

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Megaproyecto

Tratamiento de desechos sólidos municipales en Zaragoza, Chimaltenango

Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil por parte de Edgar Samuel Ruano Donis

Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química por parte de Alejandro Lau Muñoz

Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial por parte de Juan Carlos Uriel Gómez Gómez

Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial por parte de Flor de María Martínez Gorrochategui

Guatemala

2011

Megaproyecto

Tratamiento de desechos sólidos municipales en Zaragoza, Chimaltenango

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Megaproyecto

Tratamiento de desechos sólidos municipales en Zaragoza, Chimaltenango

Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil por parte de Edgar Samuel Ruano Donis

Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química por parte de Alejandro Lau Muñoz

Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial por parte de Juan Carlos Uriel Gómez Gómez

Trabajo de investigación presentado para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial por parte de Flor de María Martínez Gorrochategui

Guatemala

2011

Vo. Bo. :

(f.)



Ing. (Cristian Ross)

Tribunal:

(f.)

MSC. (Gamaliel Zambrano)

(f.)



MBA. (Roberto Godo)

(f.)



MAI. (Estuardo Sierra)

Fecha de aprobación del examen de graduación: Guatemala, 30 de noviembre de 2011

PREFACIO

En muchas comunidades se ha hecho evidente que no existe un manejo adecuado de los desechos sólidos que éstas producen, ya sea porque no se tienen los recursos necesarios para invertir en un manejo responsable, la asesoría técnica para implementar un proyecto que permita manejar de la forma correcta y adecuada los desechos, o el conocimiento de la importancia de este proceso y la forma en que la existencia del mismo les podría ayudar como comunidad. Sin embargo, sin que importe cuál sea la razón, el resultado final ha sido el mismo en muchos lugares de Guatemala; provocando daños en el medio ambiente, en la salud de los habitantes que viven en las cercanías de los botaderos, y en los recursos naturales que son parte importante de cada pueblo; la comunidad de Zaragoza, Chimaltenango, no es la excepción.

Debido a que este problema va volviéndose poco a poco mayor, las personas toman medidas evasivas, tales como alejar los basureros del lugar en donde viven, reubicarlos en barrancos o ríos, quemar los desechos sólidos, o enterrarlos. Estas soluciones sólo son superficiales y en ocasiones generan problemas aún mayores. Tratando de buscar nuevas soluciones para este problema y considerando que Guatemala cuenta con personal especializado en el tema, ayuda técnica, propuestas nuevas y entusiasmo de las personas por resolver este problema que nos afecta a todos, se consideró la posibilidad de la construcción de una planta de tratamiento de desechos sólidos - en este caso, específicamente para la comunidad de Zaragoza - para poder mejorar el manejo de estos y crear la propuesta de una solución viable basada en estudios técnicos y datos reales.

CONTENIDO

PREFACIO	v
CONTENIDO.....	vi
LISTA DE ILUSTRACIONES	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE TABLAS.....	xvii
RESUMEN	xxii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
A. Generales	3
B. Específicos	3
III. ANTECEDENTES	4
A. Definición de desechos sólidos	4
1. Desechos sólidos municipales.....	4
B. Manejo integral de desechos sólidos municipales.....	5
1. Reducción de la fuente.....	6
2. Reciclaje y compostaje.....	7

3.	Combustión.....	8
4.	Rellenos sanitarios.....	9
C.	El manejo de los desechos sólidos municipales.....	10
1.	Introducción.....	10
2.	Principios del manejo de desechos sólidos municipales.....	12
3.	Jerarquía de métodos de manejo de desechos.....	15
4.	Minimización de desechos.....	16
5.	Recuperación de recursos mediante reciclaje de materiales.....	16
6.	Recuperación de recursos mediante procesamiento de desechos.....	17
7.	Disposición de recursos.....	18
8.	Componentes de un sistema de manejo de desechos sólidos municipales.....	18
9.	Vínculos entre el sistema de manejo de desechos sólidos municipales y otros tipos de desechos generados en un centro urbano.....	22
10.	Desarrollo de un sistema de manejo de desechos sólidos municipales.....	23
IV.	JUSTIFICACIÓN.....	25
V.	RAZONAMIENTO.....	27
A.	Propuesta de solución al problema.....	27
1.	Línea de compostaje.....	27
2.	Línea de papel.....	27
3.	Línea de PET.....	28
4.	Línea de desechos sobrantes.....	28

B.	Resultados esperados	28
1.	Ingeniería Química	28
2.	Ingeniería Industrial.....	29
3.	Ingeniería Civil	30
VI.	METODOLOGÍA.....	33
A.	Participantes	33
B.	Población y muestra	33
C.	Evaluación de herramientas de análisis	33
D.	Construcción de la herramienta de medición	33
E.	Diseño de la investigación	34
F.	Materiales y recursos.....	34
1.	Materiales para el análisis topográfico.....	34
2.	Materiales para el estudio estadístico de la basura <i>in situ</i>	35
3.	Materiales para el pre-diseño estructural.....	35
4.	Materiales para pre-diseño de líneas de procesos	36
G.	Procedimiento.....	36
1.	Propuesta del megaproyecto.....	36
2.	Evaluación por parte de las autoridades de la Universidad.	36
3.	Contacto con la Municipalidad de Zaragoza, Chimaltenango.	37
4.	Exposición de la propuesta a la Municipalidad.	38
5.	Aprobación para hacer estudios en la comunidad.	38

6.	Visita al basurero actual para evaluar el problema.	38
7.	Visita al lugar propuesto para la nueva solución de desechos.....	39
8.	Estudio topográfico en la posible área de construcción.	40
9.	Estudio de los desechos sólidos municipales.	40
10.	Interpretación de los volúmenes obtenidos.....	42
11.	Definición de áreas necesarias en la nueva planta.	43
12.	Pre-diseño de planta de tratamiento.....	43
13.	Análisis de costos para la construcción de la planta de tratamiento.	43
14.	Factibilidad.	43
15.	Comercialización.....	44
16.	Presentación de resultados.	44
VII.	RESULTADOS	45
A.	Análisis estadístico	45
B.	Bases de diseño	51
C.	Diagrama de flujo línea de reciclaje de PET.....	54
D.	Diagrama de flujo línea de papel.....	55
E.	Diagrama de flujo línea de compostaje	56
F.	Equipo	56
G.	Topografía del sitio	58
H.	Curvas de nivel del terreno	58
I.	Representación gráfica de la curva de nivel.....	59

J.	Áreas necesarias en la planta de tratamiento	59
K.	Representación grafica del uso de las áreas.....	60
L.	Pre-diseño de la planta de tratamiento.....	61
1.	Tipología estructural.....	61
2.	Cargas vivas de diseño.....	62
3.	Cargas muertas superpuestas.....	62
4.	Cargas por viento.....	62
5.	Aspectos sísmicos.....	63
6.	Esfuerzos de diseño.....	66
7.	Planta de tratamiento de desechos sólidos.....	67
M.	Inversión Inicial	78
N.	Costos operativos	82
O.	Factibilidad	86
P.	Comercialización	97
VIII.	DISCUSIÓN	102
A.	Análisis estadístico	102
B.	Pre-diseño de planta de tratamiento	106
C.	Bases de diseño	111
1.	Objetivo general del diseño.....	111
2.	Metas y deseos del Municipio de Zaragoza, Chimaltenango.....	111
3.	Productos de la planta.....	112

4.	Especificaciones compost.	112
5.	Especificaciones de las hojuelas de PET.	113
6.	Especificaciones del papel reciclado.	113
7.	Procesamiento de materia diario para el 2021.	113
8.	Servicios básicos y accesibilidad a la planta.	114
9.	Tecnología.	115
10.	Filosofía de operación de la planta.	115
11.	Reportes de trabajo.	116
12.	Meta a corto plazo.	116
13.	Meta a mediano plazo.	117
14.	Meta a largo plazo.	117
15.	Localización de la planta.	118
16.	Infraestructura.	118
17.	Tiempo de operación de la planta.	119
18.	Tipo de operación de la planta.	119
D.	Balance de masa y diagrama de flujo	119
1.	Balance de masa línea de papel.	120
2.	Balance de masa línea de PET.	121
3.	Balance de masa línea de compost.	122
E.	Análisis de costos	123
F.	Análisis de factibilidad.	128

G. Análisis mercadológico de los subproductos.....	133
IX. CONCLUSIONES.....	139
X. RECOMENDACIONES	145
XI. BIBLIOGRAFÍA	149
XII. APÉNDICES	151
A. Características y especificaciones de las herramientas e instrumentos utilizados.....	151
1. Odómetro utilizado	151
2. GPS utilizado	152
3. Balanza de resorte	153
4. Guantes	153
5. Mascarillas	154
B. Información del lugar y datos topográficos obtenidos.....	154
C. Documentos utilizados para la encuesta realizada.....	159
1. Carta de autorización del estudio	159
2. Muestra de la encuesta realizada	160
D. Crecimiento poblacional estimado	161
E. Volúmenes de diseño	161
F. Fotografías e ilustraciones	164

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Reunión en la Municipalidad de Zaragoza, de izquierda a derecha: Alcalde de Zaragoza, Flor Martínez(estudiante), Juan Gómez(Estudiante), Oscar Maldonado(Asesor), Alejandro Lau(estudiante), Integrante ONG, Edgar Ruano(Estudiante), Integrante ONG.....	37
Ilustración 2. Desechos encontrados en el basurero de Zaragoza.....	38
Ilustración 3. Ubicación del lugar en donde se podría construir la planta.....	39
Ilustración 4. Personal contratado para realizar la investigación con su equipo de seguridad	41
Ilustración 5. Distribución de momentos en una viga típica de la nave industrial	75
Ilustración 6. Distribución de momentos en una columna típica de la nave industrial	76
Ilustración 7: Forma general de la curva en valor en libros para diferentes modelos de depreciación	163
Ilustración 8: Precios de venta de pasta de papel en Europa	163
Ilustración 9: Geografía del terreno propuesto para la construcción de la planta de tratamiento	164
Ilustración 10: Otro punto de vista de la geografía del terreno propuesto para la nueva planta.....	164
Ilustración 11: Vista de la forma topográfica del terreno a trabajar	165
Ilustración 12: Situación actual del botadero en el pueblo de Zaragoza.....	165

Ilustración 13: Basurero actual en el pueblo de Zaragoza, Chimaltenango.....	166
Ilustración 14: Vista de algunos tipos de desechos dispuestos en el basurero actual..	166
Ilustración 15: Algunos de los desechos en el basurero actual.....	167
Ilustración 16: Vista del basurero actual extendiéndose hacia el río que corre al final del barranco	167
Ilustración 17: Personal contratado para la realización de la encuesta, utilizando el equipo de seguridad proveído	168
Ilustración18: Fotografía durante la capacitación del personal para llevar a cabo la encuesta.....	168
Ilustración 19: Carta de autorización de la municipalidad de Zaragoza, Chimaltenango que autoriza la realización de los estudios.....	169

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Generación de desechos sólidos domiciliarios urbanos y rurales en toneladas métricas (t), Guatemala 2002	10
Figura 2. La jerarquía de desechos	15
Figura 3. Elementos de un Sistema Integrado de Manejo de Desechos	19
Figura 4. Fronteras del sistema para el inventario del ciclo de vida ambiental de los desechos sólidos	19
Figura 5. Cobertura del servicio de recolección de basura y destino final de la misma por departamento (en t=toneladas métricas), 2002	20
Figura 6. Formas de disposición de la basura en los hogares rurales de Guatemala en el período 1994 y 2002 (% de hogares)	21
Figura 7. Puntos topográficos y perímetro del terreno	58
Figura 8. Curvas de nivel a cada 2m de altura.....	58
Figura 9. Unión entre curvas de nivel y superficie real.....	59
Figura 10. Uso de áreas y dimensiones.....	61
Figura 11. Vista en perspectiva de la nave industrial diseñada.....	67
Figura 12. Vista en isométrico de la nave industrial diseñada.....	68
Figura 13. Vista en planta de la nave industrial diseñada	68

Figura 14. Vista en elevación de la nave industrial diseñada.....	69
Figura 15. Deformación con la envolvente de cargas y un factor de aumento de escala de 20.....	73
Figura 16. Chequeo de elementos estructurales a cargas muertas, vivas, de sismo y viento	73
Figura 17. Distribución de esfuerzos axiales por carga muerta y muerta superpuesta...	74
Figura 18. Distribución de momentos en elementos estructurales	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones del transporte que recoge los residuos	31
Tabla 2: Resumen estadístico desechos sólidos orgánicos en libras.....	45
Tabla 3: Resumen estadístico desechos sólidos papel en libras	46
Tabla 4: Resumen estadístico desechos sólidos plástico en libras	46
Tabla 5: Resumen estadístico desechos sólidos vidrio en libras.....	47
Tabla 6: Resumen estadístico desechos sólidos inorgánicos en libras	47
Tabla 7: Resumen estadístico otros desechos sólidos en libras	48
Tabla 8: Resumen estadístico total de desechos sólidos en libras	48
Tabla 9: Proyección de crecimiento poblacional municipio de Zaragoza, Chimaltenango	49
Tabla 10: Resumen y proyección de crecimiento de desechos sólidos en libras	49
Tabla 11: Resumen y proyección de desechos sólidos en kilogramos.....	50
Tabla 12: Cálculo de intervalos de confianza o de error muestral del estudio.....	50
Tabla 13: Equipos y capacidades de equipos para la línea de compostaje	56
Tabla 14: Equipos y capacidades de equipos para la línea de papel.....	57
Tabla 15: Equipos y capacidades de equipos para la línea de PET	57

Tabla 16. Áreas requeridas	60
Tabla 17. Factores de tipología estructural.....	61
Tabla 18. Integración de carga viva.....	62
Tabla 19. Integración de cargas muertas superpuestas	62
Tabla 20. Carga producida por viento.....	63
Tabla 21. Ubicación de la obra y parámetros espectrales	63
Tabla 22. Coeficientes del sitio.....	64
Tabla 23. Factores para calibración del espectro de diseño	64
Tabla 24. Coordenadas espectrales $S_a(t)$	65
Tabla 25. Resistencia de materiales que se usaron para pre-diseño de la nave industrial.....	66
Tabla 26. Porcentaje de esfuerzos representados en colores	74
Tabla 27. Porcentaje de uso de secciones	74
Tabla 28. Secciones para pre-diseño	77
Tabla 29. Costo de materiales.....	78
Tabla 30. Costo de mano de obra	78
Tabla 31. Costo de movimiento de tierra	78

Tabla 32. Costo total, incluyendo materiales y mano de obra.....	79
Tabla 33: Costo de equipo línea de papel	79
Tabla 34: Costo de equipo línea de PET	80
Tabla 35: Costo de equipo línea de compost.....	80
Tabla 36: Costo de inversión inicial total de la planta de tratamiento.....	81
Tabla 37: Consumo energético y costo de los equipos de producción.....	82
Tabla 38: Consumo energético y costo equipo de oficina.....	82
Tabla 39: Costo total de energía eléctrica mensual	83
Tabla 40: Consumo y costo mensual de agua producción y administrativa	83
Tabla 41: Resumen de costos de personal anual	83
Tabla 42: Costos fijos anuales de la planta	84
Tabla 43: Costos variables anuales de la planta.....	84
Tabla 44: Costos fijos y semi variables totales anuales y porcentajes del total.....	84
Tabla 45: Costos directos anuales de la planta	84
Tabla 46: Costos indirectos anuales de la planta.....	85
Tabla 47: Costos directos e indirectos anuales y porcentajes del total	85
Tabla 48: Cantidad de desechos que se pueden comercializar en un año	86

Tabla 49: Préstamo necesario para financiar la inversión.....	86
Tabla 50: Pagos anuales, de intereses y amortización del préstamo.....	87
Tabla 51: Precio de venta de los distintos productos por unidad	87
Tabla 52: Estado de resultados y flujo de efectivo del proyecto con depreciación SMARC	88
Tabla 53: Estado de resultados y flujo de efecto del proyecto con depreciación lineal ..	89
Tabla 54: Tasas anuales de depreciación SMARC.....	90
Tabla 55: Depreciación anual usando tasas SMARC	90
Tabla 56: Depreciación lineal anual.....	92
Tabla 57: Valor Anual Neto y TIR del proyecto con depreciación SMARC.....	92
Tabla 58: Valor Anual Neto y TIR del proyecto con depreciación SMARC.....	92
Tabla 59: Parámetros a variar en el análisis de sensibilidad.....	93
Tabla 60: Variación en la TIR y Valor Presente Neto ante una variación en los precios de la pasta de papel.....	93
Tabla 61: Variación de la TIR y Valor Presente Neto ante una variación en el precio del PET molido.....	94
Tabla 62: Variación en la TIR y Valor Presente Neto ante una variación en el precio del compost.....	94

Tabla 63: Variación en la TIR y Valor Presente Neto ante una variación en el precio del vidrio sin procesar.....	95
Tabla 64: Variación en la TIR y Valor Presente Neto ante un cambio en el costo de la energía eléctrica.	95
Tabla 65: Variación en la TIR y Valor Presente Neto ante un cambio en el costo del agua.	96
Tabla 66: Variación en la TIR y Valor Presente Neto ante un cambio en el costo de la mano de obra a partir del primer año de operación.....	96
Tabla 67: Puntos de topografía medidos con el GPS en Zaragoza, Chimaltenango	155
Tabla 68: Estimación de crecimiento poblacional, con una tasa de crecimiento del 2.80% anual.....	161
Tabla 69: Estimación de producción de desechos para el año 2021, en kilogramos....	162
Tabla 70: Tasas de recuperación aplicadas al precio inicial método SMARC	162
Tabla 71: Costo personal administrativo	170
Tabla 72: Costo personal de planta	171
Tabla 72: Costo personal de planta (continuación)	172

RESUMEN

El manejo de desechos sólidos es un tema al que generalmente no se da la importancia adecuada. El pueblo de Zaragoza, Chimaltenango, no es la excepción; actualmente disponen de sus residuos en un basurero al aire libre que implica una gran cantidad de riesgos. En vista de esta necesidad, se propuso el diseño de un sistema integral de manejo de los residuos sólidos municipales, y este proyecto propone que el mismo es factible siempre y cuando se realice un estudio adecuado y se busque la manera adecuada de aprovechar los desechos. Durante este proyecto se propuso una solución que involucra una planta de tratamiento de desechos en la que cada tipo de desecho es manipulado de la forma más eficiente; se realizaron estudios de la situación actual de generación de basura en Zaragoza y estimaciones de la forma en que el problema va a escalar. Con base en estos datos y los recursos disponibles por parte de la Municipalidad de Zaragoza, se hizo un pre-diseño de la planta de tratamiento que incluye el diseño de líneas de reciclaje de papel, PET y el de compostaje. En este trabajo se presenta los criterios utilizados y la forma en que se debería expandir este proyecto si se quisiera ir más allá de una fase de pre-diseño.

