentes necesidades de aprendizaje de adultos niños.

- Las estrategias planificadas para informar y motivar son relevantes y adecuadas a las características de la comunidad.
- La implementación de los talleres de capacitación sobre “la implementación de un biodigestor en la producción de biogás y compost por medio de residuos orgánicos y estiércol de animales” antes de instalar el biodigestor es de vital importancia para el éxito del proyecto.

X. Recomendaciones

Módulo: Caracterización del sustrato para la producción de metano en la finca Don Alejandro por medio de determinación de pH, porcentaje de humedad, contenido de sólidos volátiles, temperatura para determinar las características

- Al obtener las muestras de estiércol, analizarlas lo antes posible para evitar que la muestra empiece a degradarse haciendo que las propiedades de estas cambien y altere algunos resultados de las propiedades del sustrato.
- Homogenizar bien la muestra antes de realizar las pruebas analíticas ya que esto puede causar que haya una mayor dispersión entre los datos haciendo que el error aumente.
- Realizar un estudio para determinar si la alimentación de las vacas en el corral y en el campo afecta de manera significativa en los parámetros de caracterización del estiércol.
- Controlar que las muestras recolectadas permanezcan a una temperatura debajo de los 10°C para evitar la reacción de metanogénesis altere las propiedades del estiércol.
- Tener un indicador de pH para controlar que este esté en el rango de 6.5 a 7.5 para que se lleve a cabo una mayor y mejor producción de metano.
- Disminuir el pH, para que este llegue a 7.0, por medio de agregarle la solución estiércol agua ácido muriático para que la producción de metano se de en mayores concentración.

Módulo: Diseñar y planificar un prototipo de Biodigestor, basándose en determinada capacidad de producción y consumo de materia prima de la Finca Don Alejandro.

- El nivel máximo del contenido en el digestor debe ser la cara inferior de la cubierta para evitar que sufra daño. Por lo que se debe construir la cámara de descarga a nivel del digestor, de manera que funcione como rebalse en caso de poseer exceso de mezcla. A su vez se debe escoger un nivel intermedio como operación, para dejar espacio que se acumule gas y se consiga llenar con líquido posibles grietas de la unión cubierta y paredes;

un parámetro para este nivel intermedio es que debe de coincidir con el nivel de la cámara de descarga.

- Es conveniente que el biogás acumulado ocupe como máximo un 10 por ciento del volumen interior total del biodigestor; quiere decir que este mismo volumen es el del espacio que debe existir entre la cubierta y el nivel de la unión cubierta-paredes.
- Se recomienda que la primera carga del digestor sea llenada de agua hasta el nivel de la tubería de carga y de la descarga, ya que el aire que contenga quedará estancado en la cubierta. Por lo que en la medida que se llena, una parte del aire saldrá por la válvula de seguridad; este proceso puede tardar hasta dos meses para empezar a producir biogás.
- Como parte de las pruebas para el biodigestor se recomienda realizar una prueba hidráulica, la cual su fin es verificar que no exista pérdidas de líquido. Para ello se requiere de llenar el digestor o reactor de agua a nivel de la boca de salida de este. Repitiendo este mismo proceso al día siguiente para ver si existe o no disminución de agua.
- El diseño del agitador el cual remueve la costra que se forma, usualmente tiende a dañarse después de cierto tiempo de uso, representado un costo adicional. Por lo que se recomienda cargar el digestor diariamente, cuando el estiércol está fresco; usar el mínimo de agua en dicha mezcla y que la mezcla entre al digestor si y solo si se encuentra bien homogenizada. Ya que no es recomendable dejar ingresar ambos materiales por separado en su estado puro, debido a que esto maximiza el aumento de costra dentro del digestor.
- Para minimizar la problemática con la recolección del gas, se recomienda medir las cantidades exactas de carga y de descarga necesarias para mantener el buen funcionamiento de producción de gas.
- Se recomienda un mecanismo de acarreo del efluente, este con el fin que su extracción sea mas fácil.

Módulo: Análisis del proceso de producción de biogás y compost a partir de residuos orgánicos, logística de transporte hacia los puntos de uso y gestión del proyecto.

- Terminar la etapa de ejecución y cierre de la primera fase del proyecto y continuar desarrollando las últimas tres fases para cumplir con el propósito estratégico del proyecto.
- Efectuar todos los planes de mitigación para los riesgos del proyecto.
- Adaptar la duración de las actividades según se desarrolla el proyecto, ya que la duración de las mismas es adaptable a las condiciones del proyecto en cada una de las etapas y fases.
- Considerar los análisis del proceso realizados en este trabajo como óptimos para compararlos con los reales cuando el proyecto ya esté en funcionamiento.
- Realizar toma de tiempos para completar los análisis del proceso.

Módulo: Diseño de un programa educativo para concientizar sobre el uso de los recursos orgánicos y estiércol para la producción de biogás y fertilizante orgánico en el caserío El Rodeo, Sitio Las Flores, Asunción Mita, Jutiapa

- Implementar el programa educativo no formal por medio de pasantillas a docentes u otro profesional que cuente con las competencias de un docente y así llevar a cabo las capacitaciones en la comunidad; de esta forma aumentar el desarrollo social y aprovechamiento de los recursos orgánicos siendo un modelo para los lugares aledaños.
- Implementar el programa de educación no formal por lo menos un mes de anticipación para la ejecución de un biodigestor en la Finca Don Alejandro.
- Realizar alianza con otras instituciones relacionadas con la educación y medio ambiente, para llegar a más comunidades y lograr un mejor aprovechamiento de los recursos orgánicos

- Se debe buscar un banco de recursos extras para los participantes que necesiten otro tipo de herramientas didácticas, con el propósito de cumplir los objetivos del programa.
- Diseñar futuras etapas del programa de capacitación para garantizar el interés de la comunidad en el biodigestor y así la permanencia del proyecto.

XI. Bibliografía

- Agustina Giorda y Guido Suárez. (2007). *M´Bigua*. Obtenido de *Energías alternativas*: <http://www.mbigua.org.ar/uploads/Biogas.pdf>
- Al Seadi, Teodorita; Rutz, Dominik; Prassl, Heinz; Köttner, Michael, Finsterwalder, Tobias; Volk, Silke; Janssen, Rainer. 2008, *BiogasHandbook*.
- Angelika, S. D. (2010). *Biogas from waste and renewable resources*. An introduction. Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Anónimo. (2007). *Manual de Instalación de un Biodigestor Familiar Tipo Manga para zonas altoandinas*. Instituto para una Alternativa Agraria., Universidad politécnica de Catalunya. (inédito)
- Anónimo. (2014). *Economía en Asunción Mita*. www.deguate.com/municipios/pages/jutiapa/asuncion-mita/economia.php#U7vpTom9kc0
- Anónimo. (s.f). *Desechos*. https://www.google.com.gt/url?sa=t&source=web&rct=j&ei=mhU6U7GKFePNsQSdxoLAAw&url=http://www.un.org/esa/dsd/dsd_aofw_ni/ni_pdfs/NationalReports/guatemala/waste.pdf&cd=8&ved=0CDgQFjAH&usg=AFQjCNHpSmTyqdCz3NzNPthGDwqbKM9GEQ
- Anónimo. 2007. *Manual de Instalación de un Biodigestor Familiar Tipo Manga para zonas altoandinas*. Instituto para una Alternativa Agraria. Catalunya, España. Universidad politécnica de Catalunya.
- AOAC International: “*Official Methods of Analysis*”. 17. ed. Gaithersburg, USA, 2000.
- ASME. 1974. *ASME Standard—Operation and Flow Process Charts*. American Society of Mechanical Engineers. New York, EE.UU. 28 pp.
- Bautista B, A. (2010). *Sistema biodigestor para el tratamiento de desechos orgánicos. Nicaragua*. Departamento: Ciencia e Ingeniería de materiales e Ingeniería química., Universidad Carlos III de Madrid Escuela Politécnica Superior (Inédito)
- Botero, R. y Preston, T. 1987. *Biodigestores de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas: manual para su instalación, operación y utilización*. San José, Costa Rica y Thu Duc, Ho Chi Minh City, Vietnam. Universidad EARTH y University of Agriculture and Forestry. 20 pp.
- Campos, E; Elias, X; Flotats, X. 2012. *Procesos biológicos: la digestión anaerobia y el compostaje*. Obtenido el 19 de mayo de 2014 de: <http://books.google.com.gt/books?id=sAOTHkOK9CUC&printsec=frontcover&dq=digestion+an>

aerobia&hl=es&sa=X&ei=yJaGUZvRPJDM9gSu34CYCw&ved=0CDkQ6AEwAg#v=onepage&q=digestion%20anaerobia&f=false

- Castillos, A. 2010. *Biogás: construcción y funcionamiento de biodigestores plásticos de flujo continuo*. Montevideo, Uruguay. PPD, FMAM, PNUD. 40 pp.
- Cervantes, R. 2002. *Diseño de un biodigestor para la producción de biogás en una vivienda*. Tesis profesional, DIMA, Universidad Autónoma de Chapingo.
- Chiriboga, O. (2010). *Desarrollo del proceso de producción de biogás y fertilizante orgánico a partir de mezclas de desechos de procesadoras de frutas*. Quito, Ecuador: Tesis de la Universidad San Francisco.
- Cole, R. 1979. *Work, Mobility and Participation: A Comparative Study of American and Japanese Industry*. California, EE.UU. Berkeley, CA: University of California Press. 293 pp.
- Coll, C. e. (1993). *La interacción profesor/alumno en el proceso de enseñanza y aprendizaje*. Madrid: Alianza.
- Coll. (1990). *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento*. Barcelona: Paidós Ecuador.
- Coll. (1995). *Psicología y curriculum*. México: Paidós.
- De la Merced, Diego. 2012. *Evaluación de los parámetros de un biodigestor anaerobio tipo continuo*. Obtenido el 1 de octubre de 2014 de: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31560/1/delamercedjimenezdiego.pdf>
- Deublin, D; Steinhauer, A. 2008. *Biogas from waste and renewable resources*. Germany. Strauss GmbH, Morlenbach.
- Elizondo, D. (2005). *Biodigestor*.
- Estados Unidos Mexicanos Gobierno Federal. 2008. *Herramientas para el análisis y mejora de procesos*. Distrito Federal, México. Programa especial de mejora de la gestión en la administración pública federal 2008-2012. 41 pp.
- Freivalds, A. y D. M. Fotouhi, 1987. *Comparision of Dynamic Strenght as Measured by the Cybex and Mini-Gym Isokinetic Dynamometers*. *Internacional Journal of Industrial Ergonomics*, 1, núm. 3. pp. 189-208.
- García, Karina. 2009. *Codigestion anaeróbica de estiércol y lodos de depuradora para producción de biogás*. Obtenido el 30 de septiembre de 2014 de: <http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/7413/VERSION%20FINAL.pdf?sequence=1>
- Gravié, R. F. (2006). *Nuevas Alternatvas de Aprendizaje y Enseñar: Aprendizaje Cooperativo*. México: Trillas.

- Guilcapi, Edwin. 2011. *Diseño de un biorreactor y conducción del biogás generado por las excretas de ganado vacuno*, Estación Tunshi-Espoch. Obtenido el 30 de septiembre de 2014 de: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/1652/1/236T0056.pdf>
- Harris, Daniel. *Análisis Químico Cuantitativo* 3era edición 2007 Editorial Reverté
- Hernández Alicia, 2006, *Microbiología Industrial*, Editorial EUNED páginas 296, Costa Rica.
- Herrero, Jaime. 2008. *Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares*.Bolivia.
- Herron, D. 1976. *Industrial Engineering Applications of ABC Curves*. AIIE Transactions 8, núm. 2. pp. 210-218.
- Hilbert, J. A. (2011). *Manual para la producción de biogás*. Recuperado el 29 de marzo de 2014, de http://inta.gob.ar/documentos/manual-para-la-produccion-de-biogas/at_multi_download/file/Manual%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20biog%C3%A1s%20del%20IIR.pdf
- Hilbert, J. A. (s.f.). *Manual para la producción de Biogás*. http://inta.gob.ar/documentos/manual-para-la-produccion-de-biogas/at_multi_download/file/Manual%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20biog%C3%A1s%20del%20IIR.pdf
- http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/docs/pdfs/manual_dinama.pdf
- Huerga I.R; Butti, M; Venturelli, L. (2014). *Biodigestores de pequeña Escala, Un análisis practico sobre su factibilidad*. Provincia de Santa Fe.
- Huete, J. C. (2008). *Compendio de Didáctica General* . Madrid: CCS.
- Hurta C. *Humedad en la Madera*. (2011). Revista Eroski Consumer de la Fundación Eroski. <http://www.consumer.es/web/es/bricolaje/carpinteria/2008/02/19/174697.php>.
- ICAITI. (1983). *Manual de Construcción y operación planta de Biogás*. (Informe No. 596-0089) De Centroamérica: Instituto Centroamericano de investigación y tecnología Industrial.
- ICAITI. (1988). *Digestores para biogás: Construcción Convencional Informe técnico*. (Informe No. 596-0089) De Centroamérica: Instituto Centroamericano de investigación y tecnología Industrial.
- ICAITI. (1989). *Aprovechamiento de efluentes de Biodigestores*. (Informe No. 596-0089) De Centroamérica: Instituto Centroamericano de investigación y tecnología Industrial.
- Liu, e. a. (2011). *Biogas technology. Comprehensive biotechnology*. Elvsevier, China: Segunda edición.
- Ludojoski, R. (1972). *Andragogía o Educación del Adulto*. Buenos Aires: Guadalupe.

- Luna, G. (2005). Diagnostico y Pronóstico Socioeconómico de Asunción Mita, departamento de Jutiapa. http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0143.pdf
- Martínez, M. 2014. « *Diseño y planificación de un sistema de abastecimiento de gas para una vivienda utilizando un Biodigestor* ». Trabajo de Graduación Universidad del Valle de Guatemala. 62 pp.
- Mayorga, H. (Marzo de 2014). *Introducción a la producción metano*. Guatemala, Guatemala.
- Niebel, B y Freivalds, A. 2009. *Ingeniería industrial: métodos estándares y diseño del trabajo*. Duodécima edición. Distrito Federal, México. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. 586 pp.
- Palma, H. (6 de Septiembre de 2007). *diseño de actividades basadas en el método pogil-*. Recuperado el Agosto de 2014, de http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_06_BAS04.pdf
- Pineda, G. (2010). *Caracterización de biogás proveniente de la fermentación de la mezcla de agua de lavado de café y glicerina residual de biodiesel por medio de cromatografía de gases*. Tesis de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Project Management Institute. 2004. *Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos*. Tercera edición. Four Campus Boulevard, Newtown Square, EE.UU. Project Management Institute. 392 pp.
- Ramírez, L. D. (2004). *Generación eléctrica por medio de biogás*. Universidad de Costa rica, Facultad de Ingeniería. Disponible en: Proyecto Generación Eléctrica Biogás Presentado.doc - pb0426t.pdf
- Ríos, A. g. (s.f.). *Energías alternativas*. Obtenido de M^{Bigua}: <http://www.mbigua.org.ar/uploads/Biogas.pdf>
- Rubinson y Rubinson *Análisis Instrumental* 2001 Editorial Pretice Hall
- Secretaría Agricultura, g. d. (Mayo de 2007). *Aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica en el sector agropecuario*. México.
- Skoog, D; West, D, Holler, J; Crouch, S. 2010. *Fundamentos de química analítica*. Octava edición. México, Cenage Learning. 1055 págs.
- Solari Giannina. 2004 *Tesis: Proyecto de construcción de un sistema de digestión Batch de 10m³ de capacidad para la producción de biogás utilizando los residuos vacunos del Fundo agropecuario de la Universidad Alas Peruanas*.
- Solari, Giannina. Tesis: *Proyecto de construcción de un sistema de digestión Batch de 10 m³ de capacidad para la producción de biogás utilizando los residuos vacunos del I Fundo agropecuario de la Universidad Alas Peruanas* 2007.