I. INTRODUCCIÓN

El pueblo de Zaragoza, Chimaltenango, tiene actualmente un basurero localizado en las afueras del pueblo en el que se desechan los residuos al aire libre, creando situaciones no higiénicas que podrían generar riesgos de plagas, infecciones, contaminación, etc. Un análisis de este problema motivó la idea de proponer una solución a este problema; y surgió la hipótesis de cómo una planta de tratamiento de desechos sólidos municipales – en el pueblo de Zaragoza – es un proyecto posible y económicamente viable, que se puede lograr mediante un estudio adecuado del lugar y la oportunidad, y el manejo adecuado de los recursos disponibles.

Para la resolución de este problema, se propuso la construcción de una planta de tratamiento en un lugar más adecuado que el presente, i.e., más cerca del centro de producción de desechos. Esta planta de tratamiento contaría con varias líneas de proceso: una línea de residuos orgánicos para generar composta, una línea de papel para producir papel reciclado, una línea de plástico y una línea de vidrio en la que se obtendría la materia triturada para poder venderla como materia prima, y por último una línea de desechos sobrantes que los procesaría de la forma adecuada. Esta planta debería ser diseñada tomando en cuenta cualquier factor que la haría lo más eficiente posible, tales como medios de acceso y ventilación.

La metodología de resolución de este problema involucró primeramente una toma de una muestra de la población de Zaragoza para hacer los estudios de la situación actual de los desechos en el pueblo, la realización de una encuesta a esta muestra para permitir crear un cuadro de la generación de basura y un modelo de crecimiento de población y aumento de la generación de basura; con base en estos datos, la estimación de los volúmenes de basura que es necesario manejar en un sistema integral de manejo de desechos sólidos, y el diseño de una planta de tratamiento que tome en cuenta todos estos factores para implementar las líneas de procesamiento previamente mencionadas.

El proyecto consistió entonces en realizar el pre-diseño para construir la planta de tratamiento de desechos sólidos; se concluyó acerca de los riesgos que presenta la nueva área de construcción, dada la probabilidad de cambios en su topología y el

barranco que se encuentra en las cercanías. Además, este diseño se realizó teniendo en mente una vida útil de diez años dado el escalamiento considerado. Una vez el pre-diseño estuvo completo, se propuso un presupuesto que, a pesar de no tomar en cuenta todos los factores inherentes al diseño, es bajo en comparación a proyectos similares, lo cual aumenta su posibilidad de construcción.

Desde el punto de vista de ingeniería civil, se concluyó que la construcción de esta planta de tratamiento es factible. Sin embargo, en caso de que este proyecto se quiera mover fuera de la fase de pre-diseño y llevarse a cabo, es recomendable realizar tanto un estudio adecuado de suelos como un estudio de ingeniería sanitaria e impacto ambiental de la planta. Además, sería adecuado intentar realizar un estudio sobre la factibilidad de expandir este proyecto, de forma que pueda ser de utilidad no sólo para Zaragoza sino también para comunidades vecinas.

II. OBJETIVOS

A. Generales

Proporcionar un lugar apto para poder tratar los desechos de la comunidad de Zaragoza y en base a este, realizar el diseño preliminar de una planta de tratamiento de residuos sólidos que sea funcional, eficaz, de bajo costo y económicamente factible.

B. Específicos

- Determinar las herramientas necesarias para el Análisis de Factibilidad y poder implementarlo de una manera adecuada para su evaluación de inversión.
- Establecer las opciones confiables y seguras de la transformación de los desechos para su mejor uso, los principales problemas y destino final de los residuos que se presenten mediante el Análisis Mercadológico de los subproductos.
- Diseñar los procesos de las líneas de Pastificación del Papel, Reciclaje de PET y Compostaje.
- Cuantificar la cantidad de desechos sólidos del municipio de Zaragoza en Chimaltenango y realizar una proyección del crecimiento de los desechos sólidos del municipio en base a los datos obtenidos.
- Establecer el costo de una planta de tratamiento de desechos sólidos de acuerdo a la necesidad de procesamiento diario que debe tener la misma y realizar un análisis de costos tomando en cuenta las variaciones que existen en ciertos materiales, productos y sub productos que puedan formar parte de la construcción de la planta.

III. ANTECEDENTES

A. Definición de desechos sólidos

Desecho se define como “lo que queda después de escoger lo más útil”, “cosa que no sirve”. Sólido se define como “firme, macizo”. Para términos de este trabajo, los desechos sólidos se definen como “todos aquellos cuerpos firmes no útiles después de una actividad o proceso humano” (IARNA, 2006).

El término desecho sólido se refiere a cualquier basura, desperdicio, sedimento de planta de tratamiento de aguas residuales, planta de tratamiento de generación de agua o facilidad de control de contaminación del aire, y otros materiales desechados – incluyendo material sólido, líquido, semi-sólido o gaseoso contenido que resulta de operaciones industriales, comerciales, mineras, agrícolas y comunales; pero no incluye materiales que resulten de aguas residuales o desechos especiales (NYSDEC, 2011).

En otras palabras, los desechos sólidos se pueden entender como cualquier material descartado (abandonado o considerado basura). Los desechos sólidos pueden ser sólidos, líquidos, semi-sólidos o materiales gaseosos contenidos. Ejemplos de desechos sólidos incluyen llantas inútiles, basura doméstica, muebles y juguetes desechados, etc.

1. Desechos sólidos municipales. Los desechos sólidos municipales – más comúnmente conocidos como basura o desperdicios – consisten de artículos de uso diario que se utilizan y se desechan luego; tales como empaques de productos, recortes de plantas, muebles, ropa, botellas, restos de comida, periódicos viejos, etc. Esto proviene de hogares, escuelas, hospitales, y pequeñas empresas (EPA, 2011).

Existen dos grandes fuentes de desechos sólidos determinados por el tipo de actividades humanas: las actividades de producción y de consumo. En principio, las actividades de mayor generación de desechos sólidos en el campo de la producción son las industriales y las mismas poseen diferentes grados de riesgo para el ser humano; en cuanto al consumo, la mayor parte de la generación se da en centros poblados.

B. Manejo integral de desechos sólidos municipales

El manejo integrado de desechos se puede definir como la selección y aplicación de técnicas adecuadas, tecnologías y programas de administración para lograr objetivos y metas específicos del manejo de desechos. Según la Agencia de Protección al Medio Ambiente de Estados Unidos existen tres opciones para el manejo de los desechos sólidos: Reducción de la fuente, reciclaje y compostaje, combustión (quemar para convertirlo en energía) y rellenos sanitarios. (Tchobanoglous, 2002)





1. **Reducción de la fuente.** Esta técnica se dedica a la reducción del volumen o bien a la reducción de la toxicidad de los desechos generados. Esta técnica incluye el cambio a productos y empaquetado reusables. El ejemplo más familiar de este caso son las botellas retornables. El tiempo para considerar la reducción de la fuente es en la fase del diseño del producto. (Tchobanoglous, 2002)

Reducción de la fuente puede ser practicada por todo el mundo. Los consumidores pueden participar comprando menos o usando productos más eficientemente. El sector público (entidades del gobierno a cualquier nivel) y el sector privado pueden volverse consumidores más eficientes. Pueden reevaluar procedimientos que no necesiten utilizar tanta distribución de papel, iniciar procesos que requieran de la compra de productos con una larga vida de anaquel, y disminuir la compra de productos desechables. El sector privado puede rediseñar sus procesos de manufactura para reducir al cantidad de desecho generado en la fabricación. Reducir la cantidad de desecho puede requerir el uso de circuitos serrados de procesos de fabricación. También, este sector puede rediseñar los productos para incrementar su durabilidad, utilizando materiales menos tóxicos y aumentando su efectividad. (Tchobanoglous, 2002)

La reducción de la fuente se debe fomentar asegurándose que el costo del manejo de los desechos sea completamente internalizado. Internalización del costo significa cobrar el servicio con el propósito de que los costos sean reflejados. Para el manejo de desechos, el costo debe ser internalizado incluyendo recolección, transporte, lugar y construcción, factores administrativos y salarios, y controles ambientales. Es importante notar que estos costos deben de ser considerados ya sea si el producto es manejado en un relleno sanitario, en la quema, reciclaje o compostaje. La regulación de los procesos puede ayudar a la internalización del costo mediante el requisito a los fabricantes de proveer cuentas públicas de los costos asociados con los aspectos de desarrollo y producción de sus productos. (Tchobanoglous, 2002)

2. Reciclaje y compostaje. El reciclaje es probablemente la práctica de manejo de desechos más positivamente vista por la sociedad. Reciclar regresará al mercado toda la materia prima separando los productos reusables del resto de los desechos municipales. Los beneficios del reciclaje son muchos. El reciclaje ahorra recursos finitos invaluable, disminuye la necesidad de minerías, materiales vírgenes, lo que a su vez minimiza el impacto ambiental por minería y fabricación. También reduce la cantidad de energía consumida. Además de esto, el reciclaje es capaz de aumentar la capacidad del relleno sanitario. El reciclaje puede aumentar la eficiencia y la calidad de las cenizas de incineradores y fábricas de compostaje removiendo materiales no combustibles como el metal y el vidrio. (Tchobanoglous, 2002)

El reciclaje también puede causar problemas si éste no es manejado adecuadamente. Debe ser manejado en una manera ambientalmente responsable. El compostaje, también es otra área del reciclaje que puede causar problemas si no se realiza un control adecuado. Por ejemplo, el agua subterránea puede ser contaminada si mucho del material del compostaje contiene excesivos fertilizantes. (Tchobanoglous, 2002)

El reciclaje, por lo general, florece en los lugares en donde las condiciones económicas no lo inhiben. Es decir, que el reciclaje es más fructuoso cuando las condiciones económicas lo apoyan y no lo ordenan. Programas exitosos de reciclaje también requieren de mercados estables a los cuales puedan vender los productos reciclados. (Tchobanoglous, 2002)

Los mercados estables también requieren que exista una oferta estable de materias primas. Este suministro de materias primas puede y ha sido muy problemático en algunas áreas de reciclaje, incluyendo metales y plásticos. Es importante que los programas de reciclaje no se alejen mucho de los que los mercados pueden ofrecer. (Tchobanoglous, 2002)

Inclusive con una buena situación de los mercados, el reciclaje y el compostaje van a florecer únicamente si se realizan convenientemente. Ejemplos de esto son centros de acopio cercanos a las casa de las personas o horarios de recolección de desechos adecuados y a buen precio para todas las personas. (Tchobanoglous, 2002)

Otro aspecto crucial para el éxito y fomento de estos programas es la educación pública. El reciclaje representa la siguiente oportunidad para un cambio cultural. Esto requiere moverse más allá de la voluntad de recolectar materiales descartados para reciclar. El cambio cultural va a requerir a los consumidores a comprar productos reciclables hechos con materiales reciclables. Requerirá a los negocios utilizar materiales secundarios en la fabricación de sus productos y a diseñar nuevos productos con facilidad de desensamblaje y separación de los componentes del material. (Tchobanoglous, 2002)

3. Combustión. Las instalaciones de combustión son atractivas por que hacen una cosa muy bien, reducir el volumen de desechos dramáticamente. Estas instalaciones también pueden recuperar energía útil. Ya sea en la forma de vapor o en la forma de electricidad. Dependiendo de la economía del mercado energético de la región, esto puede ser rentable como injustificado. La reducción del volumen de los desechos en sí puede rentabilizar el alto costo de los incineradores cuando el espacio en un relleno sanitario es muy reducido. Para muchas áreas metropolitanas, los rellenos sanitarios deben de permanecer distantes del centro de la población. Adicional a esto, la ceniza producida en los incineradores promete ser una buena materia prima para materiales de construcción. Aquellos que fabrican productos como el cemento o el concreto pueden utilizar la ceniza producida en el incinerador. (Tchobanoglous, 2002)

El principal problema con los incineradores es su costo. El relativo grado de sofisticación necesario para operar los incineradores de una forma segura y económica, y el hecho de que el público es escéptico respecto a su seguridad. El público se

preocupa acerca de las emisiones de los incineradores como de la toxicidad de la ceniza producida por estos. (Tchobanoglous, 2002)

4. Rellenos sanitarios. Los rellenos sanitarios son una forma del manejo de desechos que nadie quiere pero que en realidad todos necesitan. No existe ninguna combinación de técnicas de manejo de desechos sólidos capaces de no utilizar los rellenos sanitarios. De las cuatro formas básicas de manejo de desechos sólidos el de rellenos sanitarios es la única forma que es ambas, necesaria y suficiente. Algunos desechos simplemente son no reciclables, ya que llega un punto en el cuál su valor intrínseco es disipado completamente, así que ya no pueden ser recuperados, y el reciclaje en sí produce residuos. (Tchobanoglous, 2002)

La tecnología y la operación de un relleno sanitario moderno puede asegurar la protección la salud humana y ambiental. El reto consiste en asegurar que todos los rellenos sanitarios en operación sean diseñados adecuadamente y sean monitoreados una vez sean cerrados. Es crucial el reconocer que los rellenos sanitarios de hoy no se asemejan a los rellenos sanitarios del pasado. Los rellenos sanitarios del presente ya no aceptan desechos peligrosos. Adicional, tampoco reciben líquidos por lotes. Tienen sistemas de control de gases, sistemas de recolección de lixiviados, amplios sistemas de monitoreo de agua subterránea y probablemente lo mejor, se encuentran ubicados en el lugar ideal para tomar ventaja de las condiciones geológicas del lugar. (Tchobanoglous, 2002)

Los rellenos sanitarios también pueden convertirse en un recurso. La recuperación del gas metano es una realidad en muchos rellenos sanitarios. En la actualidad también se está considerando la recuperación del dióxido de carbono. Después de su cierre, los rellenos sanitarios pueden convertirse en áreas recreacionales como parques, campos de golf, o áreas para ski. Algunas agencias y emprendedores miran los rellenos sanitarios como una mina de recursos en el futuro cuando las condiciones económicas lo establezcan. Esto puede ser particularmente verdadero para los rellenos sanitarios individuales que se enfocan en el almacenamiento de solo un tipo de materiales de desecho. (Tchobanoglous, 2002)

C. El manejo de los desechos sólidos municipales

1. **Introducción.** El manejo de los desechos sólidos municipales involucra (a) el desarrollo de una introspectiva del impacto de la generación de desechos, recolección, transporte y métodos de desecho adoptados por la sociedad en el ambiente y (b) la adopción de nuevos métodos para reducir este impacto.

a. **Generación de desechos sólidos en Guatemala.** El Perfil Ambiental de Guatemala, publicado en el 2004, presentó estimaciones sobre la generación de desechos sólidos domiciliarios utilizando las proyecciones de población por municipio y departamentos. Los datos del XI Censo de Población y VI de Habitación del 2002 permiten afinar los resultados presentados y establecer con mayor exactitud la generación urbana y rural de desechos domiciliarios. En la Figura 1 se revela cómo el departamento de Guatemala genera una tercera parte de la basura del país; en el ámbito rural, la generación es relativamente mayor en los departamentos de Huehuetenango, Alta Verapaz, San Marcos y Guatemala.