- Vecchia, F. D. (2008). *Energizar, producción de biogás*. Recuperado el 15 de Febrero de 2014, de www.energizar.org.ar

XII. Apéndice

Módulo: Caracterización del sustrato para la producción de metano en la finca Don Alejandro por medio de determinación de pH, porcentaje de humedad, contenido de sólidos volátiles, temperatura para determinar las características

A. Cálculo de muestra

Cálculo 1: Obtención de sólidos totales (gramos) en muestra de estiércol, obtenida de la Finca Don Alejandro.

sólidos totales = masa crisol + estircol (horno 70 celsius) – masa total (despues del horno)

$$\text{Sólidos totales} = 21.2330 \text{ g} - 20.9995 \text{ g}$$

$$\text{Sólido totales} = 0.2335 \text{ g}$$

Se realizó el mismo cálculo para las otras 5 muestras analizadas.

Cálculo 2: Obtención del porcentaje de sólidos totales en muestra de estiércol 1, obtenida en época de invierno.

$$\% \text{sólidos totales} = \frac{\text{masa sólido totales (g)}}{\text{masa estiércol utilizada (g)}} * 100$$

$$\% \text{sólido totales} = \frac{0.2335 \text{ g}}{1.5205 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{sólidos totales} = 15.36 \%$$

Se realizó el mismo cálculo para las otras 5 muestras analizadas.

Cálculo 3: Obtención de cenizas (gramos) en muestra de estiércol, obtenida de la Finca Don Alejandro.

$$\text{cenizas} = (\text{masa crisol} + \text{masa estircol luego de mufla a } 600 \text{ celsius})(g) - \text{masa crisol} (g)$$

$$\text{cenizas} = 21.1710 \text{ g} - 19.8095\text{g}$$

$$\text{cenizas} = 1.3615 \text{ g}$$

Se realizó el mismo cálculo para las otras 5 muestras analizadas.

Cálculo 4: Obtención del porcentaje de cenizas en muestra de estiércol, obtenida de la Finca Don Alejandro.

$$\% \text{ cenizas} = \frac{\text{cenizas} (g)}{\text{masa estiércol utilizada} (g)} * 100$$

$$\% \text{ cenizas} = \frac{1.3615 \text{ g}}{1.4605 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ cenizas} = 93.22\%$$

Se realizó el mismo cálculo para las otras 5 muestras analizadas.

Cálculo 5: Obtención de sólidos volátiles (gramos) en muestra de estiércol, obtenida de la Finca Don Alejandro.

sólidos volátiles

$$= (\text{masa crisol} + \text{masa estiércol luego de horno a } 70 \text{ celsius})(g) - (\text{masa crisol} + \text{masa estiércol luego de mufla a } 600 \text{ celsius})(g)$$

$$\text{sólidos volátiles} = 1.3615 \text{ g} - 0.2335 \text{ g}$$

$$\text{sólidos volátiles} = 1.1280 \text{ g}$$

Se realizó el mismo cálculo para las otras 5 muestras analizadas.

Cálculo 6: Obtención del porcentaje de sólidos volátiles en muestra de estiércol, obtenida de la Finca Don Alejandro.

$$\%humedad = \frac{\text{sólidos volátiles (g)}}{\text{masa estiércol utilizada (g)}} * 100$$

$$\%humedad = \frac{4.09 \text{ g}}{30.86 \text{ g}} * 100$$

$$\%humedad = 13.25\%$$

Se realizó el mismo cálculo para las otras 5 muestras analizadas.

Cálculo 7: Obtención de la densidad del estiércol de la Finca Don Alejandro.

$$\text{densidad} = \frac{(\text{masa de solución})(g)}{(\text{volumen de la probeta})(mL)}$$

$$\text{densidad} = \frac{10.0596g}{10 \text{ mL}}$$

$$\text{densidad} = 1.0059 \frac{g}{mL}$$

Se realizó el mismo cálculo para las otras 5 corridas de muestras.

Cálculo 8: Conversión de concentración de mg O₂ a mg DQO. Ejemplo realizado para la concentración de 5000 mg O₂/L.

$$5000 \frac{\text{mg ftalato}}{\text{L}} * 1.176 \frac{\text{mg O}_2}{\text{mg ftalato}} = 5880 \frac{\text{mg DQO}}{\text{L}}$$

Se realizó para el resto de concentraciones.

Cálculo 9: Cálculo de DQO utilizando ecuación de la recta de regresión lineal y absorbancia para la solución 1:40 la cual es de 0.4862. Se realizó para el estiércol obtenida de la Finca Don Alejandro.

$$0.4862 \text{ nm} = 0.0002 * x + .0.167$$

$$x = 2368.5 \frac{\text{mg DQO}}{\text{L}}$$

Cálculo 10: Cálculo del potencial de metano a partir del valor de DQO y la dilución de 1:40. Se realizó para el estiércol obtenida de la Finca Don Alejandro.

$$2347.5 \frac{\text{mg O}_2}{\text{L}} * \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} * \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} * \frac{1 \text{ mol CH}_4}{2 \text{ mol O}_2} * \frac{22.41 \text{ L}}{1 \text{ mol CH}_4} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 0.0008219 \frac{\text{m}^3 \text{ metano}}{\text{L}}$$

$$39 \frac{\text{L}}{1 \text{ Kg estiércol}} * 0.0008219 \frac{\text{m}^3}{\text{L}} = 0.03516 \frac{\text{m}^3 \text{ metano}}{1 \text{ kg estiércol}} * \frac{38.41 \text{ g estiércol}}{5.54 \text{ g sólidos Totales}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}$$

$$= 0.0002438 \pm .0000126 \frac{\text{m}^3 \text{CH}_4}{\text{g Sólidos Totales}}$$

Se realizó el mismo cálculo para las otras muestras.

Cálculo 11: Cálculo del nitrógeno amoniacal para estiércol obtenida de la Finca Don Alejandro.

$$N \text{ amoniacal} = \frac{\text{mL HCl consumidos} * \text{Normalidad} * \text{masa nitrógeno} * 100}{\text{masa muestra}}$$

$$N \text{ amoniacal} = \frac{1.4 \text{ mL HCl} * 0.105 \frac{\text{equivalentes}}{\text{mL}} * 0.014 \frac{\text{gramos N}}{\text{equivalente}} * 100}{0.2579 \text{ g muestra}}$$

$$= 0.0131 \frac{\text{g Nitrógeno}}{100 \text{ g muestra}}$$

Se realizó el mismo cálculo para las otras 3 muestras.

Cálculo 12: Cálculo del porcentaje de proteínas partiendo del cálculo de nitrógeno amoniacal. Se realizó para el estiércol obtenida de la Finca Don Alejandro. Factor K para estiércol de 6.25

$$\text{Porcentaje de proteína} = \frac{g \text{ Nitrógeno}}{100 g \text{ muestra}} * \text{factor K}$$

$$\text{Porcentaje de proteína} = 0.0131 \frac{g \text{ Nitrógeno}}{100 g \text{ muestra}} * 6.25 * 100$$

$$\text{Porcentaje de proteína} = 8.19 \%$$

Se realizó el mismo cálculo para las otras 3 muestras.

B. Datos calculados

Tabla No.43 : Datos calculados para la prueba de solidos totales para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestra de 3.39 ± 1.37 g obtenida el 29 de marzo del 2014, en base a una muestra de 84.5 kg de estiércol

cenizas	% de cenizas
1.3615 ± 0.0002	93.221 ± 0.0002
0.943 ± 0.0002	49.299 ± 0.0002
4.6655 ± 0.0002	123.24 ± 0.0002
8.4577 ± 0.0002	198.01 ± 0.0002
2.2674 ± 0.0002	54.852 ± 0.0002
1.0551 ± 0.0002	21.852 ± 0.0002

Tabla No.44 : Datos calculados para la prueba de solidos totales para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestra de 3.39 ± 1.37 g obtenida el 29 de marzo del 2014, en base a una muestra de 84.5 kg de estiércol

sólidos totales (g)	% de sólidos totales
0.2335 ± 0.0002	15.357 ± 0.0114
0.9290 ± 0.0002	33.028 ± 0.0062
1.0216 ± 0.0002	26.291 ± 0.0045
0.9403 ± 0.0002	19.958 ± 0.0037
0.7853 ± 0.0002	18.549 ± 0.0041
0.7465 ± 0.0002	16.129 ± 0.0037

Tabla No.45 : Datos calculados para la prueba de solidos totales para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestra de 3.39 ± 1.37 g obtenida el 29 de marzo del 2014, en base a una muestra de 84.5 kg de estiércol

solidos volátiles (g)	% solidos volátiles (g)
1.1280 ± 0.0002	82.8498 ± 0.0002
0.0140 ± 0.0002	1.4846 ± 0.0002
3.6439 ± 0.0002	78.1031 ± 0.0002
7.5174 ± 0.0002	88.8823 ± 0.0002
1.4821 ± 0.0002	65.3656 ± 0.0002
0.3086 ± 0.0002	29.2484 ± 0.0002

Tabla No.46 : Datos calculados para determinar la densidad del estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 1.95 ± 0.38 g obtenida el 1 de marzo de 2014, en base a una muestra de 65 kg de estiércol.

ρ (g/ml)	ρ (kg/m ³)
1.00596 ± 0.02	1005.96 ± 20.119
4.38795 ± 0.088	4387.95 ± 87.759
1.00744 ± 0.02	1007.44 ± 20.149
1.00218 ± 0.02	1002.18 ± 20.044
1.00213 ± 0.02	1002.13 ± 20.043
1.00511 ± 0.02	1005.11 ± 20.102
0.9855 ± 0.047	985.5 ± 46.929

Tabla No. 47 : Datos calculados para determinar los gramos de nitrógeno y proteínas en estiércol de vaca de la finca Don Alejandro Muestras de 73.45 ± 0.01 g obtenida el 19 de agosto del 2014, en base a una muestra de 1256.3 kg de estiércol.

Nitrógeno	Proteína
$0.0131 \pm 1.24E-05$	$0.0819 \pm 7.75E-05$
$0.0136 \pm 1.18E-05$	$0.0853 \pm 7.41E-05$
$0.0190 \pm 8.74E-06$	$0.1189 \pm 5.46E-05$
$0.0194 \pm 8.89E-06$	$0.1210 \pm 5.56E-05$

Tabla No. 48 : Datos calculados para determinar los gramos de nitrógeno y proteínas en estiércol de vaca de la finca Don Alejandro Muestras de 73.45 ± 0.01 g obtenida el 19 de agosto del 2014, en base a una muestra de 1256.3 kg de estiércol.

%Nitrógeno	Proteína
1.31% \pm 1.24E-05	8.19% \pm 7.75E-05
1.36% \pm 1.18E-05	8.53% \pm 7.41E-05
1.90% \pm 8.74E-06	11.89% \pm 5.46E-05
1.94% \pm 8.89E-06	12.10% \pm 5.56E-05

C. Análisis de error

Cálculo 12: Propagación de error por suma y resta

La fórmula para determinar la propagación de error por operaciones de suma y resta, según Skoog en su libro "Fundamentos de Química Analítica", 8ª edición es:

$$S_y = \sqrt{(S_a)^2 + (S_b)^2}$$

Ecuación No.4 propagación de error por operaciones de suma y resta (Skoog, 2010).

Por ejemplo para la incertidumbre de la determinación de cenizas

$$S_y = \sqrt{(0.0001g)^2 + (0.0001g)^2} = \pm 0.0002g$$

Este cálculo se realizó para todas las operaciones que incluían una suma o resta.

Cálculo No. 13: Propagación de error por multiplicación y división

La fórmula para determinar la propagación de error por operaciones de multiplicación y división, según Skoog en su libro "Fundamentos de Química Analítica", 8ª edición es:

$$S_y = y * \sqrt{\left(\frac{S_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{S_b}{b}\right)^2}$$

Ecuación No.5 propagación de error por operaciones de multiplicación y división (Skoog, 2010).

Por ejemplo, para determinar la incertidumbre de $S_y = \left(1.0059 \frac{g}{mL}\right) \sqrt{\left(\frac{0.2mL}{10mL}\right)^2 + \left(\frac{0.0001g}{10.0596}\right)^2} = \pm 0.02 \frac{g}{mL}$

Este cálculo se realizó para todas las operaciones que incluían una multiplicación o resta.

Cálculo No. 14: Promedio

El promedio es la suma de la serie de números dados, dividido entre el número total de elementos que forman la serie:

$$\text{Promedio} = \frac{\sum_i^n x_i}{n}$$

Ecuación No.6 Promedio (Skoog, 2010).

Por ejemplo, para determinar el promedio del nitrógeno amoniacal del estiércol:

$$N \text{ amoniacal promedio} = \frac{0.0131g + 0.0136g + 0.0190g + 0.0194g}{4} = 0.0163g$$

Cálculo No. 15: Desviación estándar

La desviación para una serie de datos es:

$$\text{Desviación} = \frac{\sum_i^n \bar{x} - x_i}{n}$$

Ecuación No.7 Desviación estándar (Skoog, 2010).

Por ejemplo, para determinar la desviación de

Desviación estándar de concentración

$$\begin{aligned} &= \frac{0.0131 - 0.0163g + 0.0136 - 0.0163g + 0.0190 - 0.0163g + 0.0194 - 0.0163g}{4} \\ &= 00034. \end{aligned}$$

D. Datos originales

Tabla No. 49 : Datos obtenidos para la prueba de humedad para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 1.39 ± 0.52 kg. Obtenida el 15 de marzo de 2014, en base a una muestra de 72.5 kg de estiércol.