Figura 1. Generación de desechos sólidos domiciliarios urbanos y rurales en toneladas métricas (t), Guatemala 2002

Departamento	ZONAS URBANAS			ZONAS RURALES			TOTAL GENERADO
	Población	Generación		Población	Generación		
		t/día	t/año		t/día	t/año	
Guatemala	2,186,669	1091.77	398,494.98	354,912	158.87	57,988.80	29.48
Quetzaltenango	344,858	148.33	54,140.95	279,858	85.95	31,372.28	5.52
Escuintla	256,972	110.61	40,372.92	281,774	100.51	36,684.59	4.98
Chimaltenango	217,922	90.83	33,152.71	228,211	75.94	27,717.59	3.93
Sacatepéquez	208,876	98.27	35,869.46	39,143	17.04	6,218.50	2.72
Huehuetenango	192,099	71.98	26,272.27	654,445	193.03	70,454.61	6.25
San Marcos	173,332	61.65	22,501.16	621,619	171.61	62,639.38	5.50
Suchitepéquez	165,871	68.16	24,877.33	238,074	76.75	28,013.92	3.42
Alta Verapaz	163,012	59.47	21,706.32	613,234	174.37	63,646.33	5.51
Quiché	161,591	52.00	18,978.90	493,919	127.12	46,398.81	4.22
Sololá	150,134	50.31	18,362.94	157,527	41.52	15,154.82	2.16
Totonicapán	121,617	36.49	13,317.06	217,637	54.41	19,859.38	2.14
Petén	110,399	50.42	18,404.76	256,336	90.64	33,081.92	3.33
Jutiapa	105,648	45.29	16,529.82	283,437	102.20	37,304.45	3.48
Santa Rosa	105,061	44.31	16,172.48	196,309	70.20	25,621.38	2.70
Izabal	90,508	40.44	14,759.79	223,798	79.83	29,139.13	2.84
Retalhuleu	87,749	41.39	15,106.96	153,662	57.33	20,925.41	2.33
Chiquimula	78,631	30.30	11,058.58	223,854	68.99	25,181.78	2.34
Zacapa	77,935	37.02	13,511.01	122,232	49.62	18,111.03	2.04
Jalapa	76,689	28.77	10,502.24	166,237	52.85	19,291.89	1.92
Baja Verapaz	58,962	25.12	9,169.80	156,953	55.08	20,104.23	1.89
El Progreso	50,300	22.25	8,119.93	89,190	32.76	11,958.08	1.30
Total	5,184,835	2,305.16	841,382.37	6,052,361	1,936.63	706,868.31	100.00

Fuente: IARNA, 2006

La generación diaria de desechos sólidos se estima alrededor de las 4,242 toneladas; de las cuales, 54% se producen en las zonas urbanas y el restante 46% en las zonas rurales (IARNA, 2006). La urbanización y sus evidentes efectos sobre el medio ambiente conllevan hábitos de consumo y actividades que a su vez implican una creciente generación de desechos sólidos; por lo que la proporción de población urbana y el índice de urbanización son variables relacionadas con la cantidad de desechos sólidos generados.

b. Impacto ambiental de los desechos sólidos. Cuando los residuos sólidos se desechan en espacios abiertos o rellenos sanitarios que no fueron diseñados de la forma adecuada, se tienen varios efectos adversos sobre el medio ambiente, entre ellos:

- Contaminación del suelo acuífero por los lixiviados generados por la basura.
- Contaminación del agua en la superficie de ríos o lagos cercanos al basurero o centro de desecho.
- Malos olores, pestes, plagas y restos de basura tanto en el lugar de desecho como en las cercanías.
- Generación de gases inflamables, e.g. metano, en el área de desecho.
- Riesgo de incendios en el basurero.
- Erosión y problemas de estabilidad en el terreno vecino al basurero.

c. Objetivo del manejo de desechos sólidos. El objetivo del manejo de desechos sólidos es reducir la cantidad de residuos sólidos desechados en el área mediante recuperación de materiales y energía de los mismos. Técnicas y programas de manejo se deben aplicar a todos y cada uno de los desechos sólidos generados por la sociedad para lograr una minimización general de los residuos sólidos.

2. Principios del manejo de desechos sólidos municipales. El manejo de desechos sólidos municipales involucra la aplicación de los principios de Manejo Integrado de Desechos Sólidos (MIDS) a los desechos municipales. MIDS es la aplicación de técnicas, tecnologías y programas de manejo adecuados que cubren todos los tipos de desechos sólidos de todas las fuentes, para lograr los objetivos equivalentes de (a) reducción de desechos y (b) manejo efectivo de los desechos que se obtienen aún después de la reducción de los mismos (Ministerio de Desarrollo Urbano de India, 2010).

a. Reducción de desechos. Hoy en día es reconocido que un desarrollo sostenible puede ser alcanzado solamente si la sociedad en general, y en particular la industria, produce “más con menos”; i.e., más bienes y servicios con un menor uso de los recursos disponibles (materia prima y energía), y menos contaminación y desechos. Cambios tanto en la producción como en los productos han sido introducidos en muchas ciudades, usando reciclaje interno de materiales o recuperación de energía in situ, como parte de un esquema sólido de minimización de residuos.

b. Manejo efectivo de los desechos sólidos. Es necesario tener sistemas efectivos de manejo de desechos sólidos que aseguren mejores condiciones de seguridad y salud para la comunidad. Además de estos requisitos, un sistema efectivo de manejo de desechos sólidos debe ser tanto ambientalmente sostenible, dado que debe reducir tanto como sea posible el impacto ambiental del manejo de desechos, como económicamente sostenible, pues debe operar a un costo aceptable para la comunidad.

Un sistema de manejo de desechos sólidos sostenible es efectivo si sigue un alcance integrado, i.e. trata con todos los tipos de materiales de desecho sólido y fuentes de desechos sólidos - este alcance, multi-materiales y multi-fuentes suele ser más efectivo que un alcance de materiales y fuentes específicos. Este incluye una o más de las siguientes opciones:

- Recolección y transporte de desechos.

- Recuperación de recursos mediante clasificación y reciclaje (recuperación de materiales a través de separación).
- Recuperación de recursos mediante procesamiento de desechos: i.e., recuperación de materiales o energía a través de procesos biológicos, térmicos, etc.
- Transformación de desechos: reducción de volumen, toxicidad, u otras propiedades para prepararlo para la disposición final.
- Desecho ambientalmente seguro y sostenible.

c. Elementos funcionales del manejo de desechos sólidos municipales. Las actividades asociadas con el manejo de desechos sólidos municipales se pueden agrupar en seis (Ministerio de Desarrollo Urbano de India, 2010) elementos funcionales: (a) generación de desechos, (b) manejo y clasificación, almacenamiento y procesamiento en la fuente; (c) recolección, (d) clasificación, procesamiento y transformación; (e) transferencia y transporte y (f) desecho.

1) Generación de desechos. La generación de desechos abarca todas las actividades en las que ciertos materiales son identificados como inservibles (en su forma actual) y son desechados o recolectados para futura disposición. La generación de desechos es, actualmente, una actividad que no tiene mucho control; pero se espera que en un futuro se ejerza un mayor control sobre la misma. La reducción de los desechos desde la fuente, aunque no es controlada por los dirigentes del sistema de manejo de desechos, es ahora parte de las evaluaciones de estos sistemas.

2) Manejo, clasificación, almacenamiento y procesamiento de desechos en la fuente. El segundo de los seis elementos funcionales en el sistema de manejo de desechos es el manejo, clasificación, almacenamiento y procesamiento en la fuente. Esto involucra todas las actividades asociadas con el manejo de residuos desde que se generan hasta que terminan en contenedores para su recolección; el manejo también es la movilización de los desechos hasta el punto de recolección de basura.

Se toman en cuenta en este elemento los procesos de clasificación de residuos en los hogares – el mejor lugar para separar los materiales de desecho es aquel en que se

generan; el almacenamiento en los sitios de generación, que es de gran importancia no solo para la salud sino además estéticamente; y procesos como compostas de jardín.

3) Recolección. El elemento funcional de recolección incluye no sólo recolectar los desechos sólidos y materiales reciclables, sino también el transporte de estos materiales, una vez recolectados, a la localización en la que se van a tratar, procesar o abandonar.

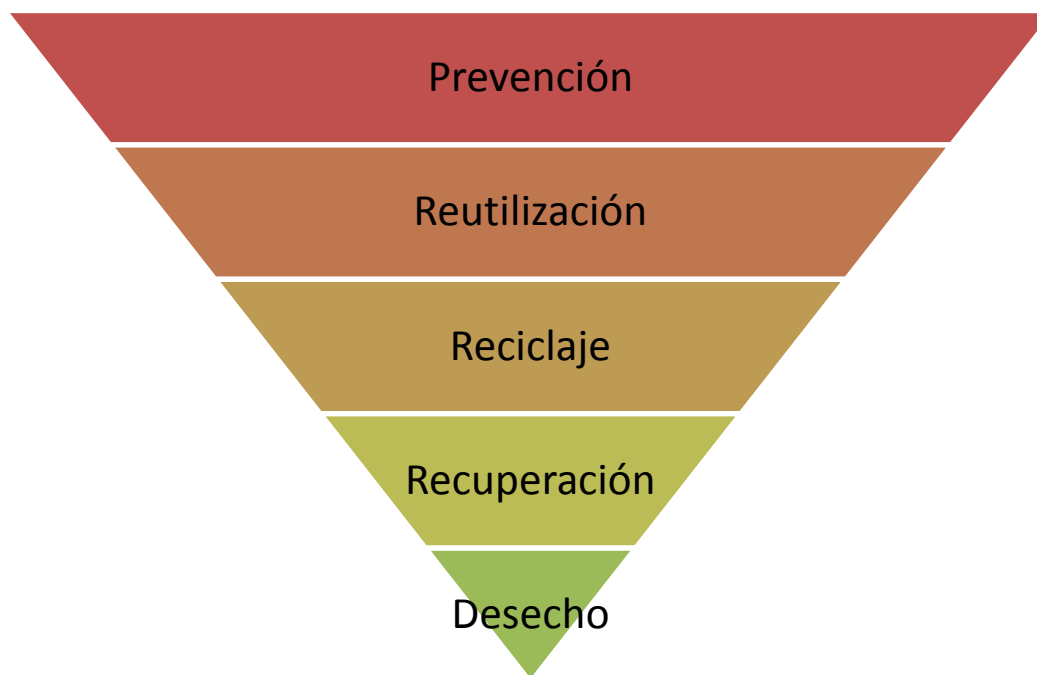
4) Clasificación, procesamiento y transformación de desechos sólidos. La recuperación de materiales clasificados, procesamiento y transformación ocurre primariamente en localidades alejadas de la fuente de generación de desechos, e incluye la separación de elementos demasiado grandes y separación manual de los componentes desechados. Este proceso permite recuperar materia prima para la reconversión de productos y producción de energía, y permite reducir el volumen de basura que no puede ser tratado, involucrando procesos de transformación como trituración para obtención de materia prima o procesos biológicos o termales que permiten recuperar energía.

5) Transferencia y transporte. Este elemento involucra dos pasos: (i) la transferencia de desechos de un vehículo de recolección pequeño a un mayor equipo de transporte y (ii) el transporte subsecuente de desechos a un sitio de procesamiento o disposición.

6) Desecho. El último elemento funcional de un sistema de manejo de desechos sólidos es la disposición. Hoy en día, este punto es generalmente un relleno sanitario o disposición controlada, sin importar la fuente de los desechos. Una planta municipal de un relleno sanitario es una facilidad diseñada para disponer de los desechos sólidos sin crear un peligro o fuente de riesgo para la comunidad, tal como fuente de plagas o contaminación del subsuelo.

3. **Jerarquía de métodos de manejo de desechos.** La producción y manejo de desechos sólidos son comúnmente descritos por una “jerarquía de desechos” (Figura 2). La jerarquía contiene cinco diferentes categorías: prevención de desechos, reutilización, reciclaje, recuperación de energía y eliminación o disposición; a grandes rasgos, esta categorización ubica las diferentes fases del manejo de desechos en cierto orden de importancia, que significa las ganancias ambientales relativas que se pueden hacer en cada una. En términos generales, esta jerarquía argumenta que la mayor parte de desechos puede y debe ser prevenida, de forma que las otras opciones - tales como reutilización, reciclaje y recuperación de energía - sean reducidas. Se concluiría por lo tanto que, de ser aplicada efectivamente, esta jerarquía permitiría disminuir la cantidad de desechos que se deben tratar.

Figura 2. La jerarquía de desechos



Fuente: House of Lords Science and Technology Committee, 2007

La prevención de desechos se refiere a cualquier actividad que evita la creación de desechos. Esto puede ser logrado mediante mejores diseños de procesos de fabricación o influenciando patrones de consumo; la prevención de desechos está en la cima de la jerarquía, dado que equivale a una mayor ganancia ambiental. En el

siguiente nivel, los materiales ya utilizados se convierten en materia prima para otros propósitos. En el tercer nivel de la jerarquía está el reciclaje, que implica poder utilizar de nuevo materiales de un producto. Luego se encuentra la recuperación; el valor también puede ser recuperado generando energía a partir de la materia desechada. Finalmente, si ninguno de los anteriores niveles pudo manejar cierto desecho, la basura se debe disponer.

4. Minimización de desechos. La minimización de desechos o reducción en la fuente de origen es la actividad más deseable, dado que la comunidad no tiene que incurrir en gastos de manejo, reciclaje y disposición de desechos que nunca fueron creados. Sin embargo, es una actividad que no ha sido incluida en sistemas anteriores; por lo que se encuentra con una barrera cultural cuando se intenta implementarla.

Para reducir la cantidad de desechos que se generan en la fuente, los métodos más prácticos y prometedores parecen ser (i) la adopción de estándares industriales para el empaque de productos que utilicen menos material; (ii) la creación de leyes que minimicen el uso de materiales nuevos no necesarios en productos para el consumidor, y (iii) la recaudación, por parte de las comunidades, de multas que penalicen a los generadores de demasiados desechos.

Clasificar, reciclar y procesar los desechos desde el origen permite minimizar la generación de desechos, pero se debe de implementar una cultura de concientización en la comunidad para que cada miembro de la misma capte la importancia de este proceso y el beneficio que presenta para todos.

5. Recuperación de recursos mediante reciclaje de materiales. El reciclaje de materiales se puede llevar a cabo mediante una clasificación de los desechos de acuerdo a su origen, ya sea en la fuente o en una facilidad de centralización – que podría ser parte de una planta de tratamiento.

La clasificación en la fuente es la solución más práctica y económica; cada persona puede desechar su basura de acuerdo a distintas categorías, tales como papel, plásticos, vidrios, desechos orgánicos y desechos tóxicos. Una clasificación centralizada

consiste en intentar recuperar los materiales reciclables una vez se ha recolectado la basura – en muchas localidades, se adopta un proceso manual, que debe ser debidamente monitoreado para evitar daños en las personas que se involucran en el proceso.

Aunque la mayor parte de los desechos reciclables se apartan con los procesos anteriores, siempre es necesario realizar una última clasificación justo antes de procesar los desechos. Este proceso se lleva a cabo generalmente por personas de escasos recursos en los puntos de rellenos sanitarios o centros de transformación.

6. Recuperación de recursos mediante procesamiento de desechos

a. Procesos biológicos. Un tratamiento biológico involucra el uso de microorganismos para descomponer los componentes biodegradables de los desechos. Existen dos tipos de procesos:

- Procesos aeróbicos: Utilizados para producción de composta, incluye procesos de hilera de compostaje, compostaje estático aireado, y vermi-culturas.
- Procesos anaeróbicos: Procesos de digestión anaeróbica seca o húmeda mediante los cuales se obtiene gas metano.

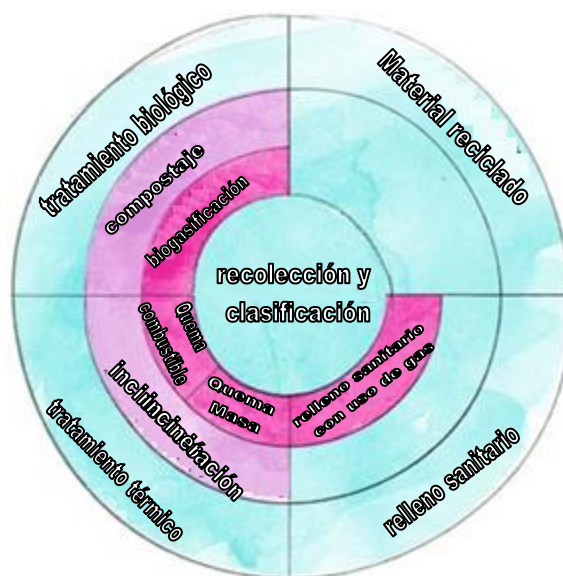
b. Procesos térmicos. Este tipo de tratamientos se refieren a la conversión de los desechos a productos convertidos gaseosos, líquidos y sólidos con una subsecuente obtención de energía calorífica. Se pueden adoptar sistemas de combustión (incineradores), pirólisis o gasificación; el más utilizado es el sistema de combustión, dado que es el que actualmente presenta la mejor viabilidad económica y de implementación.

c. Otros procesos. Se siguen probando y desarrollando nuevos procesos biológicos y químicos para recuperar recursos de desechos sólidos; estos incluyen procesos de hidrólisis para recuperación de ácidos orgánicos, reactores biológicos para la producción de celulosa y etanol, y procesos químicos que recuperan gas, aceite y celulosa, entre otros.

7. **Disposición de recursos.** La basura se desecha en unidades llamadas rellenos sanitarios, que son puntos diseñados para minimizar el impacto de los desechos en el ambiente mediante una contención controlada de los mismos. El método de relleno sanitario consiste en depositar en el suelo los desechos sólidos, los cuales se esparcen y compactan reduciéndolos al menor posible – para ocupar la menor área posible. Luego se cubren con una capa de tierra y se compactan de nuevo, de acuerdo al método utilizado. Un relleno sanitario es construido en un terreno que reúne condiciones técnicas adecuadas tales como topografía, nivel freático y disponibilidad de tierra (Ministerio de Salud de Costa Rica).

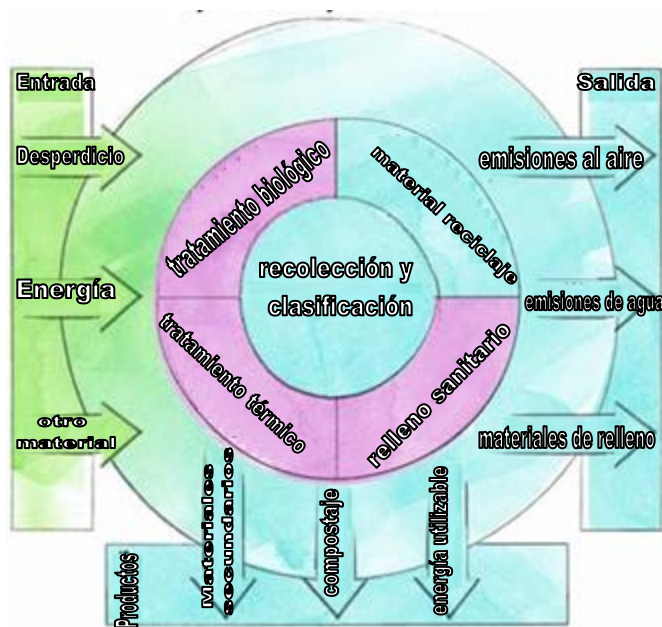
8. **Componentes de un sistema de manejo de desechos sólidos municipales.** En la Figura 3 se muestran los componentes de un sistema integrado de manejo de desechos (MIDS). El modelo MIDS toma en cuenta el ciclo de vida de los desechos sólidos municipales, desde el momento en que se generan (pierden valor) hasta que dejan de ser desechos y se convierten en productos útiles, emisiones o parte de rellenos sanitarios. Las entradas de este sistema (como se puede ver en la figura 4) son desechos, energía y otra materia prima; las salidas, productos utilizables en la forma de materiales reclamables, composta, emisiones de aire o agua y parte de rellenos sanitarios – con un modelo paralelo que calcula los costos totales de un sistema de manejo integrado basado en costos locales.

Figura 3. Elementos de un sistema integrado de manejo de desechos



Fuente: Procter & Gamble, 2005

Figura 4. Fronteras del sistema para el inventario del ciclo de vida ambiental de los desechos sólidos



Fuente: Procter & Gamble, 2005

En Guatemala, la basura no recolectada constituye uno de los grandes factores que ejercen presión al ambiente. La misma suele alimentar los basureros clandestinos tanto del área rural como urbana, aunque una buena proporción de los hogares posee el hábito de quemarla o enterrarla. Estos dos últimos fenómenos suceden con mayor frecuencia en el ámbito rural, en donde mayores extensiones de superficie y la dispersión de las viviendas son propiciadoras de estas prácticas.

Figura 5. Cobertura del servicio de recolección de basura y destino final de la misma por departamento (en t=toneladas métricas), 2002

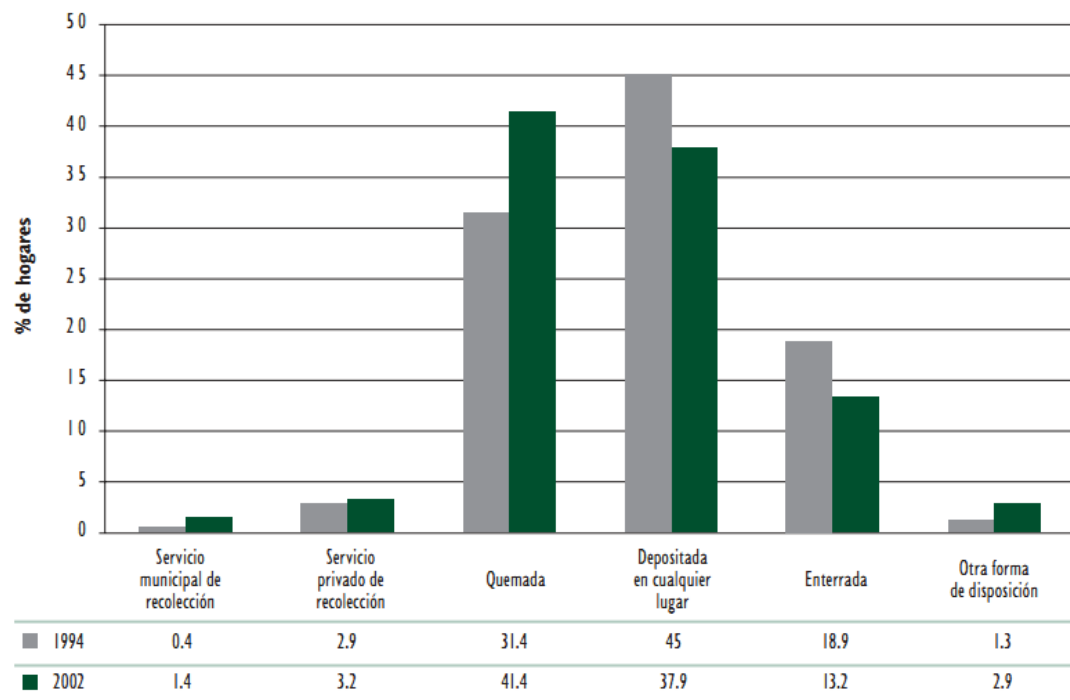
Departamento	ZONAS URBANAS			ZONAS RURALES			TOTAL RECOLECTADO	
	Cobertura de recolección (%)	Destino (t/año)		Cobertura de recolección (%)	Destino (t/año)		t/año	%
		Basureros municipales	Otros*		Basureros municipales	Otros*		
Guatemala	81.3	323,976.42	74,518.56	29.2	16,932.73	41,056.07	340,909.15	63.41
Chiquimula	62.3	6,889.50	4,169.09	2	503.64	24,678.14	7,393.14	1.38
Sacatepéquez	52.1	18,687.99	17,181.47	25	1,554.63	4,663.88	20,242.62	3.77
Zacapa	48.3	6,525.82	6,985.19	4.3	778.77	17,332.26	7,304.59	1.36
Quetzaltenango	47.9	25,933.52	28,207.44	2.9	909.8	30,462.48	26,843.32	4.99
Escuintla	46.6	18,813.78	21,559.14	7.2	2,641.29	34,043.30	21,455.07	3.99
Suchitepéquez	45.7	11,368.94	13,508.39	4.4	1,232.61	26,781.30	12,601.55	2.34
Retalhuleu	44.5	6,722.60	8,384.36	2.1	439.43	20,485.98	7,162.03	1.33
Chimaltenango	42.3	14,023.60	19,129.11	4	1,108.70	26,608.89	15,132.30	2.81
Izabal	39.8	5,874.40	8,885.39	12.9	3,758.95	25,380.18	9,633.35	1.79
Jutiapa	39.7	6,562.34	9,967.48	1.2	447.65	36,856.79	7,009.99	1.30
Sololá	39.3	7,216.63	11,146.30	2.9	439.49	14,715.33	7,656.12	1.42
Santa Rosa	37.4	6,048.51	10,123.97	1.7	435.56	25,185.82	6,484.07	1.21
Jalapa	35.6	3,738.80	6,763.45	1	192.92	19,098.97	3,931.72	0.73
Alta Verapaz	35.3	7,662.33	14,043.99	1.1	700.11	62,946.22	8,362.44	1.56
El Progreso	33.3	2,703.94	5,415.99	6.3	753.36	11,204.72	3,457.30	0.64
Huehuetenango	32.5	8,538.49	17,733.78	1.6	1,127.27	69,327.34	9,665.76	1.80
San Marcos	31.8	7,155.37	15,345.79	1.9	1,190.15	61,449.24	8,345.52	1.55
Baja Verapaz	30.2	2,769.28	6,400.52	1	201.04	19,903.19	2,970.32	0.55
Quiché	21.1	4,004.55	14,974.35	1.1	510.39	45,888.43	4,514.94	0.84
Petén	20.9	3,846.60	14,558.17	1.4	463.15	32,618.77	4,309.75	0.80
Totonicapán	13.6	1,811.12	11,505.94	2.1	417.05	19,442.33	2,228.17	0.41
Total	59.5	500,874.49	340,507.88	5.2	36,738.69	670,129.62	537,613.22	100.00

Fuente: IARNA, 2006

En la figura anterior se puede observar el contraste que existe entre las zonas urbanas y rurales, en especial con respecto a los volúmenes de basura que se disponen en los basureros municipales – en el área rural, el 5.2% de los desechos generados se disponen en los mismos. Aproximadamente el 65% de los desechos generados en el

país no son recolectados y se desechan en basureros clandestinos, o son quemados y/o enterrados. La forma en que se dispone la basura en el área rural de Guatemala se puede ver en la Figura 6.

Figura 6. Formas de disposición de la basura en los hogares rurales de Guatemala en el período 1994 y 2002 (% de hogares)



Fuente: IARNA, 2006

En Guatemala, a nivel nacional el tipo de desecho que más se genera, es agrícola y domiciliario, siendo éste en su mayoría materia orgánica. Los residuos de las actividades agrícolas son principalmente el tallo del racimo del banano, la pulpa del café, el rastrojo, bagazo y cachaza de la caña de azúcar y el desperdicio del destace de carne. En lo que respecta a la composición de los desechos sólidos domiciliarios en el área metropolitana, el referente sigue siendo el estudio realizado por JICA (1995), en donde se concluye que del total de desechos el 63.3% es materia orgánica, el 14% es papel y cartón, el 8.1% es plástico, el 3.6% es textil, 3.2% es vidrio, el 3.0% es tierra y cenizas y el 5% restante se compone de madera, hojas, goma, metales, piedra, cerámica y pieles. Es importante destacar que un gran porcentaje de los desechos tienen potencial para

ser reutilizados y reciclados pero no existe en el país una categorización adecuada que lo permita (IARNA, 2006).

El procesamiento biológico se vuelve viable una vez se han logrado aislar los desechos orgánicos. Un procesamiento térmico se puede llevar a cabo solamente si existen suficientes componentes con alto valor calorífico (tales como papel o plástico) en la basura. Generalmente, la transformación de residuos no es un componente muy importante en un sistema integrado de manejo de desechos municipales; pero se puede llevar a cabo cierta clasificación y trituración en algunos casos.

9. Vínculos entre el sistema de manejo de desechos sólidos municipales y otros tipos de desechos generados en un centro urbano. Además de los desechos sólidos municipales, en los centros urbanos se generan otros tipos de desechos, tales como los siguientes:

- Desechos industriales: Basura peligrosa y no peligrosa de las áreas industriales dentro de los límites municipales.
- Desechos biomédicos: Basura de hospitales, mataderos, etc.
- Desechos de plantas de tratamiento de aguas: Sedimentos de plantas de tratamiento de desagües y aguas negras.
- Otros desechos: Desechos especiales de unidades especiales o áreas no conformadas.

Los distintos desechos deben de ser manejados de acuerdo a su propio sistema de manejo de desechos; sin embargo, existen ciertos vínculos entre ellos que se deben de tomar en cuenta:

Sistemas de manejo de desechos diferentes no deben funcionar aislados; vinculaciones entre los distintos sistemas deben de ser promovidos si esto llevará a una recuperación más eficiente y económica de materia y energía. Por ejemplo, algunas veces se mezclan los desechos biodegradables y aguas residuales para mejorar el procesamiento biológico de los desechos sólidos.

Distintos tipos de desechos sólidos eventualmente alcanzan uno de los tres sistemas de relleno sanitario: rellenos DSM, rellenos de desechos peligrosos o rellenos para desechos designados. Algunas observaciones que se deben tomar en cuenta son:

- Todos los desechos peligrosos, sin importar cuál sea su fuente, deben ser desechados en rellenos de desechos peligrosos.
- Grandes cantidades de desechos no dañinos (e.g., desechos de construcción o demolición) deberían disponerse en rellenos para desechos designados.
- Los desechos que sean compatibles con los desechos sólidos municipales, incluso si no vienen necesariamente de fuentes municipales, pueden agregarse al sistema de manejo municipal.

10. Desarrollo de un sistema de manejo de desechos sólidos municipales. Para desarrollar un sistema de manejo de desechos sólidos municipales completo, se ponen en práctica los cinco pasos que se indican a continuación (Ministerio de Desarrollo Urbano de India, 2010):

- Definir el problema y establecer objetivos
- Realizar un inventario y recolección de datos
- Desarrollar las alternativas
- Seleccionar el sistema a implementar
- Crear una metodología de implementación

El primer paso conlleva redactar una declaración del problema actual y los objetivos correspondientes que llevarán a la toma de una decisión. Luego se hace un inventario y recolección de datos pertinentes tanto al sistema ya existente como para el nuevo sistema: datos de generación de desechos, características de los desechos, rutas de transporte, sistemas de recolección, sitios de disposición, etc.

En el tercer paso, los datos recolectados se evalúan y se examina la factibilidad de distintas tecnologías, desarrollando diferentes soluciones alternativas para resolver el

problema. Estas alternativas son revisadas y se selecciona el conjunto final de tecnologías o programas que constituirán el sistema de manejo final.

El paso final es el desarrollo de una metodología de implementación para convertir el sistema existente al nuevo sistema. Para lograr esto se crean calendarios y sistemas de monitoreo de la implementación por parte de organizaciones administrativas, supervisando cada etapa de implementación hasta el momento en el que se ha logrado una transición completa y exitosa al nuevo sistema.

IV. JUSTIFICACIÓN

El manejo integrado de desechos sólidos parte del punto de generación de los mismos. Una vez cierto material deja de ser uso para el ser humano, generalmente es desechado y luego recolectado para llevar a un basurero; esta generación de desechos, en una municipalidad, tiene cierta relación tanto con el tamaño de una población como con los hábitos de consumo en la misma.