Humedad de estiércol			
masa de muestra (g)	Temperatura (°C)	tiempo (min)	% de humedad
0.917 ± 0.001	130	15	34.26 ± 0.01
0.797 ± 0.001	130	15	46.05 ± 0.01
1.302 ± 0.001	130	22	63.38 ± 0.01
0.879 ± 0.001	130	16	62.14 ± 0.01
1.709 ± 0.001	130	25	62.47 ± 0.01
0.947 ± 0.001	130	20	59.13 ± 0.01
0.786 ± 0.001	130	20	59.41 ± 0.01
1.354 ± 0.001	130	20	55.06 ± 0.01
2.527 ± 0.001	130	20	37.21 ± 0.01
1.494 ± 0.001	130	20	57.98 ± 0.01
1.809 ± 0.001	130	20	61.97 ± 0.01
1.700 ± 0.001	130	20	58.23 ± 0.01
1.844 ± 0.001	130	20	57.21 ± 0.01

Tabla No.50 : Datos obtenidos para la prueba de humedad en el ambiente en la Finca Don Alejandro. Obtenida en la visita realiza el 21 de marzo del 2014.

% de humedad en el ambiente
30.0 ± 0.1
31.0 ± 0.1
32.0 ± 0.1
30.7 ± 0.1
32.6 ± 0.1
28.0 ± 0.1
30.7 ± 1.6

Tabla No. 51 : Temperatura del estiércol en época de verano medida en la Finca Don Alejandro, visita realiza el 21 de marzo del 2014.

Temperatura del estiércol (°C)
32.3 ± 0.1
36.2 ± 0.1
31.5 ± 0.1
33.4 ± 0.1
32.9 ± 0.1
34.2 ± 0.1
31.4 ± 0.1
33.1 ± 1.7

Tabla No.52 : Datos de soluciones realizadas para la medición de pH para estiércol de vaca. Muestras de 1.50 ± 0.38 g obtenida el 1 de marzo de 2014, en base a una muestra de 65 kg de estiércol

muestra	masa de estiércol (g)	masa de agua (g)	pH
1	1.3455 ± 0.0001	9.8088 ± 0.0001	8.011 ± 0.001
2	2.2089 ± 0.0001	21.7838 ± 0.0001	7.667 ± 0.001
3	1.3015 ± 0.0001	10.4389 ± 0.0001	8.114 ± 0.001
4	1.2354 ± 0.0001	9.8945 ± 0.0001	8.105 ± 0.001
5	1.2678 ± 0.0001	10.3690 ± 0.0001	8.006 ± 0.001
6	1.6421 ± 0.0001	10.4720 ± 0.0001	8.128 ± 0.001

Tabla No. 53 : Datos obtenidos para la prueba de cenizas para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro.
Muestra de 3.39 ± 1.37 g obtenida el 29 de marzo del 2014, en base a una muestra de 84.5 kg de estiércol.

No. De crisol	masa inicial (g)	masa después de secarse (g)	estiércol (g)	masa total (g)	masa final mufla a 600°C(g)
1	19.7299 ± 0.0001	19.7105 ± 0.0001	1.4605 ± 0.0001	21.1710 ± 0.0001	19.8095 ± 0.0001
2	19.1125 ± 0.0001	19.1111 ± 0.0001	1.9128 ± 0.0001	21.0239 ± 0.0001	20.0809 ± 0.0001
3	20.1697 ± 0.0001	20.1556 ± 0.0001	3.7857 ± 0.0001	23.9413 ± 0.0001	19.2758 ± 0.0001
4	23.2269 ± 0.0001	23.2113 ± 0.0001	4.2714 ± 0.0001	27.4827 ± 0.0001	19.0250 ± 0.0001
5	18.6459 ± 0.0001	18.6463 ± 0.0001	4.1337 ± 0.0001	22.7800 ± 0.0001	20.5126 ± 0.0001
6	19.7939 ± 0.0001	19.7938 ± 0.0001	4.8284 ± 0.0001	24.6222 ± 0.0001	23.5671 ± 0.0001

Tabla 54 : Datos obtenidos para la prueba de solidos totales para estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestra de 3.39 ± 1.37 g obtenida el 29 de marzo del 2014, en base a una muestra de 84.5 kg de estiércol.

No. De crisol	masa inicial (g)	masa después de secarse (g)	estiércol (g)	masa total (g)	masa final mufla a 70°C
1	19.7289 ± 0.0001	19.7125 ± 0.0001	1.5205 ± 0.0001	21.2330 ± 0.0001	20.9995 ± 0.0001
2	19.1225 ± 0.0001	19.1131 ± 0.0001	2.8128 ± 0.0001	21.9259 ± 0.0001	20.9969 ± 0.0001
3	20.1657 ± 0.0001	20.1256 ± 0.0001	3.8857 ± 0.0001	24.0113 ± 0.0001	22.9897 ± 0.0001
4	23.2469 ± 0.0001	23.2223 ± 0.0001	4.7114 ± 0.0001	27.9337 ± 0.0001	26.9934 ± 0.0001
5	18.6959 ± 0.0001	18.4723 ± 0.0001	4.2337 ± 0.0001	22.7060 ± 0.0001	21.9207 ± 0.0001
6	19.7239 ± 0.0001	19.7138 ± 0.0001	4.6284 ± 0.0001	24.3422 ± 0.0001	23.5957 ± 0.0001

Tabla No.55 : Datos de las soluciones realizadas para determinar la densidad del estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 1.95 ± 0.38 g obtenida el 1 de marzo de 2014, en base a una muestra de 65 kg de estiércol.

masa para muestra de solución		
estiércol (g)	agua (g)	total
2.5 ± 0.1	22.7 ± 0.1	25.2 ± 0.14
2.1 ± 0.1	20.1 ± 0.1	22.2 ± 0.14
2.2 ± 0.1	20.3 ± 0.1	22.5 ± 0.14
1 ± 0.1	4.2 ± 0.1	5.2 ± 0.14

Tabla No.56 : Datos obtenidos para determinar la densidad del estiércol de vaca de la Finca Don Alejandro. Muestras de 1.95 ± 0.38 g obtenida el 1 de marzo de 2014, en base a una muestra de 65 kg de estiércol.

volumen (ml)	masa (g)
10 ± 0.2	10.0596 ± 0.0001
10 ± 0.2	43.8795 ± 0.0001
10 ± 0.2	10.0744 ± 0.0001
10 ± 0.2	10.0218 ± 0.0001
10 ± 0.2	10.0213 ± 0.0001
10 ± 0.2	10.0511 ± 0.0001
4.2 ± 0.2	4.1391 ± 0.0001

Tabla No. 57 : Datos obtenidos para determinar los gramos de nitrógeno y proteínas en estiércol de vaca de la finca Don Alejandro Muestras de 73.45 ± 0.01 g obtenida el 19 de agosto del 2014, en base a una muestra de 1256.3 kg de estiércol.

Proteínas (g)	Titulación (mL)
0.2579 ± 0.0001	2.3 ± 0.1
0.2585 ± 0.0001	2.4 ± 0.1
0.2550 ± 0.0001	3.3 ± 0.1
0.2505 ± 0.0001	3.3 ± 0.1

E. Otros

1. Diseño del digestor. Un digestor el cual proporcione suficiente biogás, para cocinar durante 4 horas diarias en un quemador grande, contando con 20 vacas para producir materia fecal. A este biodigestor se denominará Tipo B, esto es debido a que luego de los cálculos se presentara una tabla en la cual se nombraron cuatro tipos de digestores dependiendo al número de animal vacuno que posea cada familia.

La demanda de biogás para cocinar alimentos: 4 horas quemador grande (preparación de tortillas de maíz), a razón de 600 l/hora, dando así:

$$4 * 600 = 2400 \text{ L}$$

Se le agrega un imprevisto del 10% ----- 240 L

$$2,640 \text{ L}$$

Por lo tanto el volumen de biogás producido por el digestor al día es de:

$$V_b = 2.6 \text{ m}^3$$

Volumen de digestor:

Según por formula:

$$V_n = 3V_b$$

$$V_n = 3 * 2.6$$

$$V_n = 8 \text{ m}^3$$

Cálculo de carga diaria:

Haciendo uso de la ecuación obtiene:

$$V_c = \frac{Vn}{30} = \frac{8000 \text{ kg}}{30 \text{ día}}$$

$$V_c = 264 \text{ kg/día}$$

Y el volumen de estiércol fresco necesario para la carga diaria, según ecuación :

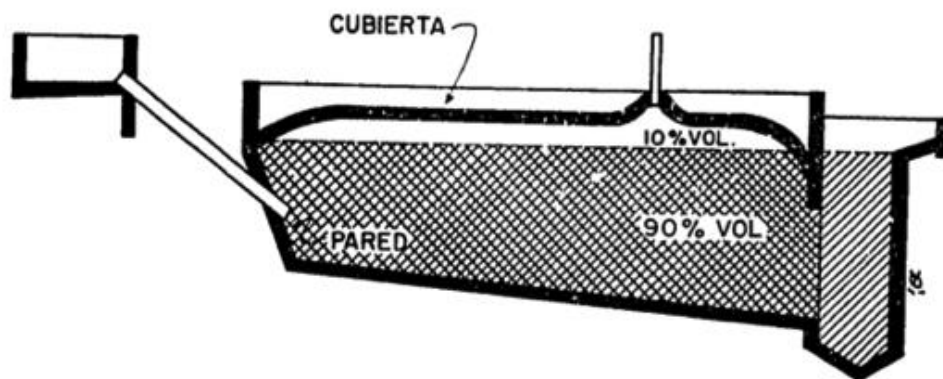
$$V_e = \frac{8000}{60} = 132 \text{ kg/día}$$

Por lo que debido a que es una relación 1 a 1, asimismo será el volumen de carga diaria de agua:

$$V_a = 132 \text{ L/día}$$

Dimensiones del digester

Ilustración No.27: Sección longitudinal del digester



Con base en la ecuación se tiene que el volumen neto es: $V_n = 1.275 a^3$

Despejando para el ancho (a) se obtiene:

$$a = \sqrt[3]{\frac{8}{1.275}} = 1.8 \text{ m}$$

Según la ecuación de $L = 3 \cdot a$

$$L = 3 (1.8) = 5.5 \text{ m}$$

Donde:

$$h = \frac{1}{2}(1.8) = 0.92 \text{ m}$$

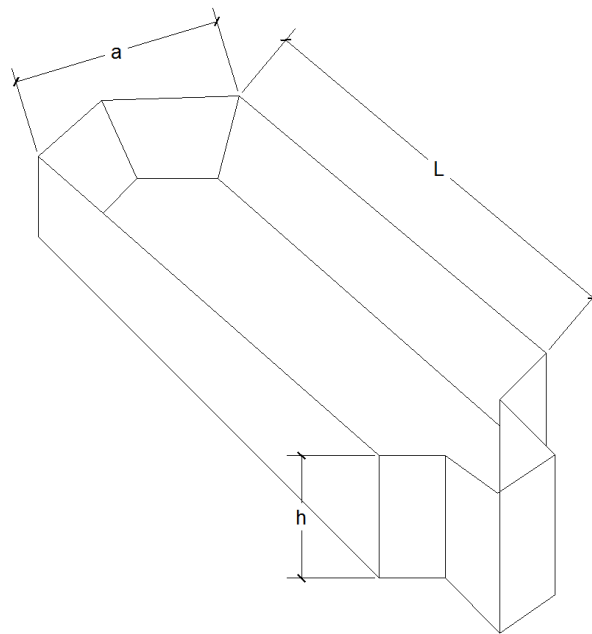
Por lo tanto las medidas del digestor son:

$a = 2 \text{ m}$ ---- ancho superior

$L = 5.5 \text{ m}$ ---- longitud total

$h = 1 \text{ m}$ ---- profundidad media

Ilustración No. 28: Isométrico del digestor



Dimensiones de cámara de carga

El volumen de la cámara de carga debe ser igual al volumen de carga diaria más un 10% el cual evita rebalses. (5). Si se designa V_{cc} el volumen de cámara de carga se tiene:

$$V_{cc} = 1.10 * V_c$$

$$V_{cc} = 1.10 * 264 = 290 \text{ lt} = 0.29 \text{ m}^3$$

Debido a que esta posee una forma cuadrada y su profundidad es de 40 centímetros y se requiere saber la longitud del lado por l_c se tiene:

$$0.44 = 0.4 * l_c^2$$

$$l_c = 0.85 \text{ m}$$

Por lo tanto las dimensiones de la cámara de carga son:

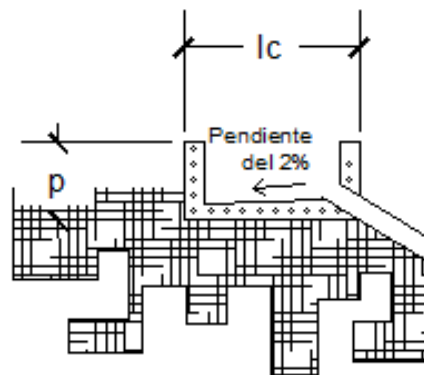
$$l_c = 0.90 \text{ m} \text{ ---- ancho y largo de la cámara}$$

$$p = 0.40 \text{ m} \text{ ---- profundidad}$$

$$m = 2\% \text{ ----- pendiente del piso}$$

$$\phi = 6 \text{ in} \text{ ----- diámetro de tubo de carga, equivalente a 15 cm}$$

Ilustración No. 29: Sección de la cámara de carga



Cámara de descarga:

Se tomará de criterio del manual de ICAITI, el asignar un valor de 15% del V_n del digestor, sea V_{cd} el volumen de cámara de descarga:

$$V_{cd} = 0.15 * V_n$$

$$V_{cd} = 0.15 * 8 = 1.2 \text{ m}^3$$

A su vez se asigna un volumen igual, al gas producido por el digestor durante la noche hablese de 8 horas, criterio tomado del manual de ICAITI:

$$V_{cd1} = (8 \text{ horas} / 24 \text{ horas}) * (V_n/3)$$

$$V_{cd1} = (1/3) * (V_n/3)$$

$$V_{cd1} = 1/9 * V_n$$

$$V_{cd1} = 1/9 * 8$$

$$V_{cd1} = 0.9 \text{ m}^3$$

El V_{cd1} es el volumen máximo acumulado dentro del biodigestor. Se obtiene mediciones de la pileta en el cual se le designa l_p , se posee una profundidad $h_p = 0.5 \text{ m}$ y el ancho se usará el mismo del digestor por lo tanto sería:

$V_p =$ volumen de pileta

$l_p =$ largo de pileta

$h_p =$ profundidad de pileta

$$V_p = h_p * a * l_p$$

$$0.90 = 0.5 * 1.8 * l_p$$

Despejando para la longitud de pileta se obtiene:

$$l_p = 1 \text{ m}$$

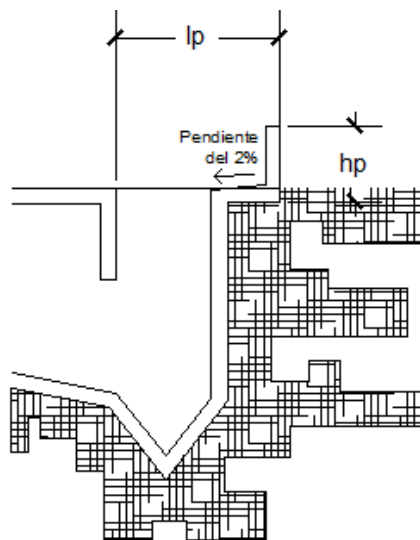
Por lo tanto las dimensiones de la pileta sería:

$a_p = 2 \text{ m}$ ---- ancho pileta

$h_p = 0.5 \text{ m}$ ---- profundidad pileta

$l_p = 1 \text{ m}$ ----- largo pileta

Ilustración No. 30: Sección de la pileta





Refittex Gas METANO


GB
APPLICATIONS AND REGULATIONS

Hose for methane gas transport for domestic purposes in compliance with the regulation UNI CIG 7140.