La urbanización actual ha provocado que se diversifiquen los bienes de consumo, pero a su vez aumente la cantidad de bienes generados industrialmente – y esto usualmente implica empaques más desarrollados y un aumento de desechos, dados los avances en preservación de alimentos y los requisitos de envasado que estos implican. Éste y otros factores, como la cultura de consumismo de la misma urbanización, han provocado un aumento en la generación de desechos sólidos en las comunidades y por lo tanto aumentado la necesidad de un sistema integral de manejo de los mismos.

Zaragoza es un pequeño municipio del departamento de Chimaltenango en el país de Guatemala; con un área urbana de aproximadamente 6.76 km². Zaragoza es una zona rural, donde el principal ingreso económico para los habitantes es la agricultura; dadas estas características, es también un área que produce principalmente desechos orgánicos – en contraste con una gran ciudad. Sin embargo, el rápido aumento en volumen de residuos sólidos como resultado del continuo crecimiento económico, urbano, industrial y poblacional de la comunidad de Zaragoza, se está convirtiendo en un problema, tanto para las autoridades correspondientes, como para los habitantes del lugar.

Estos hechos y un simple estudio de la situación del basurero actual y la falta de un sistema de manejo de residuos en Zaragoza llevaron a este proyecto, que propone una solución para garantizar una gestión eficaz y sostenible para el tratamiento de los residuos sólidos. A pesar de considerables esfuerzos realizados por muchas administraciones de la municipalidad anteriores y algunas otras entidades, abordar el problema relacionado con los residuos es polémico y no ha dado resultados; por lo que se enfrentan retos pendientes: gestionar adecuadamente los residuos concentrando los

esfuerzos para reducir los daños que causan estos y mejorar así una parte importante de esta comunidad.

En el momento en el que se planificó inicialmente la creación y ubicación del botadero que se utiliza actualmente en el pueblo de Zaragoza, se tomó en cuenta un único factor: la recomendación de que la ubicación del mismo estuviera en las afueras del pueblo. No tomar en cuenta los muchos factores que un diseño de este tipo involucra ha generado, hasta ahora, complicaciones como dificultad de acceso al vertedero actual y consecuente creación de basureros clandestinos para evitar tener que llegar al basurero municipal, y contaminación de ríos y áreas aledañas al mismo.

Uno de los mayores problemas del basurero municipal de la ciudad de Zaragoza es que éste está al aire abierto; no se les da ningún tratamiento a los desechos antes de solamente abandonarlos en un punto. Esto está provocando un foco de contaminación en crecimiento, que pone en peligro al ambiente y a la salud de los habitantes que residen en las cercanías de este. El problema que este presenta para el medio ambiente se puede extender y causar no solo contaminación en el aire, sino también proliferación de fauna nociva; además del riesgo de que la contaminación alcance el manto freático, contaminando las fuentes de agua de la comunidad.

Se tiene entonces, en la comunidad de Zaragoza, un botadero a cielo abierto, que causa daños ambientales, culturales, y económicos, entre otros. La forma adecuada de resolver un problema de basura es mediante la implementación de un sistema integral de manejo de desechos sólidos municipales; este proyecto presenta, como parte de una solución de este tipo para Zaragoza, el diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos que evite la existencia del problema presente de la comunidad.

V. RAZONAMIENTO

A. Propuesta de solución al problema

Una planta de tratamiento de desechos sólidos es una solución viable, económicamente sostenible, ambientalmente amigable y culturalmente aceptada. En este caso, se propone una planta que cuente con cuatro líneas de procesamiento de residuos y una línea para los desechos que no se pueden procesar; estas líneas enfocadas en los residuos con mayor presencia específica en la población. Ésta es una solución viable, ya que toma en cuenta desechos orgánicos, papel, vidrio y plástico. La solución propuesta incluye un área de descarga de desechos, cuatro líneas de producción, un área de almacenamiento y un área de carga para los productos ya procesados. A continuación se muestra cada una de las cuatro líneas de producción y los procesos que involucran.

1. **Línea de compostaje.** Este proceso incluye el manejo adecuado de todos los desechos de origen orgánico, tales como restos alimenticios, desechos de jardinería, vegetales, restos agrícolas, etc. El proceso propuesto es el compostaje aeróbico, el cual tiene como necesidades básicas una buena oxigenación de la mezcla, una relación agua-compost específica, la temperatura correcta y una buena relación de nutrientes. Una vez se cubran estos aspectos, se tiene como objetivo principal la producción de compost, sin químicos que alteren el equilibrio del medio ambiente y que produzcan daños colaterales.

2. **Línea de papel.** Con este proceso lo que se busca es dar un buen manejo a los desechos de papel, para lo cual es necesario clasificar únicamente el papel en buen estado, lo cual incluye sobres, cartas, hojas de impresión y otros derivados del papel. Se busca en esta línea lograr una clasificación de papel que dar un tratamiento correcto a la celulosa y poder así obtener un producto de calidad, en este caso pasta de papel, al finalizar el proceso.

3. **Línea de PET.** El proceso en esta línea se encuentra conformado por la clasificación del PET en las bandas transportadoras. Es en este proceso en el cual se le retiran las etiquetas y las tapaderas a las botellas para luego ser procesadas. El proceso de selección del PET debe de ser muy estricto y riguroso para asegurar que únicamente las botellas de PET ingresen al proceso. Este proceso contempla la trituración de la materia prima hasta hojuelas de PET.

4. **Línea de desechos sobrantes.** Ésta es una de las líneas más importantes de la línea de tratamiento, ya que hay desechos que no aplican para procesarse en cualquiera otra sección, tales como vidrio y metales. La solución propuesta para estos residuos es clasificar los desechos y comercializarlos como materia prima (en caso de metales y vidrio) para que sean utilizados por plantas especializadas en el tema. Para el caso de los desechos que no aplican a ninguna de las anteriores, el procedimiento es transportarlos al incinerador más cercano – que se encuentra en la en la cabecera departamental de Chimaltenango.

B. Resultados esperados

El resultado esperado de este megaproyecto es lograr completar el pre-diseño integral de una nave industrial que cumpla con las necesidades de los estudios químicos e industrial, así como con las especificaciones geométricas, estructurales, ambientales y económicas. La estructura deseada debe cumplir entonces con los criterios que se describen en los siguientes incisos; cada uno debe ser tomado en cuenta para lograr el diseño deseado.

1. Ingeniería Química

a. **Diseño de la línea de PET.** Los resultados esperados en esta sección es obtener el diagrama de flujo perteneciente al proceso. El proceso contempla la clasificación de las botellas de PET que ingresen a la planta, luego la trituración de la materia prima y su posterior lavado y secado para poder ser comercializado.

b. Diseño de la línea de plastificación de papel. La línea de papel de la planta es una de las líneas más complejas de la planta. Debido a la gran complejidad de manufacturar papel en blanco y el alto costo asociado con el mismo, únicamente se planea realizar la plastificación del papel y comercializarlo de esa manera. El papel que ingrese a la planta será clasificado para asegurarse que se encuentre en buen estado para convertirse en pasta. Se espera que la planta sea capaz de producir una pasta de papel.

c. Diseño de la línea de compostaje. La línea de compostaje tiene como objetivo ser la línea de mayor tamaño en la planta de manejo de desechos sólidos municipales. Esta línea será la línea principal de la planta ocupando la mayor parte de la misma como también poseerá la mayor producción de las tres líneas. Se espera obtener un compost de alta calidad de una forma barata y apta para el uso en la agricultura o jardines.

2. Ingeniería Industrial

a. Cuantificación del volumen de de desechos sólidos. Para determinar la capacidad adecuada de una planta de tratamiento de desechos, la cual debe tener un tiempo de vida adecuado y sobre todo para determinar un horizonte de tiempo en el cual esta pueda operar en base a la cantidad de desechos de la población. Se espera obtener información, de una fuente primaria, que permita determinar la cantidad de desechos sólidos a procesar, basándose en las categorías adecuadas para dividir los desechos.

b. Costos de una planta de procesamiento. Es necesario determinar la cantidad de capital y recursos a invertir en una solución de este tipo, ya que se trabaja en un proyecto de impacto social, que permita cumplir con la implementación de todas las soluciones planteadas. Se espera determinar un costo de inversión, a nivel de pre factibilidad, así como los costos de operación, tomando en cuenta los factores adecuados de personal y consumo de recursos.

c. Estudio de factibilidad económica. Mediante el estudio de factibilidad económica se espera determinar si la planta de tratamiento es rentable, si se necesita un préstamo y si la inversión es elevada. Además, conocer mediante un estudio de sensibilidad que tanto afecta el aumento de sueldos, costos, entre otros factores la rentabilidad de esta.

d. Análisis mercadológico de los subproductos. Efectuar el análisis mercadológico de los subproductos de la planta para poder desarrollar de una manera factible su comercialización para su posterior re-uso y reciclaje, brindando a la planta una ventaja competitiva y atractiva para los inversionistas.

3. Ingeniería Civil

a. Ingreso adecuado para la basura. La planta de tratamiento debe tener un acceso adecuado para que ingresen los camiones encargados de recoger los residuos en la comunidad; como estos pueden ser de grandes dimensiones, se espera que la entrada sea por lo menos lo suficientemente espaciosa como para poder ser ocupada por dos camiones simultáneamente – permitiendo así agilizar el proceso de descarga de los mismos. En la Tabla 1 se muestran las características de los camiones generalmente utilizados para hacer la recolección de basura.

Tabla 1: Especificaciones del transporte que recoge los residuos

Tipo de transporte	Camión C2
Descripción del transporte	Consiste en un camión con eje simple direccional y un eje de rueda doble para tracción
Peso autorizado	15,500 Kilogramos
Altura del transporte	3.7 metros
Largo del transporte	10.5 metros
Ancho del transporte	2.6 metros
Largo del reservorio	7 metros
Representación fotográfica	

Fuente: Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Públicas, 1992

b. Localización específica para el depósito de residuos. Los resultados esperados en esta sección son que se tenga un área específica dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento, para depositar los desechos que se obtengan en la salida del tren de aseo. Éste es un paso importante para agilizar el proceso y por ello tiene un área específica designada; una vez los desechos se dispongan en esta sección, se podrá continuar con los procesos de clasificación.

c. Cumplimiento de áreas mínimas. Con base en los estudios realizados por parte de estudiantes de ingeniería química e ingeniería industrial (ver apéndices), se determinaron las dimensiones mínimas de la planta de tratamiento: el ancho y largo mínimos para su funcionamiento adecuado. Estas dimensiones también deben tomar en cuenta el área de maniobra de los vehículos y las separaciones mínimas entre las máquinas utilizadas para permitir la limpieza y mantenimiento de las mismas.

d. Ventilación. Éste es un aspecto de suma importancia, ya que al trabajar con desechos es inevitable que se produzcan gases tóxicos que pueden perjudicar la salud de las personas que trabajan en la planta. Viendo la importancia de este aspecto, se espera que el pre-diseño de la planta de tratamiento cuente con ventilación adecuada, mejorando así también la ventilación de los materiales orgánicos y aumentando su velocidad de descomposición.

e. Iluminación. Algunos de los procesos que se tendrán en la planta de tratamiento necesitan de luz solar, por lo que es necesario que la estructura tome en cuenta iluminación natural; no sólo para mejorar los procesos químicos, sino también para evitar gastos innecesarios en energía eléctrica.

f. Área para el almacenamiento de los productos obtenidos. El objetivo principal de la planta de tratamiento es que en la misma ingresen los desechos de la comunidad y, luego de que estos sean procesados, se obtenga abono orgánico, papel de reciclaje, plástico granulado y vidrio triturado; todos productos listos para vender y comercializar. Esto implica que la planta de tratamiento debe de tener un área específica para su correcto almacenamiento; un área lo suficientemente grande y que además cuente con facilidades como accesos para la extracción del producto y seguridad para los mismos.

VI. METODOLOGÍA

Para la realización de este megaproyecto se utilizaron las bases de la investigación mostradas a continuación:

A. Participantes

En el estudio participó un grupo de 4 estudiantes y 8 profesionales graduados, conformado por 10 hombres y 2 mujeres, en diferentes rangos de edades. Los profesionales tienen formación en ingeniería química, civil, industrial y arquitectura, con grado de licenciatura o maestría. Del equipo, 11 integrantes son de nacionalidad guatemalteca y uno de ellos tiene nacionalidad noruega.

B. Población y muestra

El universo de este trabajo lo constituyeron los residentes de la comunidad de Zaragoza, Chimaltenango. La muestra fue de 182 casas de la comunidad, lo cual presenta un error del 7.1% con respecto al valor real en los análisis estadísticos desarrollados a partir de la encuesta.

C. Evaluación de herramientas de análisis

Este trabajo se inició con una investigación in situ para conocer el problema y poder proponer así la mejor solución. También se investigó y se hizo un muestreo de las características de consumo y producción de desechos en la población, para garantizar un mejor resultado.

D. Construcción de la herramienta de medición

La primera parte del estudio consistió en establecer las vías de comunicación con la alcaldía de la comunidad, para obtener los permisos necesarios para hacer los estudios en el pueblo. Luego se diseñó y construyó una herramienta para la medición de variables y atributos relacionados con los desechos que generan los habitantes de

Zaragoza por medio de un estudio estadístico cuantitativo realizado con la muestra escogida inicialmente.

E. Diseño de la investigación

Se realizó una investigación descriptiva, caracterizando el fenómeno del estado actual del manejo de desechos sólidos en la población de Zaragoza, Chimaltenango. La población total y la muestra utilizadas para la recolección de datos se mencionaron anteriormente. Los datos descriptivos del análisis y resultados de la investigación tomaron forma tanto cuantitativa – en calidad de la cantidad de desechos generados – como cualitativa – por las características de los residuos evaluados y su composición.

Se llevaron a cabo estudios tipo encuesta para la evaluación de los desechos de la población y un bosquejo de estudio causal comparativo para el análisis de reducción de desechos desde la fuente de los mismos; además, estudios descriptivos en relación a la localización y cualidades de la misma. Dada la fuente de los datos, los estudios fueron totalmente exploratorios y descriptivos como parte de investigación de campo.

La metodología fue cuantitativa y cualitativa, de acuerdo al resultado deseado, mediante investigación aplicada para resolver el problema de los desechos en Zaragoza, y un método deductivo en base a los estudios realizados.

F. Materiales y recursos

1. Materiales para el análisis topográfico

a. Odómetro. El odómetro se utilizó para medir la distancia entre la municipalidad de Zaragoza y la ubicación del basurero actual (ver las especificaciones del odómetro utilizado en el Apéndice A.1).

b. GPS. Para obtener la información topográfica del lugar propuesto para la construcción de la planta de tratamiento, fue necesario utilizar un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) (ver especificaciones en el apéndice A.2).

c. AutoCAD Civil 3D 2010. Se utilizó este software para hacer la interpretación de los datos topográficos que se recolectaron con el GPS. El uso de esta herramienta permitió generar un bosquejo de la situación topográfica del sitio y la presentación de los resultados medidos.

2. Materiales para el estudio estadístico de la basura *in situ*

a. Balanza de resorte. Este equipo se utilizó para poder realizar los pesajes de los residuos después de la clasificación de los mismos. Las especificaciones de la balanza utilizada se encuentran en el apéndice A.3.

b. Guantes. Para la seguridad y protección de los encuestadores, se utilizaron guantes de látex que evitaban el contacto con residuos peligrosos o dañinos para la piel. Las características de los guantes utilizados están en el apéndice A.4.

c. Mascarillas. Fueron utilizadas como equipo de seguridad, ya que al hacer la clasificación, podría haber exposición a gases tóxicos por la descomposición de los desechos. Ver las especificaciones en el apéndice A.5.

d. Hojas de encuestas. Éste fue el instrumento base para el estudio estadístico, mediante el cual se evaluó la opinión de la población y se registraron los resultados del pesaje (ver apéndice A.6).

3. Materiales para el pre-diseño estructural

a. Microsoft Excel. Este programa computacional, parte del paquete de Microsoft Office 2007®, fue usado para hacer los cálculos de integración de cargas, estimación de parámetros sísmicos y propuestas de secciones de columnas y vigas que se podrían utilizar para el pre-dimensionamiento de la planta de tratamiento, entre otros usos varios.

b. Sap2000 V15.0.0 .Ésta fue la herramienta principal de diseño; el programa se utilizó para ingresar todos los datos que se tenían con anterioridad, como por ejemplo: áreas con las que debe de cumplir, magnitudes y tipos de cargas, secciones de vigas y columnas, muros de cerramiento, tipo de cimiento y otros aspectos. El software se utilizó para realizar análisis de estructuras y obtener el pre-diseño estructural deseado.

4. Materiales para pre-diseño de líneas de procesos

a. Microsoft Excel 2007. Se utilizó la plataforma de Microsoft Excel 2007 para el pre-diseño de las líneas de proceso utilizando como base para el balance de masa y el diagrama de flujo. Ésta fue la herramienta principal del diseño donde quedaron plasmados todos los cálculos de las tres líneas propuestas.

G. Procedimiento

1. **Propuesta del megaproyecto.** La idea del megaproyecto fue presentada por la Organización no gubernamental (ONG) “AMIGOS”, quienes vieron el problema que existe en la comunidad de Zaragoza, se abocaron con las autoridades encargadas del pueblo y llegaron al acuerdo de hacer el estudio para construir una planta de tratamiento. Una vez se llegó a un acuerdo con la municipalidad local, los integrantes de la ONG se abocaron al departamento de Ingeniería Química de la Universidad del Valle de Guatemala para solicitar la ayuda técnica necesaria para realizar el estudio de este trabajo.

2. **Evaluación por parte de las autoridades de la Universidad.** Luego que la ONG presentó la idea al Departamento de Química de la Universidad, las autoridades de éste decidieron que sí era viable hacer los estudios para el diseño de esta planta de tratamiento; consecuentemente se abrió la oportunidad de trabajar la idea como un megaproyecto en el que se reunieran diferentes disciplinas para poder lograr un estudio integral y completo que permitiera presentar una solución al problema.

3. Contacto con la Municipalidad de Zaragoza, Chimaltenango. Se estableció un grupo de estudiantes para realizar el estudio deseado; que a su vez dialogó directamente con las autoridades municipales sobre el proyecto. Los integrantes del megaproyecto, el asesor del proyecto y la Directiva de la ONG “AMIGOS” se reunieron con el actual alcalde de Zaragoza, a quien se le explicó que los estudiantes estarían haciendo los estudios correspondientes para la construcción del sistema de manejo de desechos sólidos municipales propuesto inicialmente.

Ilustración 1. Reunión en la Municipalidad de Zaragoza, de izquierda a derecha: Alcalde de Zaragoza, Flor Martínez(estudiante), Juan Gómez(Estudiante), Oscar Maldonado(Asesor), Alejandro Lau(estudiante), Integrante ONG, Edgar Ruano(Estudiante), Integrante ONG



4. **Exposición de la propuesta a la Municipalidad.** Los niveles de contaminación municipal debido a los residuos sólidos en la comunidad de Zaragoza han aumentando a un ritmo alarmante; es necesario atender el problema de los desechos antes de que este se vuelva mucho más difícil de resolver y genere consecuencias catastróficas tales como contaminación del manto freático, generación de enfermedades en los habitantes que viven en las cercanías del basurero, ser fuente generación de plagas y pestes, entre otras. Estas razones se expusieron a las autoridades de Zaragoza para que ellos tomaran la decisión de permitir el estudio en la comunidad.

5. **Aprobación para hacer estudios en la comunidad.** Después de mostrar la necesidad de la construcción de la planta de tratamiento y obtener la aprobación del alcalde, se comunicó a la población que se estarían realizando los estudios correspondientes por parte del comité de vecinos. Cuando se obtuvo la autorización por parte de los vecinos de la comunidad, la alcaldía extendió una carta al equipo de megaproyecto que los autorizaba a realizar la investigación propuesta (ver apéndice C.1).

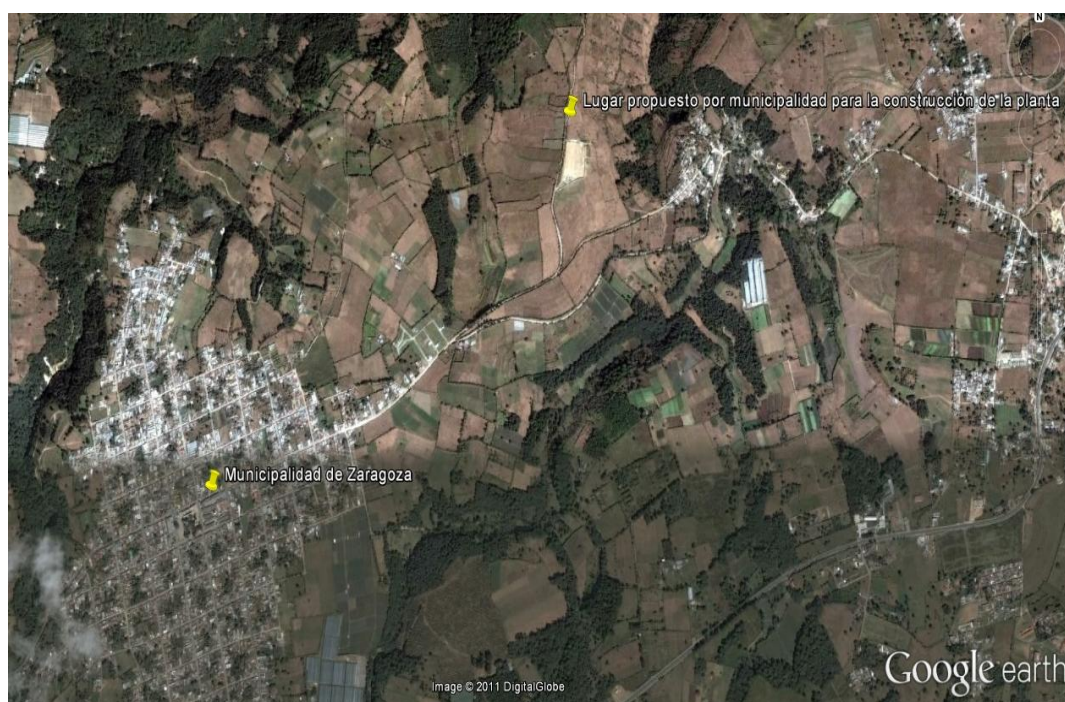
6. **Visita al basurero actual para evaluar el problema.** Una vez se tenían las cartas de autorización y los permisos concedidos para hacer el estudio, se procedió a realizar una visita al actual basurero de Zaragoza. Esta visita permitiría evaluar la generación de desechos municipales y mediante un estudio descriptivo generar una solución cualitativa.

Ilustración 2. Desechos encontrados en el basurero de Zaragoza



7. Visita al lugar propuesto para la nueva solución de desechos. Un análisis previo del problema llevó a presentar la alternativa de construir la nueva planta de tratamiento en un lugar que no presentara las complicaciones del lugar actual, a lo que la municipalidad respondió ofreciendo uno de los terrenos de su propiedad. Se visitó entonces el terreno ofrecido, un punto con coordenadas según el GPS de latitud $14^{\circ}39'44.61''\text{N}$ y longitud $90^{\circ}52'37.78''\text{W}$, utilizando como punto de referencia la municipalidad de Zaragoza, que se encuentra en el punto con coordenadas latitud $14^{\circ}39'1.88''\text{N}$ y longitud $90^{\circ}53'23.85''\text{W}$.

Ilustración 3. Ubicación del lugar en donde se podría construir la planta



Fuente: Google™ Earth

8. **Estudio topográfico en la posible área de construcción.** En esta sección del proceso, se hizo el estudio topográfico en el lugar propuesto por la municipalidad de Zaragoza, con ayuda del GPS Garmin eTrex Vista; el objetivo fue tomar puntos aleatoriamente para poder generar una malla de puntos topográficos que se pudieran convertir en una superficie de la que se pudieran obtener las curvas de nivel. La información que se tomó en cada uno de los puntos topográficos fue la siguiente: número de punto, elevación del punto, latitud y longitud.

9. **Estudio de los desechos sólidos municipales.** Luego de definir la mejor ubicación en donde se podrá construir la planta, los permisos concedidos y la población enterada de los estudios, lo que sigue es hacer la investigación en campo de los volúmenes de desechos que descarga la población. Este estudio consistió de una serie de preguntas, clasificación y pesaje de la basura, y obtención de datos de las cantidades de desechos que tendrá que manejar la planta de tratamiento. El proceso para hacer este estudio se muestra a continuación.

a. **Contratación de personal para realizar la encuesta.** Se buscó personal que viviera en la comunidad para poder realizar el estudio, ya que al ser personas conocidas por los habitantes, ellos tendrían más confianza y podrían colaborar con la investigación.

b. **Diseño del un plan de trabajo.** Se diseñó una metodología de trabajo, que constó en dividirse por grupos y tomar calles desde el principio hasta el final del pueblo para hacer un muestreo general. Las calles en las que se realizó el estudio se eligieron en forma pseudo-aleatoria durante el recorrido del pueblo.

c. **Capacitación de los encuestadores.** Fue necesario capacitar al equipo de colaboradores que realizaron las encuestas a la comunidad. Se explicó a los encuestadores cuál iba a ser su tarea y la forma en que se llevaría a cabo la investigación, y se les hizo la entrega del material necesario y el equipo de seguridad, como se puede apreciar en la Ilustración 4.

Ilustración 4. Personal contratado para realizar la investigación con su equipo de seguridad



d. División del personal en grupos. Los estudiantes se dividieron en grupos y cada uno acompañó a un grupo diferente para apoyar, supervisar y definir el camino que se siguió para poder realizar el proceso de una manera ordenada; cada grupo tomó una zona y se inició con la toma de muestras.

e. Realización de la encuesta. Cada casa que formó parte de la encuesta fue visitada y se realizó la encuesta de la manera en que se explica a continuación.

1) Solicitud de permiso. Como primer paso de la encuesta, se tocó la puerta de la casa a evaluar y se pidió la autorización de realizar el estudio al encargado de la casa, presentando las cartas de autorización.

2) Clasificación de la basura según el tipo. El segundo paso fue la clasificación de los desechos, para lo que fue necesario realizar una separación manual; dado que en muy pocas casas se tenía a los residuos clasificados según su origen o composición. Los desechos se dividieron en orgánico, plástico, vidrio, papel, inorgánico y otros. Para el tipo de estudio que se realizó, resulta de vital importancia determinar que tipo de desechos se encuentran en cada categoría. En la categoría de desechos orgánicos se incluyeron los desechos de vegetales, frutas y restos de comida de los inmuebles. Los desechos de papel eran todos aquellos restos de papel, sin distinción alguna. La categoría de plástico incluye todas aquellas botellas o restos de los plásticos más conocidos, especialmente el PET que es el material más común para las botellas. En la categoría de vidrio se colocaron todos los vidrios, ya sea quebrado o entero, que fueran desechados. Aún cuando la categoría de otros desechos y desechos inorgánicos pueden resultar similares, en la categoría de desechos inorgánicos se clasificaron todos los desechos producto del ser humano que no fueran vidrio o plástico, sin embargo en la categoría de otros desechos se clasificaron los desechos que podían entrar en cualquiera de las categorías anteriores, pero que por su forma no pudiera ser determinado de una manera adecuada con los instrumentos a disposición.

3) Pesaje de los residuos. Después de tener los desechos ya clasificados y en bolsas, se pesaron de acuerdo a cinco categorías: desechos orgánicos, papel, plástico, vidrio y otros. Mientras se hacía el pesaje de los desechos, otro integrante del grupo realizó la encuesta al encargado de la casa (ver apéndice C.2).

4) Finalización de la encuesta. Una vez se obtenían los pesos y las respuestas a la encuesta, se devolvió adecuadamente la basura utilizada y se agradeció la colaboración.

10. Interpretación de los volúmenes obtenidos. Después de hacer los estudios de los desechos en la comunidad, estos mismos se tabularon, interpretaron y analizaron. El análisis estadístico de los desechos producidos por la comunidad sirvieron para determinar el volumen de producción de la planta. El estudio estadístico arrojó datos de desechos de papel, vidrio, metales, orgánicos, PET y otros. Estos datos ayudaron para el dimensionamiento de las tres líneas de producción de la planta.

11. Definición de áreas necesarias en la nueva planta. De los datos que se obtuvieron en el estudio de sitio, uno de los más importantes es el volumen de desechos que se espera manejar; en base a las cantidades obtenidas se diseñaron los procesos de la nueva planta de tratamiento y las áreas mínimas que esta debería tener.

12. Pre-diseño de planta de tratamiento. Después de definir las áreas necesarias y tomando en cuenta otras especificaciones especiales tales como ventilación, cantidad de luz, y ancho mínimo para la entrada de los camiones, se hizo el pre-dimensionamiento de la planta de tratamiento. Para esta sección se utilizaron los programas computacionales Microsoft Excel y SAP2000 V15, para hacer un modelo lo más apegado a la realidad posible. Hay que tomar en cuenta que todos los cálculos propuestos, secciones establecidas, detalles y otros, tienen que ser revisados por un ingeniero estructural colegiado ya que este proyecto busca solamente dar una idea de las secciones que se podrían usar para cumplir con las necesidades y un proyecto listo para implementación no es parte del enfoque de este trabajo.

13. Análisis de costos para la construcción de la planta de tratamiento. Con resultados del pre-dimensionamiento, se propuso un costo estimado para la construcción de la planta de tratamiento. Para ello se cotizó el costo de los perfiles metálicos, láminas acanaladas y se calculó el costo estimado del muro de cerramiento. Para obtener la cuantificación de materiales utilizados, fue necesario medir los perfiles propuestos, calcular las áreas de cerramiento de block y obtener de ahí el número de láminas necesarias para cumplir con las necesidades de la nave industrial. Los precios utilizados fueron cotizados en el mes de octubre de 2011.

14. Factibilidad. Una vez determinado los costos de construcción y que se ha determinado los equipos y la cantidad de los mismos que se van a utilizar, es entonces necesario utilizar cotizaciones y las herramientas que presentan los libros de Perry y Petters, con sus índices de costo, para determinar un costo de inversión en todo el equipo. Luego se utiliza la herramienta de Microsoft Excel para realizar un flujo de caja y calcular los VAN y la TIR en cada uno de los escenarios que se determinaron, usando Tablas de Datos para realizar todos estos cambios de manera eficaz y eficiente.

15. Comercialización. Se realizaron encuestas en el municipio de Zaragoza y sus alrededores, enfocadas principalmente en viviendas y comercios. El objetivo de la encuesta era caracterizar la cantidad y tipo de residuos sólidos generados.

Luego, para poder llevar a cabo el Análisis Mercadológico de los subproductos fue necesario establecer lo siguiente: definir qué es lo que actualmente están haciendo las empresas con los residuos, investigar empresas que puedan recuperar y disponer de los residuos, establecer los residuos generados en los productos al ser consumidos y al terminar su vida útil e identificar cuáles son los residuos que más se incorporan al proceso productivo de las empresas.

16. Presentación de resultados. Con el pre-diseño de la planta de tratamiento completado, se presentaron los datos obtenidos a las autoridades encargadas de revisar este trabajo de graduación, quienes revisaron todos los aspectos técnicos tomados en cuenta y el correcto uso de datos obtenidos, para asegurar que los resultados que se presentaron a la municipalidad fueran los correctos. Los resultados corregidos se utilizaron para exponer la propuesta final a las autoridades municipales de Zaragoza, Chimaltenango.

VII. RESULTADOS

Los resultados de los estudios, el pre-diseño y análisis de factibilidad y comercialización se muestran a continuación.