STRUCTURE

PVC hose with textile reinforcement.

WORKING TEMPERATURE

From -10°C to +60°C

D
ANWENDUNGEN UND RICHTLINIEN

Schlauch für den Hausgebrauch unter Beachtung der Richtlinie UNI CIG 7140.

STRUKTUR

PVC-Schlauch mit Textilverstärkung

TEMPERATURBESTÄNDIGKEIT

Von -10°C bis +60°C

I
APPLICAZIONI E NORMATIVE

Tubo per mandata gas Metano per uso domestico secondo la norma UNI CIG 7140.

STRUTTURA

Tubo in PVC con rinforzo tessile.

TEMPERATURA D'UTILIZZO

Da -10°C a +60°C

F
APPLICATIONS ET DIRECTIVES

Tuyau pour le passage du gaz méthane pour utilisation domestique en accord avec la Directive UNI CIG 7140.

STRUCTURE

Tuyau en PVC avec renforcement textile.

TEMPERATURE D'EMPLOI

À partir de -10°C jusqu'à +60°C

Ø Inside mm	Ø Outside mm	Thickness mm	Working pressure bar	Bursting Pressure bar	Length m	Weight per meter g/m	PCS pallet	Pallet size
13	20	3,5	IN COMPLIANCE WITH UNI CIG 7140	IN COMPLIANCE WITH UNI CIG 7140	50	240	20	80x120

Produced according to norm so the data are approximate and rough



IEMMEQU approval no. S 0926 subject to steady control
Omologazione IEMMEQU nr. S 0926 soggetto al controllo permanente
IEMMEQU-Zulassung Nr. S 0926, unter ständiger Kontrolle gehalten
Homologation IEMMEQU no. S 0926 soumis à un contrôle permanent

Inner diameters and corresponding tolerances according to the norm UNI EN ISO 1307:2008

It is to emphasize that since thermoplastic products are subject to deformations and shrinkings also due to the outside temperature, the length tolerance is ± 5%

Tabla para obtener el calibre de la electromalla-extraída de grupomonolit

DATOS TÉCNICOS							TABLA DE CONVERSIÓN				
Nomenclatura		Diámetro de Varilla	Área de Varilla	Peso		Área de Refuerzo	Tipo de Varilla	Grado 60 fy= 4,218 kg/cm ²		Grado 40 fy= 2,182 kg/cm ²	
Cuadro A B	Calibre C D	mm	cm ²	kg/m ²	kg/pl	cm ² /m		Refuerzo que sustituye	(cm ² /m)	Refuerzo que sustituye	(cm ² /m)
6" x 6"	10/10	3.43	0.092	0.98	13.87	0.616	Lisa	No. 2 @ 43	0.733	No. 2 @ 29	1.100
6" x 6"	9/9	3.80	0.113	1.2	16.91	0.756	Corrugada	No. 2 @ 35	0.900	No. 2 @ 23	1.350
6" x 6"	8/8	4.11	0.133	1.4	19.76	0.884	Lisa	No. 2 @ 30	1.052	No. 2 @ 17 ó No. 3 @ 0.38	1.579
6" x 6"	7/7	4.50	0.159	1.68	23.75	1.06	Corrugada	No. 2 @ 25	1.262	No. 3 @ 25 ó No. 4 @ 0.45	1.893
6" x 6"	6/6	4.88	0.187	1.98	27.93	1.247	Lisa	No. 2 @ 17 ó No. 3 @ 0.38	1.485	No. 2 @ 20 ó No. 3 @ 0.45	2.227
6" x 6"	4.5/4.5	5.50	0.238	2.52	35.53	1.584	Corrugada	No. 2 @ 13 ó No. 3 @ 0.30	1.886	No. 2 @ 14 ó No. 3 @ 0.32	2.829
6" x 6"	4/4	5.72	0.257	2.72	38.38	1.713	Lisa	No. 2 @ 12 ó No. 3 @ 0.26	2.039	No. 3 @ 23 ó No. 4 @ 0.41	3.059
6" x 6"	3/3	6.20	0.302	3.19	45.03	2.013	Corrugada	No. 2 @ 21 ó No. 3 @ 0.48	2.396	No. 3 @ 20 ó No. 4 @ 0.35	3.595
6" x 6"	2/2	6.65	0.347	3.68	51.87	2.315	Lisa	No. 2 @ 16 ó No. 3 @ 0.35	2.756	No. 3 @ 17 ó No. 4 @ 0.31	4.134

Se fabrican electromallas especiales a pedido (aplican restricciones).

Lista de símbolos

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
P	Productividad
V _b	Volumen de biogás producido por el digestor en el día
V _n	Volumen neto del digestor
V _c	Volumen de carga
V _e	Volumen de estiércol fresco de carga diaria
V _a	Volumen de agua que se tiene
S	Área de la sección media del digestor
L	Longitud total
a	Ancho superior
h	Profundidad media
V _{cc}	Volumen de cámara de carga
l _c	Longitud del lado
m	Pendiente
φ	Diámetro de tubería
V _{cco}	Volumen de cámara de compensación
V _{cco1}	Volumen máximo acumulado dentro del biodigestor

Ilustración No. 31: Análisis Porter de Cinco Fuerzas

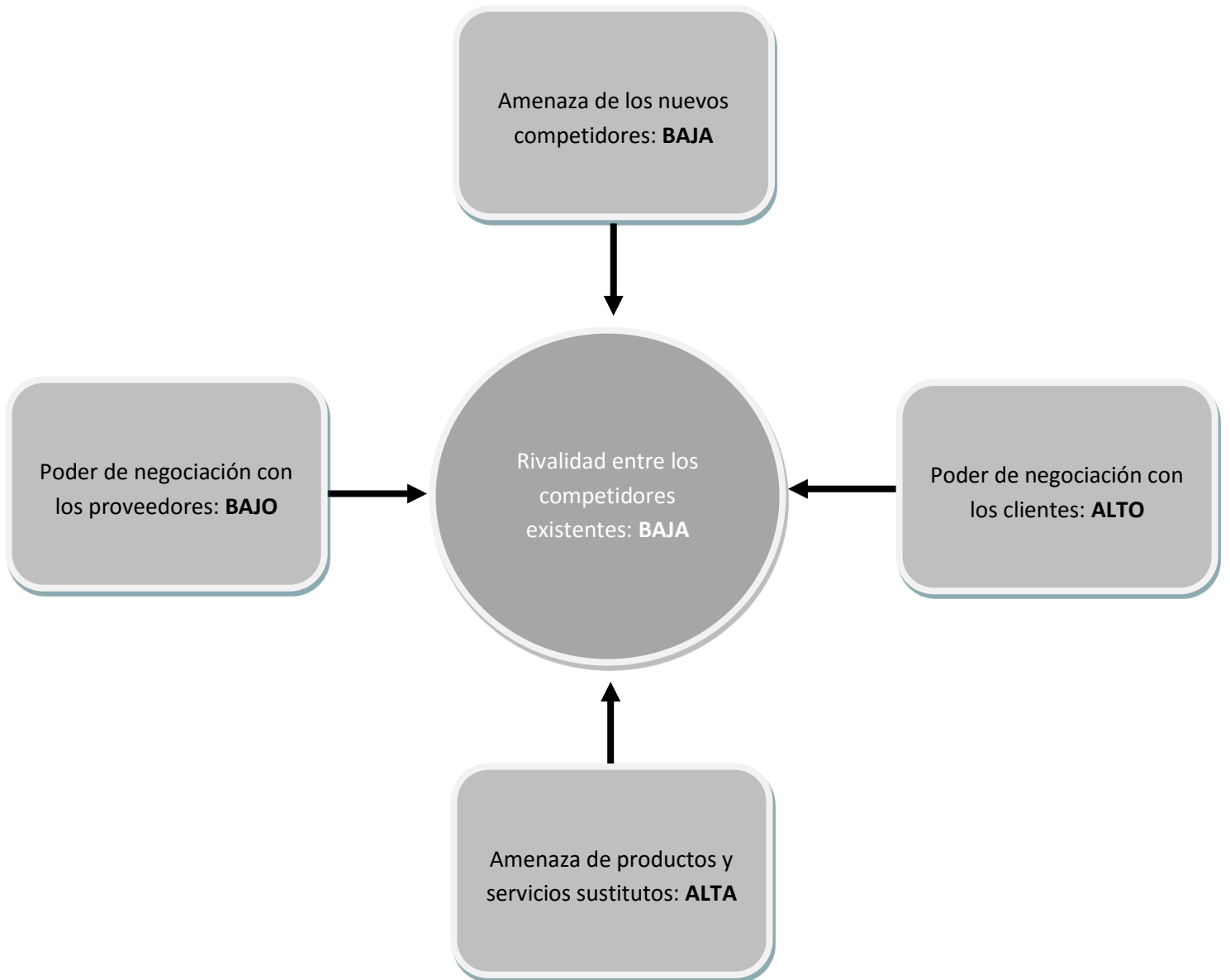


Ilustración No.32: Diagrama del WBS

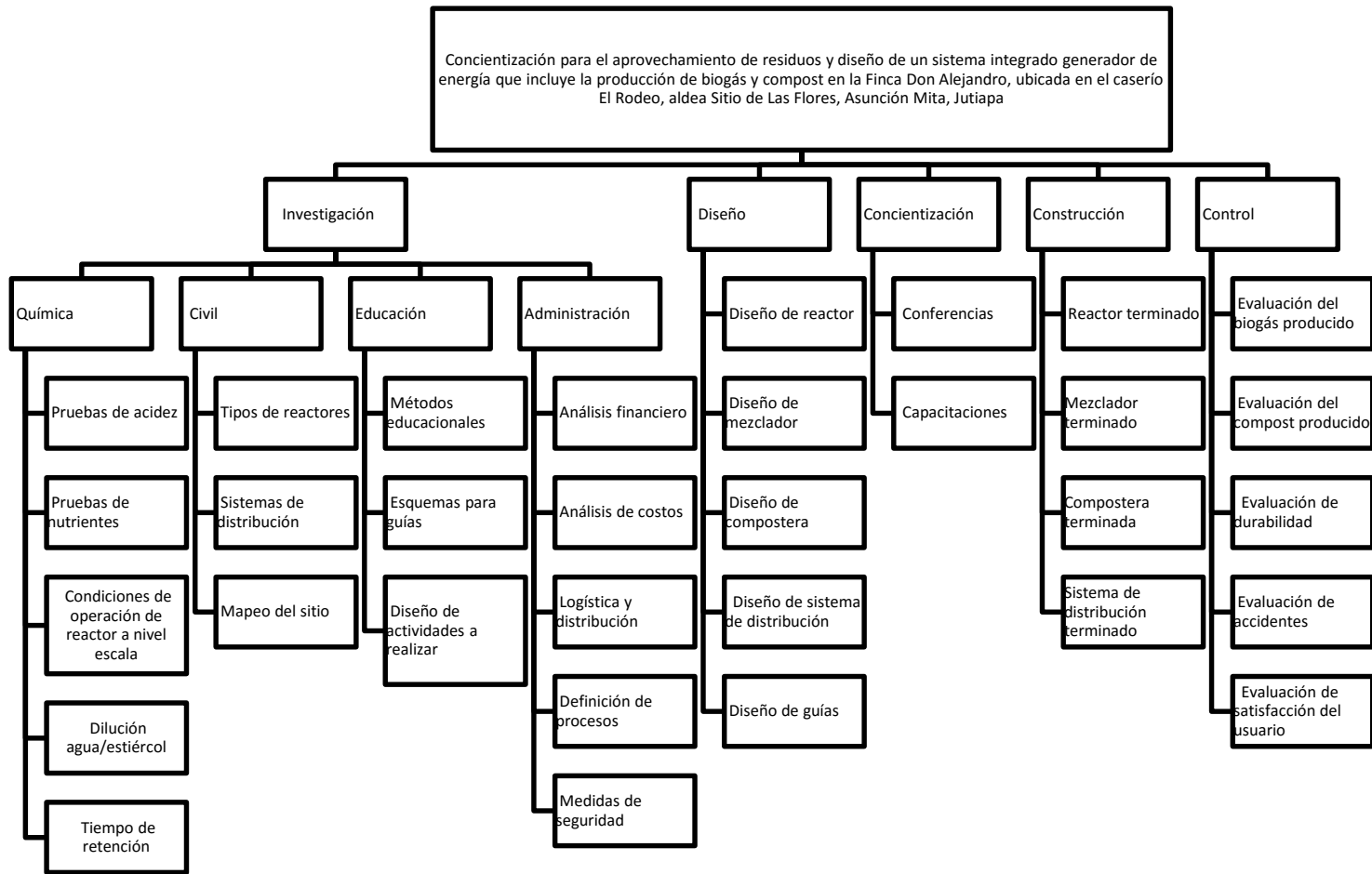


Tabla No. 58: Requerimientos del proyecto

ID	Requerimientos	Interesados	Prioridad	Criterio de aceptación	Método de validación
1	Pruebas químicas de acidez y humedad de la materia prima	Nelly Tórtola	Alta	Que sean acorde a las características del proyecto.	No requiere, ya que se basa en conocimientos de química.
2	Diseño del reactor	Fernanda Martínez	Alta	La funcionalidad y durabilidad que tenga debe ser por lo menos de 5 años sin mantenimiento.	Uso de diseños empleados en el pasado en otros proyectos similares.
3	Análisis del proceso de producción	Diego Posadas	Alta	Definición de los pasos requeridos para la elaboración de biogás.	No requiere, ya que se basa en conocimiento de métodos y procesos.
4	Concientización a la población de los beneficios del biogás	Sylvia García	Alta	Aceptación del proyecto por parte de la comunidad.	Por medio de entrevistas a los pobladores.
5	Diseño del reactor	Fernanda Martínez	Alta	La funcionalidad y durabilidad que tenga debe ser por lo menos de 5 años sin mantenimiento.	Uso de diseños empleados en el pasado en otros proyectos similares.
6	Análisis de costos	Diego Linares	Alta	Que el costo sea menor al beneficio que el proyecto producirá.	No requiere, ya que se basa en conocimientos financieros.
7	Capacitaciones a los usuarios	Sylvia García	Alta	Brindar capacitaciones para que los usuarios sepan manejar el equipo del reactor, la distribución y el quemador.	Auditar y dar seguimiento a accidentes ocurridos por fallas humanas.