A. Análisis estadístico

Tabla 2: Resumen estadístico desechos sólidos orgánicos en libras

<i>Orgánico</i>	
Media	3.82722527
Error típico	0.4525706
Mediana	1.825
Moda	0
Desviación estándar	6.10551113
Varianza de la muestra	37.2772662
Curtosis	15.6992142
Coficiente de asimetría	3.42755286
Rango	44
Mínimo	0
Máximo	44
Suma	696.555
Cuenta	182
Nivel de confianza (95.0%)	0.89299284

Tabla 3: Resumen estadístico desechos sólidos papel en libras

<i>Papel</i>	
Media	1.22505495
Error típico	0.13199242
Mediana	0.5
Moda	0
Desviación estándar	1.78067504
Varianza de la muestra	3.17080359
Curtosis	9.80011915
Coefficiente de asimetría	2.70423526
Rango	11
Mínimo	0
Máximo	11
Suma	222.96
Cuenta	182
Nivel de confianza (95.0%)	0.26044176

Tabla 4: Resumen estadístico desechos sólidos plástico en libras

<i>Plástico</i>	
Media	1.33587912
Error típico	0.18878591
Mediana	0.775
Moda	0
Desviación estándar	2.54686115
Varianza de la muestra	6.48650171
Curtosis	46.9360826
Coefficiente de asimetría	6.1551011
Rango	22
Mínimo	0
Máximo	22
Suma	243.13
Cuenta	182
Nivel de confianza (95.0%)	0.37250424

Tabla 5: Resumen estadístico desechos sólidos vidrio en libras

Vidrio	
Media	0.76098901
Error típico	0.27251106
Mediana	0
Moda	0
Desviación estándar	3.67637524
Varianza de la muestra	13.5157349
Curtosis	108.559487
Coficiente de asimetría	de 9.69723653
Rango	44
Mínimo	0
Máximo	44
Suma	138.5
Cuenta	182
Nivel de confianza (95.0%)	0.53770711

Tabla 6: Resumen estadístico desechos sólidos inorgánicos en libras

Inorgánico	
Media	1.39532967
Error típico	0.22230097
Mediana	0
Moda	0
Desviación estándar	2.99900401
Varianza de la muestra	8.99402503
Curtosis	32.3197803
Coficiente de asimetría	4.6124287
Rango	27.5
Mínimo	0
Máximo	27.5
Suma	253.95
Cuenta	182
Nivel de confianza (95.0%)	0.43863471

Tabla 7: Resumen estadístico otros desechos sólidos en libras

Otros desechos	
Media	0.67409341
Error típico	0.16867593
Mediana	0
Moda	0
Desviación estándar	2.27556268
Varianza de la muestra	5.1781855
Curtosis	37.3353846
Coficiente de asimetría	5.60636981
Rango	19
Mínimo	0
Máximo	19
Suma	122.685
Cuenta	182
Nivel de confianza (95.0%)	0.33282409

Tabla 8: Resumen estadístico total de desechos sólidos en libras

Total de desechos	
Media	9.21857143
Error típico	0.95184189
Mediana	6
Moda	4
Desviación estándar	12.8410492
Varianza de la muestra	164.892544
Curtosis	41.2798852
Coficiente de asimetría	5.48337802
Rango	126.175
Mínimo	0.325
Máximo	126.5
Suma	1677.78
Cuenta	182
Nivel de confianza (95.0%)	1.8781335

Tabla 9: Proyección de crecimiento poblacional municipio de Zaragoza, Chimaltenango

Año	Total Personas
2002	17,908
2003	18,409
2004	18,925
2005	19,455
2006	20,000
2007	20,560
2008	21,135
2009	21,727
2010	22,335
2011	22,961
2012	23,604
2013	24,265
2014	24,944
2015	25,642
2016	26,360
2017	27,098
2018	27,857
2019	28,637
2020	29,439
2021	30,263

Tabla 10: Resumen y proyección de crecimiento de desechos sólidos en libras

	orgánico por día (lb)	papel por día (lb)	plástico por día (lb)	vidrio por día (lb)	desecho inorgánico por día (lb)	otros desechos por día (lb)	total por día (lb)
TOTALES	696.56	222.96	243.13	138.50	253.95	122.69	1677.78
PROM. POR INMUEBLE	3.83	1.23	1.34	0.76	1.40	0.67	9.22
DESV. POR INMUEBLE	6.11	1.78	2.55	3.68	3.00	2.28	12.84
CAPACIDAD ESTIMADA DIARIA	15,308.90	4,900.22	5,343.52	3,043.96	5,581.32	2,696.37	36,874.29
DESV. TOTAL	386.15	112.62	161.08	232.51	189.67	143.92	812.14
DESECHOS AÑO 2021	20,177.86	6,458.72	7,043.01	4,012.08	7,356.44	3,553.95	48,602.07
DESV. AÑO 2021	443.32	129.29	184.93	266.94	217.76	165.23	932.39

Tabla 11: Resumen y proyección de desechos sólidos en kilogramos

	orgánico por día (kg)	papel por día (kg)	plástico por día (kg)	vidrio por día (kg)	desecho inorgánico por día (kg)	otros desechos por día (kg)	total por día (kg)
TOTALES	315.95	101.13	110.28	62.82	115.19	55.65	761.03
PROM. POR INMUEBLE	1.74	0.56	0.61	0.35	0.63	0.31	4.18
DESV. POR INMUEBLE	2.77	0.81	1.16	1.67	1.36	1.03	5.82
CAPACIDAD ESTIMADA DIARIA	6,944.00	2,222.70	2,423.78	1,380.72	2,531.64	1,223.05	16,725.89
DESV. TOTAL	175.15	51.08	73.06	105.47	86.03	65.28	368.38
DESECHOS AÑO 2021	9,152.52	2,929.63	3,194.66	1,819.85	3,336.83	1,612.04	22,045.53
DESV. AÑO 2021	201.09	58.65	83.88	121.08	98.77	74.95	422.92

Tabla 12: Cálculo de intervalos de confianza o de error muestral del estudio

Cálculo de intervalos de confianza del estudio	
TAMAÑO DE LA MUESTRA	182
TAMAÑO DE LA POBLACIÓN	4,000
ERROR PARA 95% DE NC	7.1%
ERROR PARA 97% DE NC	7.9%

B. Bases de diseño

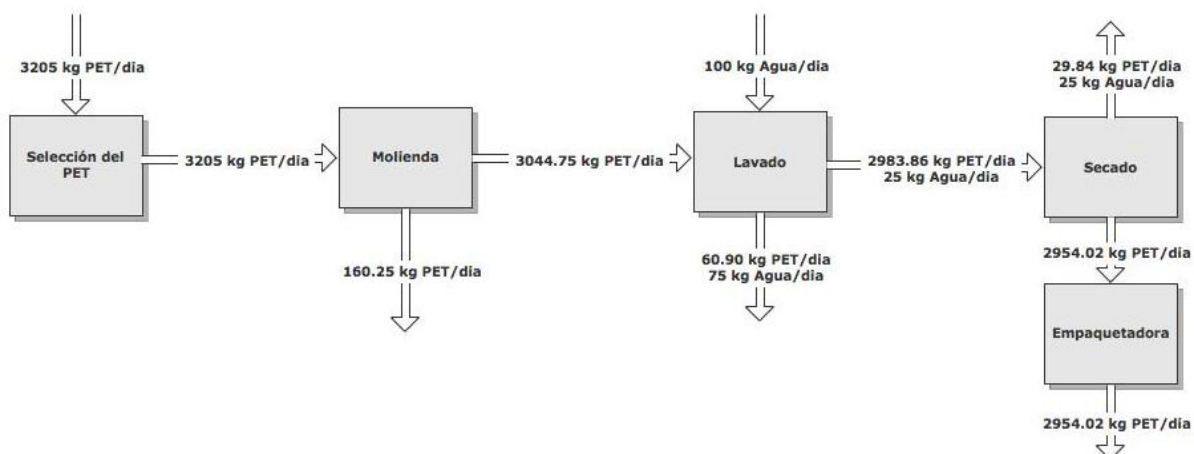
No.	Base de diseño	Descripción
1	Objetivo general del diseño	Reciclar la mayor cantidad del material de desecho sólido posible en el Municipio de Zaragoza, Chimaltenango utilizando tres líneas de reciclaje, PET, Papel y Compostaje.
2	Metas y deseos del Municipio de Zaragoza, Chimaltenango	El deseo del municipio de Zaragoza es hallar una alternativa al manejo de desechos sólidos que la actual para evitar la contaminación de los recursos naturales disponibles alrededor del municipio. A corto plazo se desea que los habitantes del municipio de Zaragoza obtengan conciencia en cuanto a la gestión de los desechos sólidos del lugar. A mediano plazo se desea que la planta de manejo de desechos sólidos extienda sus servicios a las demás comunidades aledañas a Zaragoza. A largo plazo se desea que el municipio de Zaragoza sea un pueblo modelo para la gestión de los desechos sólidos y el cuidado ambiental.
3	Productos de la planta	La planta procesará los desechos sólidos para obtener 3 productos. Estos productos serán, abono orgánico, hojuelas de PET reciclado y hojas de papel reciclado.
4	Especificaciones del abono orgánico	<p>Se desea tener un abono con una densidad aproximadamente de 0.77 g/cm³</p> <p>Alta capacidad de intercambio de cationes y alta capacidad de absorción de agua.</p> <p>Menos del 3% de impurezas como vidrio, plástico y metales presente en la mezcla.</p> <p>Empacado en Bolsas de 100 lbs.</p>

No.	Base de diseño	Descripción
5	Especificaciones del PET	<p>PET finamente triturado y en su mayoría libre de impurezas.</p> <p>Densidad aproximada de 0.85 g/cm³.</p> <p>Debidamente lavado y listo para su uso industrial.</p> <p>Se comercializará en bolsas ó costales de 25 kg.</p>
6	Especificaciones de la pasta de papel	<p>Pasta de Papel procesada, limpia y lista para convertirse en papel blanco.</p> <p>Pasta destintada y centrifugada para la eliminación de impurezas.</p> <p>Empacado en presentación de 30 kg.</p>
7	Procesamiento de materia diario para el 2021	<p>Se requiere un procesamiento diario de pasta de papel aproximado de 3,600.00 kg/día.</p> <p>Se requiere un procesamiento diario de plástico PET reciclado de 3000 kg/día.</p> <p>Se requiere un procesamiento diario de Compost de 15,400 kg/día.</p>
8	Servicios básicos y accesibilidad a planta	<p>La planta requiere de servicios necesarios básicos tales como energía eléctrica. La fuente más cercana se encuentra cerca de la planta ya que el tendido eléctrico pasa enfrente de la calle que da al terreno de la planta. Acceso a agua, para lograr esto es necesario la construcción de un pozo de extracción de agua que sea capaz de proveer a la planta con toda el agua que esta necesita. Acceso asfaltado desde el pueblo hasta la planta para facilidad de movilidad de los camiones de la planta. También es necesario el acceso a líneas telefónicas para la coordinación y logística que se manejará desde la planta.</p>

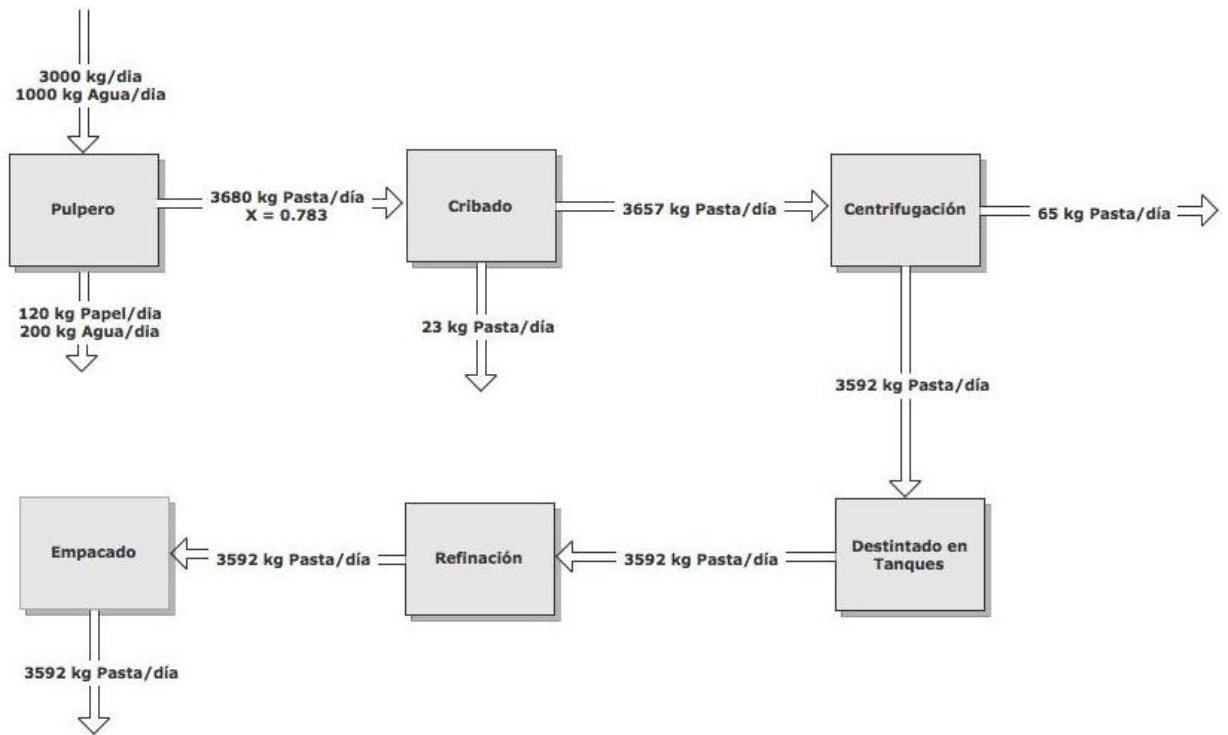
No.	Base de diseño	Descripción
9	Tecnología	La tecnología utilizada en la planta será tecnología de un costo accesible, pero eficiente, para minimizar la inversión de la planta y aumentar la rentabilidad de la misma. También se le estará dando una prioridad al costo de los equipos y tecnología de la planta ya que los recursos económicos disponibles son limitados.
10	Filosofía de operación	Para asegurar el buen funcionamiento de la planta durante las etapas de operación y arranque, se manejará como filosofía interna de la planta que exista un ingeniero encargado de las tres líneas de producción. Como operarios se planea tener operarios debidamente capacitados para el trabajo que van a desempeñar. Cada línea de producción contará con dos operarios que se encargarán de ver el buen funcionamiento de las máquinas como de darles mantenimiento junto con el ingeniero de la planta. Cada operario poseerá los artículos de protección necesarios para trabajar en la planta como botas de punta de acero, gafas de seguridad, casco, bata industrial y tapones para los oídos.
11	Reportes de trabajo	Dentro del trabajo de la planta se establecerán reportes de avances cada 30 días para ser presentados a la comuna y a los interesados del proyecto. Los reportes tendrán la finalidad de mantener una buena comunicación con las partes involucradas del proyecto además de la continua evaluación y análisis del desarrollo del mismo.
12	Meta a corto plazo	Que la basura sea depositada en un solo lugar, dándole un manejo integral y adecuado a los desechos sólidos.

No.	Base de diseño	Descripción
13	Meta a mediano plazo	Construcción de la planta de reciclaje en la Comunidad de Zaragoza, Chimaltenango.
14	Meta a largo plazo	Que el proyecto sea auto sostenible.
15	Localización de la planta	La localización de la planta se encontrará en un terreno donado por la municipalidad de Zaragoza, Chimaltenango cerca de los terrenos donados a la Universidad San Carlos de Guatemala.
16	Infraestructura	La planta contará con un área de 26m x 54 m dando un área total de 1404 m ² de construcción.
17	Tiempo de operación de la planta	La planta operará un turno al día de 10 horas.
18	Tipo de operación	Las tres líneas de la planta trabajarán de forma continua, pero no automatizada.