ID	Requerimientos	Interesados	Prioridad	Criterio de aceptación	Método de validación
8	Diseño del sistema de distribución	Diego Posadas Y Fernanda Martínez	Alta	Crear un sistema eficiente y seguro de distribución de biogás desde el reactor hacia los puntos de uso.	Auditar y dar seguimiento a accidentes ocurridos por fallos en la distribución.
9	Presupuesto del proyecto	Diego Linares	Alta	Realizar un presupuesto, por medio de cotizaciones, tanto en Guatemala como en Asunción Mita.	Presentar cotizaciones formales por parte de las empresas a las que se les comprará los insumos.
10	Contenido de sólidos volátiles y temperatura de materia prima	Nelly Tórtola	Alta	Que sean acorde a los requerimientos para realizar el proyecto.	No requiere, ya que se basa en conocimientos de química.
11	Construcción y entrega de obra de todos los elementos del proyecto	Fernanda Martínez Y Diego Posadas	Alta	Estándares mínimos de calidad de construcción para asegurar durabilidad.	Pruebas de control periódicas para verificar la durabilidad de las construcciones.

Tabla No. 59: Definición de actividades, secuencias y duración para el entregable de investigación

Investigación (Tiempo en semanas)									
ID	EDT/ WBS	Actividad	Descripción	Recurso	Predece sor	Suces or	Optimi sta	Pesimi sta	Más probabl e
1	1.1	Discusión sobre definición de pruebas y condiciones requeridas	Se realizarán discusiones técnicas sobre qué condiciones son necesarias para el proyecto y las pruebas que requiere.	Grupo de trabajo, Asesor		2	0.8	1.2	1
2	1.2	Definición de fechas para primera visita de campo	Definir disponibilidad del grupo de trabajo para realizar primera visita de campo en el lugar del proyecto.	Grupo de trabajo, Asesor	1	3	0.8	1.2	1
3	1.3	Realización de visita de campo	Viaje al lugar donde se desarrollará el proyecto con el objetivo de conseguir mayor información.	Grupo de trabajo	2	4,5,6,7,8	0.8	1.5	1
4	1.4	Discusión grupal de resultados de visita	Cada miembro del grupo discute con el resto la información que obtuvo.	Grupo de trabajo	3	5,6,7,8	0.8	1.2	1
5	1.5	Generación de reportes de investigación preliminares de química	Incluye todas las pruebas y estudios que se consideraron en la actividad 1 para la parte química del proyecto.	Nelly Tórtola	4	9	3	5	4
6	1.6	Generación de reportes de investigación preliminares de civil	Incluye todas las pruebas y estudios que se consideraron en la actividad 1 para la parte civil del proyecto.	Fernanda Martínez	4	9	3	5	4
7	1.7	Generación de reportes de investigación preliminares de educación	Incluye todas las pruebas y estudios que se consideraron en la actividad 1 para la parte educativa del proyecto.	Sylvia García	4	9	3	5	4
8	1.8	Generación de reportes de investigación preliminares de administración	Incluye todas las pruebas y estudios que se consideraron en la actividad 1 para la parte administrativa del proyecto.	Diego Posadas, Diego Linares	4	9	3	5	4
9	1.9	Definición de fechas para segunda visita de campo	Definir disponibilidad del grupo de trabajo para realizar segunda visita de campo en el lugar del proyecto.	Grupo de trabajo, Asesor	4	10	0.8	1.2	1
10	1.10	Realización de segunda visita de campo	Viaje al lugar donde se desarrollará el proyecto con el objetivo de conseguir mayor información.	Grupo de trabajo	9	11,12,13,14,15	0.8	1.5	1
11	1.11	Junta con inversionistas para presentación preliminar de resultados	Presentar ante los inversionistas del proyecto toda la información recabada y la investigación preliminar del proyecto, esto con el objetivo de motivarlos a la inversión y mantenerlos interesados en el proyecto.	Grupo de trabajo, Asesor, Inversionistas	10	16	0.8	1.2	1
12	1.12	Presentación formal de reportes de investigación de química	Presentación de reportes e investigación final de química.	Nelly Tórtola	10	16	3	5	4

ID	EDT/ WBS	Actividad	Descripción	Recurso	Predece sor	Suces or	Optimi sta	Pesimi sta	Más probabl e
13	1.13	Presentación formal de reportes de investigación de civil	Presentación de reportes e investigación final de civil.	Fernanda Martínez	10	16	3	5	4
14	1.14	Presentación formal de reportes de investigación de educación	Presentación de reportes e investigación final de educación.	Sylvia García	10	16	3	5	4
15	1.15	Presentación formal de reportes de investigación de administración	Presentación de reportes e investigación final de administración.	Diego Posadas, Diego Linares	10	16	3	5	4
16	1.16	Aprobación de material de investigación	Proceso de aprobación de todo el material de investigación requerido previo a comenzar la ejecución.	Asesor	12,13,14, 15	17	3	5	4
17	1.17	Unión de investigación (Consolidado)	Unión de todas las investigaciones luego de aprobación.	Grupo de trabajo	16	18	3	5	4
18	1.18	Entrega final de investigación	Proceso de entrega final de todos los reportes y material investigado.	Grupo de trabajo, Asesor	17		3	5	4

Tabla No. 60: Definición de actividades, secuencias y duración para el entregable de diseño

Diseño (Tiempo en semanas)									
ID	EDT/ WBS	Actividad	Descripción	Recurso	Predecesor	Sucesor	Optimista	Pesimista	Más probable
1	2.1	Planificar tiempos de entrega para diseños	Planificar y ponerse de acuerdo con el grupo sobre cronograma de entrega de diseños.	Grupo de trabajo, Asesor		2	0.8	1.2	1
2	2.2	Realizar diseño preliminar de reactor	Utilizar la investigación para realizar un diseño preliminar del reactor.	Fernanda Martínez	1	3,4,5,6	1	3	2
3	2.3	Realizar diseño preliminar de mezclador	Utilizar la investigación para realizar un diseño preliminar del mezclador.	Fernanda Martínez	2	7	1	3	2
4	2.4	Realizar diseño preliminar de compostera	Utilizar la investigación para realizar un diseño preliminar de la compostera.	Fernanda Martínez	2	7	1	3	2
5	2.5	Realizar diseño preliminar del sistema de distribución	Utilizar la investigación para realizar un diseño preliminar del sistema de distribución.	Diego Posadas, Fernanda Martínez	2	7	1	3	2
6	2.6	Realizar diseño preliminar de guías	Utilizar la investigación para realizar un diseño preliminar de las guía.	Sylvia García	2	7	1	3	2
7	2.7	Aprobación de diseños preliminares	Proceso de aprobación de todos los preliminares.	Asesor	3,4,5,6	8,9,10,11,12	0.8	1.2	1
8	2.8	Diseño final formal de reactor	Finalización del diseño del reactor, adaptado perfectamente a las condiciones del proyecto.	Fernanda Martínez	7	13,14	1	3	2
9	2.9	Diseño final formal de mezclador	Finalización del diseño del mezclador, adaptado perfectamente a las condiciones del proyecto.	Fernanda Martínez	7	13,14	1	3	2
10	2.10	Diseño final formal de compostera	Finalización del diseño de la compostera, adaptada perfectamente a las condiciones del proyecto.	Fernanda Martínez	7	13,14	1	3	2
11	2.11	Diseño final formal del sistema de distribución	Finalización del diseño del sistema de distribución, adaptado perfectamente a las condiciones del proyecto.	Diego Posadas, Fernanda Martínez	7	13,14	1	3	2
12	2.12	Diseño final formal de guías	Finalización del diseño de guías, adaptados perfectamente a las condiciones de los usuarios.	Sylvia García	7	13,14	1	3	2
13	2.13	Presentación formal de todos los diseños	Presentación de los diseños terminados, explicando su adecuación a las condiciones del proyecto.	Fernanda Martínez, Diego Posadas, Silvia García	8,9,10,11,12	14	0.8	1.2	1
14	2.14	Aprobación final de todos los diseños	Proceso de aprobación de todos los diseños finales.	Asesor	8,9,10,11,12		0.8	2	1

Tabla No.61: Definición de actividades, secuencias y duración para el entregable de concientización

Concientización (Tiempo en semanas)									
ID	EDT/WBS	Actividad	Descripción	Recurso	Predecesor	Sucesor	Optimista	Pesimista	Más probable
1	3.1	Planificar fechas para realizar las capacitaciones y conferencias	Ponerse de acuerdo sobre fechas para viajar al lugar donde se desarrollará el proyecto y efectuar el plan de concientización.	Silvia García, Asesor		2	0.8	1.2	1
2	3.2	Definir itinerarios para brindar conferencias	Definir claramente el plan de concientización en cuanto a las conferencias.	Silvia García	1	3	0.8	1.2	1
3	3.3	Definir actividades a realizar en las capacitaciones	Definir claramente el plan de concientización en cuanto a las capacitaciones.	Silvia García	2	4	0.8	1.2	1
4	3.4	Presentar plan de capacitación y conferencias a los inversionistas	Luego de definidos los planes de conferencias y capacitaciones se presentarán a los inversionistas para su conocimiento y aprobación.	Silvia García	3	5	0.8	1.2	1
5	3.5	Realizar primera visita y brindar capacitaciones y conferencias	Realizar viaje para comenzar el plan de concientización.	Silvia García, Beneficiados del biogás	4	6	0.8	1.2	1
6	3.6	Buscar retroalimentación sobre resultados	Conseguir información sobre lo efectiva que fue la primera visita al sitio donde se desarrollará el proyecto.	Silvia García	5	7	1.5	3	2
7	3.7	Presentar resultados de primera capacitación y conferencias	Presentar los resultados obtenidos por medio de la retroalimentación sobre lo efectiva que fue la campaña y que puntos quedan sueltos para la siguiente visita.	Silvia García, Asesor	6	8	0.8	1.2	1
8	3.8	Realizar segunda visita de capacitación y conferencia	Realizar viaje para culminar el plan de concientización.	Silvia García, Beneficiados del biogás	7	9	0.8	1.2	1
9	3.9	Conocer resultados de las conferencias y capacitaciones	Conseguir información sobre lo efectiva que fue el plan de concientización del proyecto.	Silvia García	8	10	1.5	3	2
10	3.10	Presentar resultados finales	Presentación de los resultados finales del plan de concientización, este se deberá hacer tanto al asesor del proyecto como a los inversionistas.	Silvia García, Asesor, Inversionistas	9		0.8	1.2	1

Tabla No.62: Definición de actividades, secuencias y duración para el entregable de construcción

Construcción (Tiempo en semanas)									
ID	EDT/ WBS	Actividad	Descripción	Recurso	Predec esor	Suces or	Optim ista	Pesi mist a	Más probable
1	4.1	Planificación de días de construcción	Planificar las fechas en que se construirá cada uno de los componentes del proyecto.	Grupo de trabajo, Asesor, Inversionistas		2	1.5	3	2
2	4.2	Contratación de maestros de obra y albañiles	Contratación directa de mano de obra calificada para la construcción de los componentes del proyecto.	Grupo de trabajo, Inversionistas, Empleados	1	3	3	5	4
3	4.3	Explicación de planos a empleados	Explicación detallada de planos diseñados previamente a los maestros de obra y albañiles.	Fernanda Martínez, Diego Posadas	2	4	.8	1.2	1
4	4.4	Construcción de reactor	Fase de construcción del reactor.	Empleados	3	5	1.5	3	2
5	4.5	Construcción de mezclador	Fase de construcción del mezclador.	Empleados	4	6	1.5	3	2
6	4.6	Construcción de compostera	Fase de construcción de la compostera.	Empleados	5	7	1.5	3	2
7	4.7	Construcción de sistema de distribución	Fase de construcción del sistema de distribución.	Empleados	6	8	1.5	3	2
8	4.8	Revisión de la construcción terminada	Evaluación y auditoría de la construcción de todos los componentes.	Diego Posadas, Fernanda Martínez, Empleados	7	9	2	5	4
9	4.9	Entrega de obra terminada	Entrega de obra e inauguración oficial del proyecto ante los inversionistas.	Empleados, Grupo de trabajo, Inversionistas	8	10	0.8	1.2	1
10	4.10	Designación de responsabilidades de uso de reactor	Designar responsabilidades de cada una de las personas que utilizará el reactor.	Grupo de trabajo, Beneficiados del biogás	9	11	0.8	1.2	1
11	4.11	Comienzo del funcionamiento del proyecto	Llenado de biomasa y comienzo de funcionamiento del proyecto.	Beneficiados del biogás	10		2	5	4

Tabla No. 63: Definición de actividades, secuencias y duración para el entregable de control

Control (Tiempo en semanas)									
ID	EDT/WBS	Actividad	Descripción	Recurso	Predecesor	Sucesor	Optimista	Pesimista	Más probable
1	5.1	Establecer parámetros de medición para evaluación	Definir los parámetros de medición que se utilizarán para realizar el control del proyecto.	Grupo de trabajo		3,4,5,6,7	0.8	1.2	1
2	5.2	Establecer medición constante y continua de información	Definir el flujo de información, deberá ser lo más constante posible para facilitar la detección de problemas lo más rápidamente.	Grupo de trabajo		3,4,5,6,7	0.8	1.2	1
3	5.3	Evaluar en base a la información el biogás producido	Realización de análisis para conocer las características del biogás que se produce.	Grupo de trabajo	1,2	8	3	5	4
4	5.4	Evaluar en base a la información el compost producido	Realización de análisis para conocer las características del compost que se produce.	Grupo de trabajo	1,2	8	3	5	4
5	5.5	Evaluar en base a la información los accidentes	Evaluar los accidentes y tipos de accidentes (si es que han existido) durante el funcionamiento del proyecto.	Grupo de trabajo	1,2	8	3	5	4
6	5.6	Evaluar en base a la información la satisfacción del usuario	Evaluar la satisfacción de las personas al utilizar el biogás y compost producido a partir del proyecto.	Grupo de trabajo	1,2	8	3	5	4
7	5.7	Evaluación de durabilidad de la construcción del proyecto	Luego de un año de funcionamiento, evaluar infraestructura de todos los componentes del proyecto y con ello definir durabilidad del mismo.	Grupo de trabajo	1,2	8	52	60	52
8	5.8	Presentar resultados de evaluación	Luego de cada proceso de evaluación, se deberán presentar los resultados a los inversionistas.	Grupo de trabajo, Inversionistas	3,4,5,6,7	9	1.5	3	2
9	5.9	Tomar medidas en caso las evaluaciones no den resultados positivos	Con la presentación de resultados, se les brindará soluciones a los inversionistas sobre las áreas de oportunidad. (Esta actividad es opcional según el caso).	Inversionistas		8	3	5	4

Tabla No.64: Diccionario del WBS del entregable de investigación

Diccionario del WBS

Concientización para el aprovechamiento de residuos y diseño de un sistema integrado generador de energía que incluye la producción de biogás y compost en la Finca Don Alejandro, ubicada en el caserío El Rodeo, aldea Sitio de Las Flores, Asunción Mita, Jutiapa.

Proyecto:

Fecha:

14 de Feb. de 2014

Nombre: Investigación				Código:1				
Descripción: Este entregable consiste en realizar trabajo de investigación formal por parte de todo el equipo para planificar adecuadamente el proyecto.				Suposiciones: Todos los integrantes del equipo son expertos en los temas en que están encargados. Ninguno de los integrantes cobra un salario, ya que se trata de un proyecto social.				
Hitos: 1. Primera visita de campo 2. Segunda visita de campo 3. Junta con inversionistas para presentación de resultados 4. Aprobación de investigación 5. Entrega final de investigación				Fechas de culminación: 1. Fri 3/7/14 2. Mon 5/19/14 3. Wed 5/28/14 4. Wed 8/20/14 5. Wed 11/12/14				
ID	Actividad	Recurso	Labor	Material			Costo total	
			Semanas	Tasa	Total	Unidades	Costo	Total
1.1	Discusión sobre definición de pruebas y condiciones requeridas	Grupo de trabajo, Asesor	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.2	Definición de fechas para primera visita de campo	Grupo de trabajo, Asesor	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.3	Realización de visita de campo	Grupo de trabajo	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.4	Discusión grupal de resultados de visita	Grupo de trabajo	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.5	Generación de reportes de investigación preliminares de química	Nelly Tórtola	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ID	Actividad	Recurso	Labor	Material			Costo total	
			Semanas	Tasa	Total	Unidades	Costo	Total
1.6	Generación de reportes de investigación preliminares de civil	Fernanda Martínez	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.7	Generación de reportes de investigación preliminares de educación	Sylvia García	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.8	Generación de reportes de investigación preliminares de administración	Diego Posadas, Diego Linares	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.9	Definición de fechas para segunda visita de campo	Grupo de trabajo, Asesor	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.10	Realización de segunda visita de campo	Grupo de trabajo	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.11	Junta con inversionistas para presentación preliminar de resultados	Grupo de trabajo, Asesor, Inversionistas	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.12	Presentación formal de reportes de investigación de química	Nelly Tórtola	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.13	Presentación formal de reportes de investigación de civil	Fernanda Martínez	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.14	Presentación formal de reportes de investigación de educación	Sylvia García	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.15	Presentación formal de reportes de investigación de administración	Diego Posadas, Diego Linares	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ID	Actividad	Recurso	Labor	Material			Costo total	
			Semanas	Tasa	Total	Unidades	Costo	Total
1.16	Aprobación de material de investigación	Asesor	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.17	Unión de investigación (Consolidado)	Grupo de trabajo	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.18	Entrega final de investigación	Grupo de trabajo, Asesor	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Requerimientos de calidad: Información relevante en las investigaciones para la parte de ejecución del proyecto								
Criterio de aceptación: El asesor deberá aprobar el contenido de todas las investigaciones								
Información técnica: N/A								

Tabla No.65: Diccionario del WBS del entregable de diseño

Diccionario del WBS

Concientización para el aprovechamiento de residuos y diseño de un sistema integrado generador de energía que incluye la producción de biogás y compost en la Finca Don Alejandro, ubicada en el caserío El Rodeo, aldea Sitio de Las Flores, Asunción Mita, Jutiapa.

Proyecto: _____

Fecha: _____

14 de Feb. de 2014

Nombre: Diseño				Código:2				
Descripción: Este entregable consiste en realizar todo el trabajo de diseño que se requiere para la realización del proyecto.				Suposiciones: Todos los integrantes del equipo son expertos en los temas en que están encargados. Ninguno de los integrantes cobra un salario, ya que se trata de un proyecto social. Los diseños son corroborados con otros realizados en el pasado en otros proyectos similares.				
Hitos: 6. Aprobación de diseños preliminares 7. Aprobación final de diseños				Fechas de culminación: 6. Mon 8/11/14 7. Fri 11/21/14				
ID	Actividad	Recurso	Labor	Material			Costo total	
			Semanas	Tasa	Total	Unidades	Costo	Total
2.1	Planificar tiempos de entrega para diseños	Grupo de trabajo, Asesor	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2.2	Realizar diseño preliminar de reactor	Fernanda Martínez	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2.3	Realizar diseño preliminar de mezclador	Fernanda Martínez	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2.4	Realizar diseño preliminar de compostera	Fernanda Martínez	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2.5	Realizar diseño preliminar del sistema de distribución	Diego Posadas, Fernanda Martínez	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2.6	Realizar diseño preliminar de guías	Sylvia García	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ID	Actividad	Recurso	Labor	Material			Costo total	
			Semanas	Tasa	Total	Unidades	Costo	Total
2.7	Aprobación de diseños preliminares	Asesor	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2.8	Diseño final formal de reactor	Fernanda Martínez	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2.9	Diseño final formal de mezclador	Fernanda Martínez	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2.10	Diseño final formal de compostera	Fernanda Martínez	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2.11	Diseño final formal del sistema de distribución	Diego Posadas, Fernanda Martínez	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2.12	Diseño final formal de guías	Sylvia García	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2.13	Presentación formal de todos los diseños	Fernanda Martínez, Diego Posadas, Sylvia García	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2.14	Aprobación final de todos los diseños	Asesor	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Requerimientos de calidad: Diseños funcionales y sencillos para entendimiento de maestros de obra y albañiles (para reactor, mezclador, compostera y sistema de distribución) y para entendimiento de los habitantes de la finca en el caso de las guías.								
Criterio de aceptación: Aceptación del asesor								
Información técnica: Uso de AutoCad en diseño de reactor, mezclador, compostera y sistema de distribución.								

Tabla No. 66: Diccionario del WBS del entregable de concientización

Diccionario del WBS

Concientización para el aprovechamiento de residuos y diseño de un sistema integrado generador de energía que incluye la producción de biogás y compost en la Finca Don Alejandro, ubicada en el caserío El Rodeo, aldea Sitio de Las Flores, Asunción Mita, Jutiapa.

Proyecto:

Fecha:

14 de Feb. de 2014

Nombre: Concientización				Código: 3				
Descripción: Este entregable consiste en capacitar a las personas para el uso del reactor, distribución y quemador, además de informar acerca de los beneficios que tiene el uso de biogás.				Suposiciones: Las personas se encuentran dispuestas a conocer sobre el tema del proyecto y están interesados en cambiar la forma en que cocinan sus alimentos diarios.				
Hitos: 8. Presentar plan de capacitación y conferencias a los inversionistas 9. Realizar primera visita y brindar capacitaciones y conferencias 10. Presentar resultados de primera capacitación y conferencias 11. Realizar segunda visita de capacitación y conferencia 12. Presentar resultados finales				Fechas de culminación: 8. Wed 12/31/14 9. Fri 1/9/15 10. Mon 2/9/15 11. Wed 2/18/15 12. Thu 3/19/15				
ID	Actividad	Recurso	Labor	Material			Costo Total	
			Semanas	Tasa	Total	Unidades	Costo	Total
3.1	Planificar fechas para realizar las capacitaciones y conferencias	Sylvia García, Asesor	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3.2	Definir itinerarios para brindar conferencias	Sylvia García	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3.3	Definir actividades a realizar en las capacitaciones	Sylvia García	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ID	Actividad	Recurso	Labor	Material			Costo total	
			Semanas	Tasa	Total	Unidades	Costo	Total
3.4	Presentar plan de capacitación y conferencias a los inversionistas	Sylvia García	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3.5	Realizar primera visita y brindar capacitaciones y conferencias	Sylvia García, Beneficiarios del biogás	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3.6	Buscar retroalimentación sobre resultados	Sylvia García	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3.7	Presentar resultados de primera capacitación y conferencias	Sylvia García, Asesor	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3.8	Realizar segunda visita de capacitación y conferencia	Sylvia García, Beneficiarios del biogás	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3.9	Conocer resultados de las conferencias y capacitaciones	Sylvia García	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3.10	Presentar resultados finales	Sylvia García, Asesor, Inversionistas	1				Total de concientización:	Q 2,550.00
Requerimientos de calidad: N/A								
Criterio de aceptación: Reacción positiva por parte de la población								
Información técnica: N/A								

Tabla No. 67: Diccionario del WBS del entregable de construcción

Diccionario del WBS

Concientización para el aprovechamiento de residuos y diseño de un sistema integrado generador de energía que incluye la producción de biogás y compost en la Finca Don Alejandro, ubicada en el caserío El Rodeo, aldea Sitio de Las Flores, Asunción Mita, Jutiapa.

Proyecto:

Fecha:

14 de Feb. de 2014

Nombre: Construcción				Código:4				
Descripción: Este entregable consiste en realizar la construcción de todos los elementos del proyecto para que ya empiece el funcionamiento del mismo.				Suposiciones: Disponibilidad de maestros de obra y albañiles para la construcción				
Hitos: 13. Contratación de maestros de obra y albañiles 14. Entrega de obra terminada 15. Comienzo del funcionamiento del proyecto				Fechas de culminación: 13. Wed 5/20/15 14. Wed 10/7/15 15. Fri 11/27/15				
ID	Actividad	Recurso	Labor	Material			Costo total	
			Semanas	Tasa	Total	Unidades	Costo	Total
4.1	Planificación de días de construcción	Grupo de trabajo, Asesor, Inversionistas	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4.2	Contratación de maestros de obra y albañiles	Grupo de trabajo, Inversionistas, Empleados	4			30	Q165.00	Q4950.00
4.3	Explicación de planos a empleados	Fernanda Martínez, Diego Posadas	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4.4	Construcción de reactor	Empleados	2					
4.5	Construcción de mezclador	Empleados	2					

ID	Actividad	Recurso	Labor	Material			Costo total	
			Semanas	Tasa	Total	Unidades	Costo	Total
4.6	Construcción de compostera	Empleados	2					
4.7	Construcción de sistema de distribución	Empleados	2					
4.8	Revisión de la construcción terminada	Diego Posadas, Fernanda Martínez, Empleados	4				Total de construcción:	Q8026.10
4.9	Entrega de obra terminada	Empleados, Grupo de trabajo, Inversionistas	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4.10	Designación de responsabilidades de uso de reactor	Grupo de trabajo, Beneficiarios del biogás	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4.11	Comienzo del funcionamiento del proyecto	Beneficiarios del biogás	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Requerimientos de calidad: Construcciones formales de alta calidad para asegurar su durabilidad								
Criterio de aceptación: Estándares mínimos de calidad de construcción								
Información técnica: Planos diseñados en AutoCad								

Tabla No.68: Diccionario del WBS del entregable de control

Diccionario del WBS

Concientización para el aprovechamiento de residuos y diseño de un sistema integrado generador de energía que incluye la producción de biogás y compost en la Finca Don Alejandro, ubicada en el caserío El Rodeo, aldea Sitio de Las Flores, Asunción Mita, Jutiapa.

Proyecto: _____

Fecha: _____

14 de Feb. de 2014

Nombre: Control				Código:5				
Descripción: Este entregable consiste en realizar el seguimiento y control al proyecto.				Suposiciones: Disponibilidad del equipo para realizar los procesos de control				
Hitos: 16. Establecer parámetros de medición para evaluación 17. Establecer medición constante y continua de información 18. Presentar resultados de evaluación				Fechas de culminación: 16. Tue 12/8/15 17. Thu 12/17/15 18. Wed 11/15/17				
ID	Actividad	Recurso	Labor	Material			Costo total	
			Semanas	Tasa	Total	Unidades	Costo	Total
5.1	Establecer parámetros de medición para evaluación	Grupo de trabajo	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5.2	Establecer medición constante y continua de información	Grupo de trabajo	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5.3	Evaluar en base a la información el biogás producido	Grupo de trabajo	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5.4	Evaluar en base a la información el compost producido	Grupo de trabajo	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5.5	Evaluar en base a la información los accidentes	Grupo de trabajo	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

ID	Actividad	Recurso	Labor	Material			Costo total	
			Semanas	Tasa	Total	Unidades	Costo	Total
5.6	Evaluar en base a la información la satisfacción del usuario	Grupo de trabajo	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5.7	Evaluación de durabilidad de la construcción del proyecto	Grupo de trabajo	52	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5.8	Presentar resultados de evaluación	Grupo de trabajo, Inversionistas	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5.9	Tomar medidas en caso las evaluaciones no den resultados positivos	Inversionistas	4	-	-	-	-	Dependerá del resultado de las evaluaciones
Requerimientos de calidad: Funcionamiento correcto con base en parámetros definidos								
Criterio de aceptación: Parámetros de medición positivos								
Información técnica: N/A								

Ilustración No. 33: Cadena de Valor



Tabla No. 69: Diagrama PEPSU

DIAGRAMA PEPSU				
<i>PROCESO: Elaboración de biogás y compost</i>				
<i>ELABORADO POR: Diego Andrés Posadas Gutiérrez</i>				
<i>FECHA DE ELABORACION: 28/08/2014</i>				
<i>PROVEEDOR</i>	<i>ENTRADA</i>	<i>PROCESO</i>	<i>SALIDA</i>	<i>USUARIO</i>
Internos: Ganado vacuno Pozo	Excremento de vaca Agua	Producción de biogás a partir de agua y excremento	Biogás	Habitantes de la Finca Don Alejandro
Externos: Vendedor de lombrices rojas	Lombrices rojas	Producción de residuos de la mezcla inicial Producción de compost	Compost	Dueños de la Finca Don Alejandro (Uso en sembradíos)

Tabla No. 70: Diagrama de operaciones

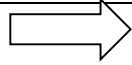



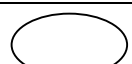
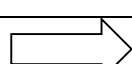
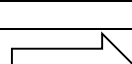

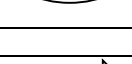
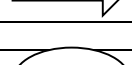
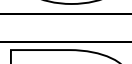
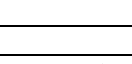
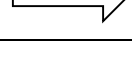
DOP		
Proceso: Elaboración de biogás y compost y distribución hacia los puntos de uso		
Elaborado por: Diego Andrés Posadas Gutiérrez		
Fecha de Elaboración: 21 de Agosto de 2014		
Número	Símbolo	Descripción de la Actividad
1		Transporte del agua y los residuos orgánicos desde el punto de recolección hacia el mezclador.
2		Mezcla del agua y los residuos orgánicos en las proporciones que maximizan la producción.
3		Ingreso de la mezcla al reactor.
4		Fermentación de la mezcla, en esta actividad se produce el biogás y compost
5		Uso de agitador mecánico.
6		Transporte del biogás desde el reactor hacia la válvula de seguridad.
7		Transporte del biogás desde la válvula de seguridad hacia el quemador.
8		Uso del biogás para cocinar alimentos.
9		Transporte de los residuos hacia la compostera.
10		Inoculación de los residuos.
11		Espera de creación de compost (Fases sicrófila, mesófila, termófila y enfriamiento y maduración.
12		Transporte del compost desde compostera hacia sembradío donde se aplicará como abono.
13		Aplicación del compost como abono.

Tabla No.71: Diagrama bimanual: proceso de uso de biogás

Diagrama Bimanual

OPERACION: Proceso de mezclado y llenado de reactor

ELABORADO POR: Diego Andrés Posadas Gutiérrez

FECHA DE ELABORACION: 24/08/2014

No. Movimiento	Mano izquierda	Símbolo								Mano derecha
		○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	
1	Alcanzar cubeta para agua	AL				AL				Alcanzar palangana
2	Tomar cubeta para agua	T				T				Tomar palangana
3	Sostener cubeta para agua	SO				U				Usar palangana hasta llenar cubeta
4	Sostener cubeta para agua	SO				S				Soltar palangana
5	Sostener cubeta para agua	SO				SO				Sostener cubeta para agua
6	Mover cubeta para agua hacia mezclador		M				M			Mover cubeta para agua hacia mezclador
7	Verter cubeta en el mezclador	U				U				Verter cubeta en el mezclador

No. Movimiento	Mano izquierda	Símbolo								Mano derecha
		○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	
8	Soltar cubeta	S				S				Soltar cubeta
9	Alcanzar cubeta para excremento	AL				AL				Alcanzar palangana
10	Tomar cubeta para excremento	T				T				Tomar palangana
11	Sostener cubeta para excremento	SO				U				Usar palangana hasta llenar cubeta
12	Sostener cubeta para excremento	SO				S				Soltar palangana
13	Sostener cubeta para excremento	SO				SO				Sostener cubeta para excremento
14	Mover cubeta para agua hacia mezclador		M				M			Mover cubeta para agua hacia mezclador
15	Verter cubeta en el mezclador	U				U				Verter cubeta en el mezclador
16	Soltar cubeta	S				S				Soltar cubeta
17	Alcanzar paleta	AL						D		Descanso
18	Tomar paleta	T				T				Tomar paleta
19	Usar paleta para mezclar	U				U				Usar paleta para mezclar
20	Soltar paleta	S				S				Soltar paleta

Diagrama bimanual

OPERACION: Proceso de uso de biogás

ELABORADO POR: Diego Andrés Posadas Gutiérrez

FECHA DE ELABORACION: 24/08/2014

No. Movimiento	Mano izquierda	Símbolo								Mano derecha
		○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	
1	Alcanzar llave de paso	AL				AL				Alcanzar tubería
2	Tomar llave de paso	T				T				Tomar tubería
3	Abrir llave de paso	U				SO				Sostener tubería
4	Soltar llave de paso	S				S				Soltar tubería
5	Alcanzar quemador	AL				AL				Alcanzar encendedor
6	Tomar quemador	T				T				Tomar encendedor
7	Preposicionar quemador	PP				SO				Sostener encendedor

No. Movimiento	Mano izquierda	Símbolo								Mano derecha
		○	➡	D	▽	○	➡	D	▽	
8	Descansar			D		U				Usar encendedor
9	Descansar			D		S				Soltar encendedor
10	Usar el fuego para cocinar	U				U				Usar el fuego para cocinar
11	Alcanzar soplador	AL						D		Descansar
12	Tomar soplador	T						D		Descansar
13	Usar soplador para apagar el quemador	U						D		Descansar
14	Alcanzar quemador	AL				AL				Alcanzar encendedor
15	Tomar quemador	T				T				Tomar encendedor
16	Preposicionar quemador (Guardar)	PP				PP				Preposicionar encendedor (Guardar)
17	Alcanzar llave de paso	AL				AL				Alcanzar tubería
18	Tomar llave de paso	T				T				Tomar tubería
19	Cerrar llave de paso	U				SO				Sostener tubería
20	Soltar llave de paso	S				S				Soltar tubería

1. Primer paso: Orientación

1.1 Concepto

Esta es la primera etapa, la cual prepara a la persona para que aprenda. Se crea un ambiente de motivación, despierta el interés de los participantes y establece la conexión necesaria con el conocimiento previo. El estudiante recibe con mayor facilidad el tema y con disposición de aprender, ya que le permite construir entendimiento basándose desde sus conocimientos previos. Antecedentes, términos de vocabulario, prerrequisitos y referencia a recursos proveen al alumno con la información necesaria para iniciar el nuevo aprendizaje de algo en específico.

1.2 Responsable: El guía o facilitador

1.3 Objetivo:

- Introducir el tema de biogás y biofertilizante por medio de los recursos que se puede utilizar nuevamente, como los recursos naturales renovables.
- Utilizar videos, posters y preguntas orales para informar acerca de los recursos naturales renovables.

1.4 Tiempo: 25 minutos

1.5 Recursos:

- Poster Gráfico
- Cuestionario 1.1
- Video No.1

1.6 Metodología

Para estudiantes del Centro Educativo:

- Colocar en cada clase, acerca de recursos renovables que se pueden encontrar en la naturaleza. El guía realiza algunas preguntas (Cuestionario1.1) para que comenten acerca del tema.
- Reunir a los estudiantes para observar el video No.1 acerca del aprovechamiento de los recursos renovables que se pueden encontrar en la naturaleza.
- Organizar a los estudiantes en grupos de 5 personas, donde se le entrega a cada grupo el material para que dibujen los posibles recursos renovables que se encuentran en su comunidad.
- Cada grupo tendrá un tiempo para explicar los recursos renovables que dibujaron. Para esto tendrán 5 minutos cada grupo.

Para adultos:

- Reunir a las personas en un salón, para darles una charla introductoria de los beneficios de los recursos renovables.

- Observar un Video No.1 acerca del aprovechamiento de los recursos renovables que se encuentran en la naturaleza.
- Colocar a las personas en un círculo para discutir el video por medio de preguntas generadoras (Cuestionario 1.1)
- Organizar a las personas en grupos de 5, en donde se le entrega a cada grupo el material para que dibujen los posibles recursos renovables que se encuentran en su comunidad y el uso que se le puede dar.
- Cada grupo tiene 5 minutos para explicar los recursos renovables que dibujaron y el posible uso que puede tener.

2. Segundo paso: Exploración

Concepto

Se emplea una serie de tareas o actividades para que los estudiantes logren el aprendizaje y así alcanzar los objetivos propuestos. Esta etapa se les da la oportunidad de hacer observaciones, experimentos, recolectar, examinar, analizar información, investigar relaciones, proponer, probar hipótesis.

2.1 Responsable: El guía

2.2 Objetivos:

- Identificar y mencionar la diferencia entre una planta con compost y otra que no lo tenga.
- Analizar el caso y escribir o comentar las diferentes hipótesis que tienen acerca del caso de forma grupal

2.3 Tiempo: 25 minutos

2.4 Recursos:

- Caso No.1
- Infografía 1.1

2.5 Metodología

Para estudiantes del Centro Educativo:

- Resolver el caso No. 1 referente a la comparación de plantas con abono orgánico y otra que no utiliza abono.
- En los grupos de trabajo, escribir las posibles hipótesis de qué planta será mejor y detallar los argumentos.

- El guía reúne a todos los grupos para que comenten sus diferentes hipótesis.
- Comprobar la hipótesis planteada por los estudiantes, esto se verificará por medio de la presentación de dos plantas donde se puede observar la diferencia que existe entre las plantas que utilizan abono orgánico y la que no.
- El guía explica los beneficios del compost por medio de infografías 1.1.

Para adultos:

- Resolver el caso No. 1 que el guía les leerá, la cual es referente a la utilización de abono en plantas.
- Colocar a todos los grupos en un círculo, la cual cada grupo comentará sus posibles hipótesis de qué planta será mejor.
- Comprobar la hipótesis planteada por las personas, esto se verificará por medio de la presentación de dos plantas donde se puede observar la diferencia que existe entre las plantas que utilizan abono orgánico y la que no.
- El guía explica los beneficios del compost por medio de infografía 1.1.

3. Tercer paso: Formación de conceptos

3.1 Concepto

Como producto de la exploración, los conceptos son introducidos y formados. En vez de introducir la información por medio de libros de texto o de clases magistrales, se emplea un entendimiento por medio de involucrar a los estudiantes en el descubrimiento. Este proceso es construido por medio de preguntas que los obligan a pensar de manera crítica y analizar un lugar de sólo escuchar información. Se guía al estudiante a las conexiones apropiadas y las conclusiones que aporten a la construcción de un verdadero entendimiento del concepto aprendido.

3.2 Responsable: El guía

3.3 Objetivos

- Emplear información relevante del compost, biogás y biodigestor.
- Presentar material gráfico para una mejor comprensión del procedimiento para elaborar biogás.
- Describir los diferentes usos que puede tener el estiércol como los desechos orgánicos.
- Utilizar diferente tipo de material visua para un mejor entendimiento de la información.
- Analizar y resolver casos de manera oral o escrita en los grupos de trabajo.

3.4 Tiempo: 15 minutos cada estación

3.5 Recursos:

- Infografía 1.2 y 1.3
- Video No.2
- Cuestionario No.1.2 y 1.3
- Rotafolio (ilustración No.1 y 2)
- Caso No.2

3.6 Metodología

Para estudiantes del Centro Educativo:

- Se harán grupos de 10 y se pondrán 3 estaciones, se rotan cada 15 minutos a la otra estación.

Primera estación: Aprovechamiento del estiércol de animal y desechos orgánicos.

- El guía lleva diferente infografía 1.2 para poder explicar las diferentes maneras de aprovechar los recursos como el estiércol, hojas secas y residuo de comida.
- De acuerdo a la explicación, se les proporciona al grupo un Caso No.2 para que resuelvan la problemática que se presenta, el grupo comentará la solución que dieron en este caso.
- El guía da una presentación por medio del rotafolio (ilustraciones No.1) para hacer énfasis de los beneficios que trae el utilizar los desechos orgánicos en la comunidad.

Segunda estación: Contaminación producido por leña y quema de basura así como el uso del biogás y sus beneficios

- Se les dan datos del daño que produce la leña y la quema de basura por medio del rotafolio y las soluciones para que disminuya la contaminación.
- Observar el Video No.2 donde explica detalladamente el proceso y los beneficios que produce el biogás.
- El guía les formula preguntas (Cuestionario 1.2) de lo que observaron en el video.
- Las personas responden las preguntas de manera oral.
- Por último de acuerdo a lo que observaron, las personas dibujan el procedimiento para que se produzca el biogás utilizando carteles.

Tercera estación: Compost y sus beneficios

- El guía explica por medio de infografías 1.3 el concepto de compost, así como sus ventajas y beneficios.

- Hacer 3 grupos de aproximadamente 5 personas.
- Proporcionar el caso No.3 y una serie de preguntas (cuestionario 1.3) que deben de responder al finalizar la explicación.

Para adultos:

Se harán grupos de 5 y se pondrán 3 estaciones, se rotan cada 15 minutos a la otra estación.

- Primera estación: Aprovechamiento del estiércol de animal y desechos orgánicos.
 - El guía lleva diferente infografía 1.2 para poder explicar las diferentes maneras de aprovechar los recursos como el estiércol, hojas secas y residuo de comida.
 - De acuerdo a la explicación, el guía les dice el Caso No.2, para que resuelvan la problemática que se presenta, el grupo comentará la solución o soluciones que le dan al caso.
 - El guía imparte una presentación utilizando un rotafolio (ilustración No.1) con el propósito de hacer énfasis de los beneficios y ventajas que trae el utilizar los desechos orgánicos en la comunidad.
- Segunda estación: Contaminación producido por leña y quema de basura así como el uso del biogás y sus beneficios
 - Se les dan datos del daño que produce la leña y la quema de basura por medio del rotafolio (ilustración No.2) y las soluciones para que disminuya la contaminación.
 - Observar el video No.2 donde explica detalladamente el proceso y los beneficios que produce el biogás.
 - El guía les formula preguntas (Cuestionario 1.2) de lo que observaron en el video.
 - Las personas responden las preguntas de manera oral.
 - Por último de acuerdo a lo que observaron, las personas dibujan el procedimiento para que se produzca el biogás utilizando carteles.
- Tercera estación: Compost y sus beneficios
 - El guía explica por medio de infografías 1.3 lo que es el compostaje, así como sus ventajas y beneficios.
 - Formar 3 grupos de aproximadamente 5 personas .
 - Proporcionar el caso No.2 y una serie de preguntas (cuestionario 1.3) que deben responder de manera oral.

4. Cuarto Paso: Aplicación

4.1 Concepto

Cuando se identifica el concepto esta etapa lo refuerza y lo incrementa. Para la aplicación implica usar el nuevo conocimiento en ejercicios, problemas. Los ejercicios dan al alumno la oportunidad de construir confianza en situaciones simples. Las preguntas de investigación identifican las oportunidades para el estudiante se pueda ampliar en su aprendizaje mostrando los nuevos tópicos, preguntas o hipótesis.

4.2 Responsable: Guía y ayuda de dos colaboradores

4.3 Objetivos:

- Realizar un biodigestor casero donde se pueda hacer paso a paso lo que se necesita.
- Escribir o comentar las hipótesis del tiempo que se tardará para producir biogás y el compost.

4.4 Tiempo: 25 minutos

4.5 Recursos:

- Lista de material No.1
- Guía No. 1

4.6 Metodología:

Estudiantes en el Centro Educativo:

- Colocar a los estudiantes en grupos de 8.
- El guía les emplea a cada grupo el material (Lista de material 1) que necesita para la elaboración del mini biodigestor.
- El instructor realiza junto con los estudiantes la guía No.1 donde se detalla cómo realizar un mini biodigestor.
- Al finalizar el procedimiento, cada grupo tiene un tiempo de 10 minutos para discutir y escribir sus hipótesis sobre el tiempo se tardará en ver el biogás y compost en el mini biodigestor.
- El guía lleva un minibiodigestor que realizó semanas previas para que los estudiantes miren el producto terminado.

Para adultos:

- Colocar a las personas en grupos de 8.

- El guía les emplea a cada grupo el material (Lista de material 1) que necesita para la elaboración del mini biodigestor.
- El instructor realiza junto con los estudiantes la guía No.1 donde se detalla cómo realizar un mini biodigestor.
- Al finalizar el procedimiento, cada grupo tiene un tiempo para comentar las hipótesis sobre el tiempo que se tardará en ver el biogás y compost en el mini biodigestor.
- El guía lleva un mini biodigestor que realizó semanas previas para que las personas miren el producto terminado.

5. Quinto paso: Cierre

5.1 Concepto

Como actividad de cierre con los estudiantes validando sus resultados reflexionando en lo que han aprendido y evaluando su desempeño. La validación se puede obtener al reportar los resultados a otros compañeros y al instructor para obtener sus opiniones en cuanto a la calidad y al contenido presentado. Cuando se le pregunta a los alumnos de lo que han aprendido, su conocimiento se consolida, ellos comprueban que han sido premiados por su arduo trabajo. La autoevaluación es la llave para tener éxito a lo largo de su vida ya que promueve el mejoramiento continuo.

5.1 Responsable: el guía

5.2 Objetivos:

- Hacer un mural donde se escriba y dibuja acerca del aprovechamiento de los desechos orgánicos, el beneficio del uso del biogás y compost.
- Solucionar el problema que se les dá utilizando la nueva información que se les brindó con anterioridad.

5.3 Tiempo: 25 minutos

5.4 Recursos:

- Caso No.3
- Cuestionario No.1.4

5.5 Metodología

Estudiantes en el Centro Educativo:

- Los estudiantes deben de elaborar un mural con la siguiente información:
 - Aprovechamiento de los desechos orgánicos y estiércol.
 - ¿Para qué sirve un biodigestor?
 - Beneficios y ventajas del biogás y compost.

Para adultos

- Se da el Caso 3 donde plantean la solución al problema de manera oral.
- En parejas responden las preguntas (cuestionario 1.4)

XIII. Glosario

- 1) Afluente: Que afluye. Aquello que se presenta de forma abundante o en gran cantidad dirigiéndose a un único punto.
- 2) Ahorro: Parte de los ingresos no destinada a la obtención de bienes o servicios inmediatos.
- 3) Por tanto, es el porcentaje de los ingresos que no se contempla dentro de gastos, costos e inversiones inmediatas.
- 4) Anaerobio: Organismo que puede vivir y desarrollarse en ausencia de oxígeno.
- 5) Análisis de escenarios: Estudio de eventos con probabilidades altas de ocurrencia, utilizado para la evaluación de sucesos futuros.
- 6) Análisis de tendencias: Método para estimar la demanda a futuro de la oferta de una compañía. Comúnmente se hace por tendencias históricas, tomando los promedios de los últimos tres a cinco años.
- 7) Andragogía: es la ciencia que estudia las técnicas de enseñanza orientadas a educar personas adultas.
- 8) Asimilación cultural: Mecanismo mediante el cual una empresa o persona aprende acerca de las actitudes, valores, principios y comportamientos de otra (s) cultura (s).
- 9) Azolvamiento: Acumulación de materia inerte en el fondo del digestor; es lo que disminuye el volumen efectivo, reduciendo así su capacidad y productividad.
- 10) Benchmarking: Modelo de administración que busca la mejora continua de las mejores prácticas de negocio por medio del aprendizaje de las metodologías de otras empresas.
- 11) Bioabono: Residuo de un digestor que presenta propiedades de abono orgánico, con un mayor contenido de nutrientes y materia orgánica.
- 12) Biodigestor: Reactor hermético en el que se lleva a cabo la digestión anaeróbica de los desechos orgánicos de forma controlada.
- 13) Biogás: Gas producido por digestión anaeróbica de los desechos orgánicos. Generalmente está compuesto de 40-70% en volumen de metano y el resto de dióxido de carbono, con trazas de sulfuro de hidrógeno.
- 14) Biomasa: Materia total de los seres que viven en determinado lugar, establecida por unidad de peso de área. A su vez esta puede ser materia orgánica en un proceso biológico para uso de fuente de energía.
- 15) Biotecnología: es una herramienta que permite aplicar y aprovechar los amplios conocimientos de varias ciencias como la genética, biología, medicina, química, fisiología e ingeniería entre otras.

16) Cadena de valor: Combinación organizada de las actividades básicas y agregadas de una empresa para la oferta de sus bienes y servicios para generar mayores márgenes de utilidad.

17) Capital de riesgo: Son recursos financieros que un inversionista coloca en empresas, negocios o transacciones de alto riesgo, con el objetivo de lograr una rentabilidad mayor a la esperada en otros escenarios. Se encuentra en mercados de nuevas empresas y buscatalentos.

18) Capital de trabajo: Es la diferencia entre los activos y pasivos circulantes de la empresa.

19) Capital: Sumatoria de todos los valores, bienes y recursos utilizados para la constitución y puesta en marcha de una empresa o negocio.

20) Ciclo de vida: Lapso de tiempo que toma un producto o servicio desde que es creado hasta que decae. Básicamente se distinguen las siguientes etapas en su orden: 1. Creación, 2. Crecimiento, 4. Madurez, y 4. Decaimiento. Estos ciclos por medio de innovaciones y mejoras son renovados, creando a su vez un nuevo ciclo de vida. Según la estructura productiva de la organización, las etapas pueden variar en su forma de ejecutarse y en el tiempo que toma cada una.

21) Clima de negocios o clima económico: Nivel de riesgo asociado a las inversiones en los mercados nacionales o extranjeros sobre productos financieros.

22) Clima organizacional: Estado de percepción que el personal de una organización tiene sobre su empresa con respecto al ambiente de trabajo en que ejerce sus labores.

23) Commodities: Bienes primarios o materias primas que se transan internacionalmente para ser transformados.

24) Competencia directa: Aquella que ofrece productos y servicios con características similares a los ofrecidos por una empresa, que satisfacen las mismas necesidades de la demanda del mercado.

25) Competencia indirecta: Aquella que satisface las mismas necesidades de la demanda del mercado con productos y servicios con características diferentes a los ofrecidos por una empresa.

26) Compost : Abono orgánico, de obtención fácil; el cual es el resultado de la descomposición de materia orgánica.

27) Compost: Proceso basado en el reciclado de la materia orgánica mediante una fermentación controlada en condiciones aeróbicas.

28) Constructivismo: s una corriente pedagógica basada en la teoría del conocimiento constructivista, que postula la necesidad de entregar al alumno herramientas (generar andamiajes) que le permitan construir sus propios procedimientos para resolver una situación problemática, lo que implica que sus ideas se modifiquen y siga aprendiendo.

29) Consumo: Es un fin básico de la economía, mediante el cual los bienes y servicios ofrecidos en el mercado son utilizados en los fines a que están destinados, satisfaciendo necesidades básicas, suntuarias o de producción.

30) Costo de vida: Directamente relacionado con el IPC, es como se le llama al índice que muestra los cambios en los precios de bienes y servicios de consumo regular de las familias e individuos. Con base en este dato se modifican los salarios y honorarios de trabajo.

31) Costos fijos: Aquellos que permanecen constantes así la producción se incremente, se disminuya o no se produzca, puesto que son implícitos dentro del proceso.

32) Costos variables: Aquellos que fluctúan o varían de acuerdo al nivel o cantidad de producción de una empresa en un periodo determinado.

33) Cultura organizacional: Conjunto de valores y principios de carácter grupal compartido destinada el cambio planificado en organizaciones. Su conformación exige un proceso completo de especificación y adaptación a tales características comunes.

34) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Es la cantidad de oxígeno necesaria por los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable.

35) Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es la cantidad de oxígeno necesaria por los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable y no biodegradable.

36) Desarrollo organizacional: Ligado a cultura organizacional, son los valores, principios y conceptos sociales del conjunto de personas de la organización, todas estas orientadas a las operaciones básicas y de cambio planteadas a nivel empresarial.

37) Desechos Sólidos: Residuos que genera el ser humano por sus actividades diarias y no son líquidos ni gaseosos.

38) Deslocalización: Acción de trasladar una producción industrial de una región a otra o de un país a otro, normalmente buscando menores costes empresariales.

39) Diagrama de gantt: El diagrama de Gantt es una útil herramienta gráfica cuyo objetivo es exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado.

40) Digestión anaeróbica: Es una serie de procesos en los cuales microorganismos descomponen material biodegradable en la ausencia de oxígeno.

41) Dirección: Habilidad gerencial y de liderazgo mediante la cual se dirige, influye y motiva a los seguidores y miembros de la compañía a la consecución de tareas relativas al mejoramiento empresarial.

42) EDT: Una Estructura de Descomposición del Trabajo o EDT, también conocida por su nombre en inglés Work Breakdown Structure o WBS, es en gestión de proyectos una descomposición jerárquica orientada al entregable, del trabajo a ser ejecutado por el equipo de proyecto, para cumplir con los objetivos de éste y crear los entregables requeridos, con cada nivel descendente de la EDT representando una definición con un detalle incrementado del trabajo del proyecto.

43) Eficacia: Es la capacidad de acertar en la selección de los objetivos y las labores más adecuadas de acuerdo a las metas de la organización.

44) Eficiencia: Es la capacidad de hacer las labores trazadas de la mejor manera posible con un mínimo de recursos empleados.

45) Efluente: Material estabilizado que ha pasado por el proceso de digestión anaerobia.

46) Empowerment: Estrategia de liderazgo que mejora el desempeño de las organizaciones con efectos directos en la cultura y el clima organizacional al maximizar las capacidades del personal y la libertad de utilizar su criterio para la toma de decisiones en tareas propias o comunes.

47) Evaluación de desempeño: Labor que evaluar la conducta y el trabajo de las personas de la organización, individual y grupalmente, respecto a las labores bajo su responsabilidad y los logros alcanzados en el mismo.

48) Factores de producción: Se consideran básicos: la tierra, la mano de obra y el capital.

49) Fertilizante: Sustancia destinada a abastecer y suministrar los elementos químicos al suelo para que este lo absorba.

50) Flete: Valor pagado por el transporte de mercancías a un agente de carga u operador de transporte logístico.

51) Fluctuación: Variabilidad en los precios y el valor de los activos transables, lo cual hace que estos suban o bajen durante determinado periodo.

52) Indicadores económicos: Datos empleados en el análisis del clima financiero y económico, en el que se basan presupuestos, inversiones y predicciones. De este entonces, se deriva la especulación.

53) Índice de precios al consumidor ipc: Es un dato producto de estadísticas combinadas que involucran los precios al por menor de un conjunto de bienes y servicios básicos o de uso continuo (canasta familiar, en Colombia), a una cantidad y calidad constantes durante un periodo de tiempo.

54) Índice de precios al productor ipp: Es un dato producto de estadísticas combinadas de los precios de un conjunto de bienes y servicios no solo de uso continuo sino además de otra índole, diferenciándose del IPC en los subgrupos en los que se divide el índice.

55) Índice de precios: Dato que ilustra la variabilidad en los niveles medios de los precios de los bienes y servicios, tomando los más comunes.

56) Índice: Dato que relaciona dos o más variables entre sí, siendo útil para el análisis financiero y económico de las empresas para evaluar matrices de datos y variables.

57) Infografía: técnica de obtención de imágenes por medio de procedimientos informáticos.

58) Innovación: Cambios que se efectúan con el objeto de mejorar los resultados e impactos tanto a nivel de la empresa como ante el consumidor o demandante de sus bienes y servicios. Se realizan con el fin de mejorar las técnicas operativas y productivas, de tal forma que se obtenga la misma (o mayor) cantidad de producción con mayor calidad utilizando menos recursos. Algunas innovaciones dan lugar a creaciones o mejoras en algo ya existente (inventos) o a la incursión de algo nunca antes utilizado (descubrimientos); todo ligado a la investigación.

59) Interés: Es el valor del dinero. Es un promedio que mide la apreciación o depreciación de la renta misma de la moneda local.

60) Investigación cualitativa: Aquella cuyos resultados se basan en observaciones y estudios perceptibles, no necesariamente palpables. Su medición no suele ser numérica, puesto que son resultados característicos intangibles, y son más empleados como herramienta de estudio de variables culturales y comportamiento del consumidor.

61) Investigación cuantitativa: Aquella cuyos resultados se miden en términos palpables o tangibles, usualmente numéricos, que describen con mayor exactitud los resultados obtenidos. Comúnmente pueden generar índices estadísticos.

62) Lluvia de ideas: Acción que promueve la innovación en los procesos y la creatividad de las personas mediante la libre expresión de ideas acerca de los modos de trabajo y demás procedimientos en los que se incurre tradicionalmente para la ejecución de labores básicas, con el objeto de mejorar las existentes y fijar nuevos objetivos; inclusive para cambiar la misión y la visión de la organización.

63) Logística: Proceso que controla las labores de entrada, transformación (caja negra) y salida en los procesos productivos de una empresa. En términos comerciales y de distribución nacional e internacional es un proceso mediante el cual se controla el flujo de bienes detalladamente desde un lugar de origen hasta su destino.

64) Manejo de materiales: Estructura de manejo y control de todo lo relativo a inventarios para asegurar la eficiencia productiva de la organización.

65) Materia orgánica: Materia de origen animal o vegetal, de la cual no puede obtenerse un beneficio directo ya que representa un desperdicio.

66) Metano: Gas de efecto invernadero, que contribuye al calentamiento global

67) Misión: Razón de ser y trabajar de la empresa basada en los propósitos trazados a un momento determinado, medida, cuantificada y alcanzable. Relativo al "quienes somos".

68) Nitrógeno Amónico: Es el resultado de la primera transformación del nitrógeno orgánico, este es tóxico a niveles altos.

69) PEPSU: El Mapa General de Procesos (PEPSU) es producto del diagnóstico y del análisis de la unidad administrativa, en donde se identifica con claridad, el producto final de trabajo, el proceso respectivo como punto de partida para la integración del procedimiento correspondiente.

70) Plan de negocios: Documento maestro de la empresa en el cual se refleja detalladamente toda la funcionalidad de la misma, demarcando desde las estrategias y tácticas a desarrollar, hasta el perfil de empresa y el desarrollo específico de cada área de la compañía a futuro. Según expertos, es la radiografía general de la empresa.

71) Planeación estratégica: Relativo directamente al plan de negocios y demás estructuras de trabajo planificadas, es todo un proceso detallado mediante el cual los

líderes y directivos de la compañía expresan los nuevos objetivos a cumplir y la forma como se procederá para la consecución de los mismos a término de un periodo de tiempo específico

72) Productividad: Nivel de eficiencia y eficacia que combinadas correctamente ofrecen resultados de mejoras en la producción de la empresa.

73) Recursos renovables: es un recurso natural que se puede restaurar por procesos naturales a una velocidad superior a la del consumo por los seres humanos.

74) Reingeniería: Proceso en el cual una empresa reinventa todos los procesos que efectúa a nivel interno y externo, de tal forma que los métodos anteriores se transformen en su totalidad.

75) Ruta crítica: Línea de todo el proceso productivo de la empresa que describe los procedimientos más demorados en términos de tiempo que pueden relacionarse a los factores claves de éxito de la empresa con respecto a su proceso productivo.

76) Sólidos totales: Son todos los sólidos presentes en una sustancia. En el caso de los desechos se refiere a los sólidos volátiles y a los sólidos inorgánicos.

77) Sólidos volátiles: Son los sólidos presentes en la materia orgánica que las bacterias pueden descomponer.

78) Sustrato: Material no líquido que aporta los nutrientes que se emplean en un proceso biológico, para el crecimiento y metabolismo de los microorganismos que lo llevan a cabo.

79) Ventaja competitiva: Características básicas o agregadas de una empresa que le otorgan distinción en tales aspectos frente a su competencia directa e indirecta.

80) Visión: Razón por la cual la organización trabaja en pro de convertirse en cuanto se aspira bajo el mismo concepto. Es lo que llegará a ser la empresa por medio de sus objetivos, metas y misiones a corto, mediano y largo plazo. Relativo al "quienes queremos (o llegaremos a) ser".