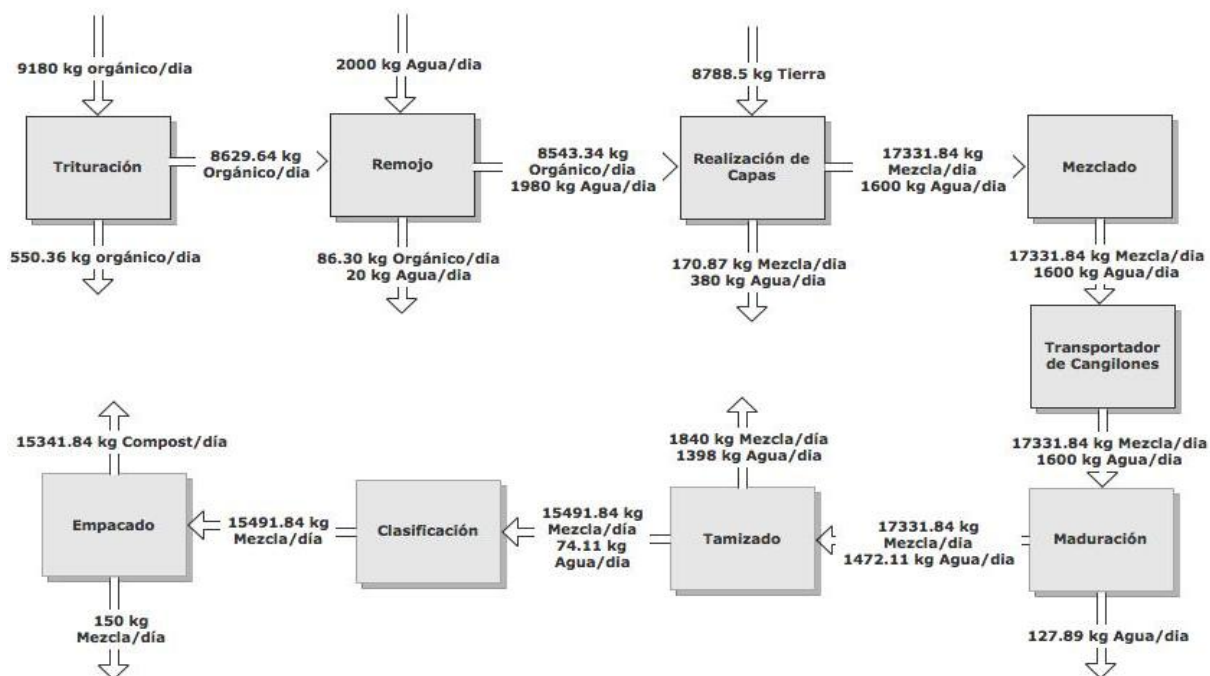
C. Diagrama de flujo línea de reciclaje de PET



D. Diagrama de flujo línea de papel



E. Diagrama de flujo línea de compostaje



F. Equipo

Tabla 13: Equipos y capacidades de equipos para la línea de compostaje

Proceso	Equipo	Capacidad del proceso	Capacidad del equipo
Trituración	Molino de cuchillas	9180 Kg/día	1.5 Ton/hora
Remojo	Tanque	14.69 m ³	1.8 m ³
Realización de capas	Plancha de cemento	9 m ² /día	18 m ²
Mezclado	Mezcladora helicoidal de bandas	18932 Kg/día	3 Ton/hora
Transporte	Transportador de cangilones	18932 Kg/día	3 Ton/hora

Continuación Tabla 13					
Proceso	Equipo	Capacidad del proceso		Capacidad del equipo	
Maduración	Plancha de cemento	20	m ² /día	40	m ²
Tamizado	Tamizador	18803	Kg/día	2.5	Ton/hora
Clasificación	Bandas transportadoras	18803	Kg/día	6	Ton/hora
Empacado	Empaquetadora	15491	Kg/día	2.5	Ton/hora

Tabla 14: Equipos y capacidades de equipos para la línea de papel

Proceso	Equipo	Capacidad del proceso		Capacidad del equipo	
Pulpa de papel	Pulpero	4000	Kg/día	1	Ton/hora
Cribado	Cribadora	3680	Kg/día	1	Ton/hora
Centrifugación	Centrífuga	3657	Kg/día	0.8	Ton/hora
Destintado	Tanque	400	Lt/día	60	Lt/hora
Refinación	Tanque	400	Lt/día	60	Lt/hora
Empacado	Empaquetadora	3502	Kg/día	0.5	Ton/hora

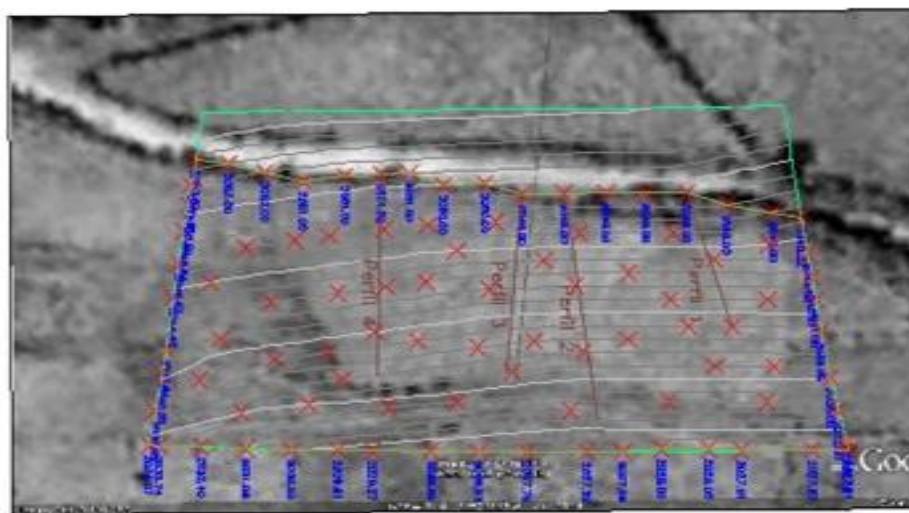
Tabla 15: Equipos y capacidades de equipos para la línea de PET

Proceso	Equipo	Capacidad del proceso		Capacidad del equipo	
Selección de PET	Bandas transportadoras	3205	Kg/día	1	Ton/hora
Molienda	Molino de cuchillas	3205	Kg/día	0.75	Ton/hora
Lavado	Tanque	3044.75	Kg/día	460	Kg/hora
Secado	Secador rotatorio	2983	Kg/día	1	Ton/hora
Empacado	Compactadora	2954	Kg/día	0.5	Ton/hora

I. Representación gráfica de la curva de nivel

Para un mejor entendimiento de la superficie de nivel, se realizó una superposición de las curvas de nivel generadas anteriormente sobre una fotografía obtenida de Google Earth.

Figura 9. Unión entre curvas de nivel y superficie real



Fuente: Elaboración propia con imágenes de Google Earth™

J. Áreas necesarias en la planta de tratamiento

Las áreas necesarias para poder procesar los volúmenes diarios de desechos generados en Zaragoza se pueden ver en la Tabla 2.

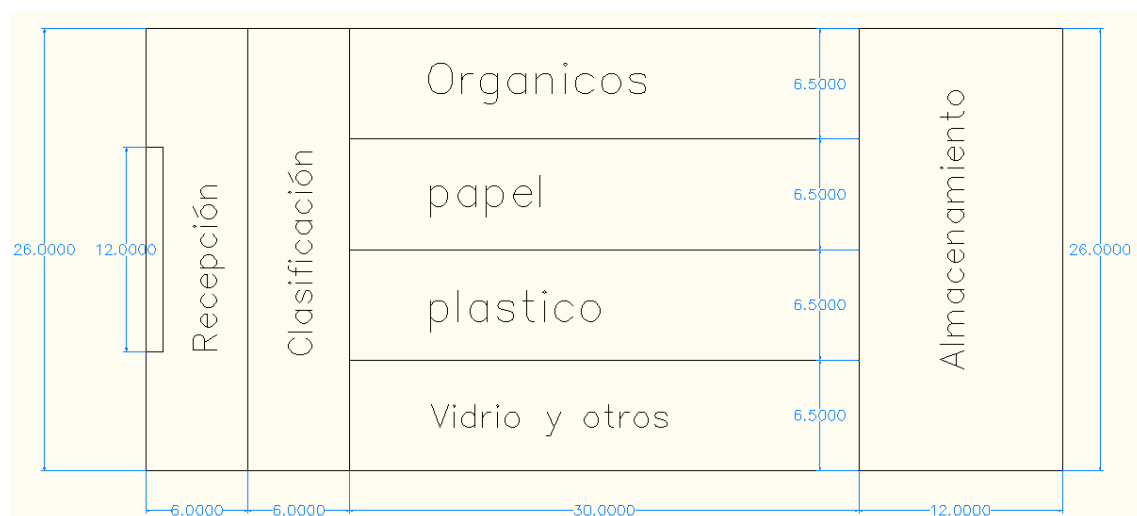
Tabla 16. Áreas requeridas

Uso de la sección	Ancho {metros}	Largo {metros}	Área necesaria {metros cuadrados}
Recepción de desechos	26.0	6.0	156.0
Clasificación de transporte de desechos	26.0	6.0	156.0
Proceso para desechos orgánicos	6.5	30.0	195.0
Proceso para desechos de papel	6.5	30.0	195.0
Proceso para desechos plásticos	6.5	30.0	195.0
Proceso para vidrios y otros desechos	6.5	30.0	195.0
Almacenamiento de productos terminados	26.0	12.0	312.0
Área total requerida	26.0	54.0	1404.0

K. Representación gráfica del uso de las áreas

A continuación se muestra, en una vista en planta, cuáles fueron las áreas para las que se diseñó la planta de tratamiento y las dimensiones según el apartado anterior.

Figura 10. Uso de áreas y dimensiones



L. Pre-diseño de la planta de tratamiento

Los resultados de este proceso se exponen en los siguientes apartados.

1. **Tipología estructural.** La tipología de la estructura se planteó con un sistema de marcos resistentes a momentos, muros de mampostería reforzada para el cerramiento y un techo liviano de laminas soportadas por costaneras. Los factores de las características estructurales, R (factor de reducción de respuesta sísmica), Ω (factor de sobre-resistencia) y C_d (factor de amplificación de desplazamiento post-elástico) se obtuvieron de las normas de seguridad estructural de edificaciones AGIES NSE 3 (Capítulo 1, apartado 1.6.1 al 1.6.3)

Tabla 17. Factores de tipología estructural

Dirección de análisis	Sistema	R	Ω	C_d
Dirección X	Marcos ordinarios, Marco tipo B, Acero estructural	4.5	3	4
Dirección Y	Muros de corte, Sistema general, Mampostería reforzada A	5.5	3	3.5

2. **Cargas vivas de diseño.** Con base en las normas de seguridad estructural AGIES NSE 2 (sección 3.4, cargas vivas de uso frecuente Tabla 3-1), se obtuvieron los valores para las cargas vivas y luego se multiplicaron por el área tributaria de cada costanera.

Tabla 18. Integración de carga viva

Carga Viva	Valor según AGIES NSE-2	Área tributaria	Total
Para techos: cubierta liviana, techo de lamina	$50 \frac{Kg}{m^2}$	2.63 m	$131.5 \frac{Kg}{m}$

3. **Cargas muertas superpuestas.** Según experiencia de ingeniero en el campo, los valores recomendados para las cargas muertas superpuestas en este tipo de estructuras se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Integración de cargas muertas superpuestas

Carga muerta superpuesta	Valor recomendado	Área tributaria	Total
Para techo: Instalaciones	$15 \frac{Kg}{m^2}$	2.63 m	$39.45 \frac{Kg}{m}$
Para techo: peso de laminas	$10 \frac{Kg}{m^2}$	2.63 m	$26.3 \frac{Kg}{m}$
Suma total			$65.75 \frac{Kg}{m}$

4. **Cargas por viento.** Con base en las normas de seguridad estructural AGIES NSE 2 (sección 5.3, Presiones de Diseño de Viento), aspectos del sitio y especificaciones de la estructura, los resultados de las cargas de viento se pueden ver en la tabla a continuación.

Tabla 20. Carga producida por viento

Tipo de exposición	B
Ce= Coeficiente de exposición	0.76
Cq = Coeficiente de presión hacia adentro	0.9
Cq = Coeficiente de presión hacia afuera	0.3
Velocidad del viento promedio	100 $\frac{Km}{h}$
qs = Coeficiente de presión para estructura	47.6 $\frac{Kg}{m^2}$
Importancia de la obra = I	1
Ecuación AGUIES NSE-2, apartado 5.3, ecuación 5-1	$P = Ce * Cq * qs * I$
Carga P de sotavento	32.5584 $\frac{Kg}{m^2}$
Carga P de Barlovento	10.8528 $\frac{Kg}{m^2}$

5. **Aspectos sísmicos.** Según la clasificación de las obras propuestas en las normas de seguridad estructural AGIES NSE 1(Capítulo 3, apartado 3.1.4) se clasifica a la planta de tratamiento como una obra ordinaria. Los datos de ubicación de la obra y los parámetros espectrales para ese sitio se obtuvieron del Anexo de las normas AGIES NSE 2, y se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Ubicación de la obra y parámetros espectrales

NO. de ubicación según AGIES	331
Municipio	Zaragoza
Departamento	Chimaltenango
Índice de sismicidad = I _o	4
Factor de intensidad sísmica = S _{cr}	1.5 g
Factor de intensidad sísmica = S _{1r}	0.55 g

Luego se obtuvieron, según las normas de seguridad estructural AGIES NSE 2 (Capítulo 4, apartados 4.3.3.3 al 4.3.3.6), los coeficientes de sitio y las ecuaciones para poder obtener los períodos (ver tabla a continuación).

Tabla 22. Coeficientes del sitio

Clase de sitio	D
Coeficiente de sitio = Fa	1
Coeficiente de sitio = Fv	1.5
Periodo corto = Scs	1.5 g
Periodo largo = S1s	0.825 g

Los valores para el espectro calibrado al nivel de diseño requerido fueron obtenidos de las normas de seguridad estructural AGIES NSE 2 (Capítulo 4, Apartado 4.3.4.1 y 4.3.4.2). Para el pre-diseño de esta estructura, se consideró un sismo ordinario con una probabilidad del 10% de ser excedida en 50 años. Esto llevó a obtener los factores presentados en la tabla que sigue.

Tabla 23. Factores para calibración del espectro de diseño

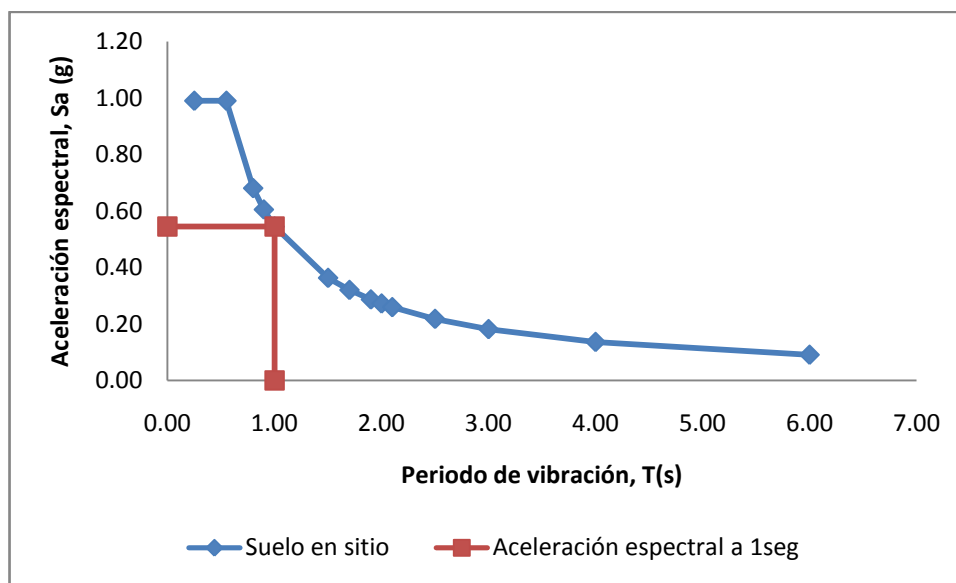
Nivel de diseño	Sismo ordinario
Factor determinante de diseño = Kd	0.66
Factor de calibrado = Scd	0.99
Factor de calibrado = S1d	0.5445

A continuación se presentan los resultados del espectro de diseño que se tomó en cuenta para diseñar la nave industrial a ubicarse en Zaragoza, Chimaltenango. Las coordenadas espectrales $S_a(t)$ para períodos específicos se muestran en la tabla 24.

Tabla 24. Coordenadas espectrales $S_a(t)$

T (segundos)	S_a (T)
0.25	0.99
0.55	0.99
0.80	0.68
0.90	0.61
1.00	0.54
1.50	0.36
1.70	0.32
1.90	0.29
2.00	0.27
2.10	0.26
2.50	0.22
3.00	0.18
4.00	0.14
6.00	0.09

Gráfica 1. Espectro de diseño



6. **Esfuerzos de diseño.** Las especificaciones de los materiales que se usaron para el pre-diseño de la nave industrial se indican en la Tabla 25.

Tabla 25. Resistencia de materiales que se usaron para pre-diseño de la nave industrial

Material	Resistencia nominal
Concreto	211Kg/m ² = 3,000 psi
Acero para perfiles metálicos	36,000 psi
Acero para refuerzo	60,000psi

7. Planta de tratamiento de desechos sólidos. Los resultados obtenidos en el programa SAP2000 V15 para el pre-diseño de la planta de tratamiento, al ingresar los requisitos de áreas, cargas, aspectos de viento, sismo y otros, se muestran a continuación:

a. Modelo tridimensional. Las siguientes imágenes son las representaciones gráficas del modelo que se realizó en el programa de cálculo estructural, mostrando la geometría y las simplificaciones que se hicieron para el diseño.

Figura 11. Vista en perspectiva de la nave industrial diseñada

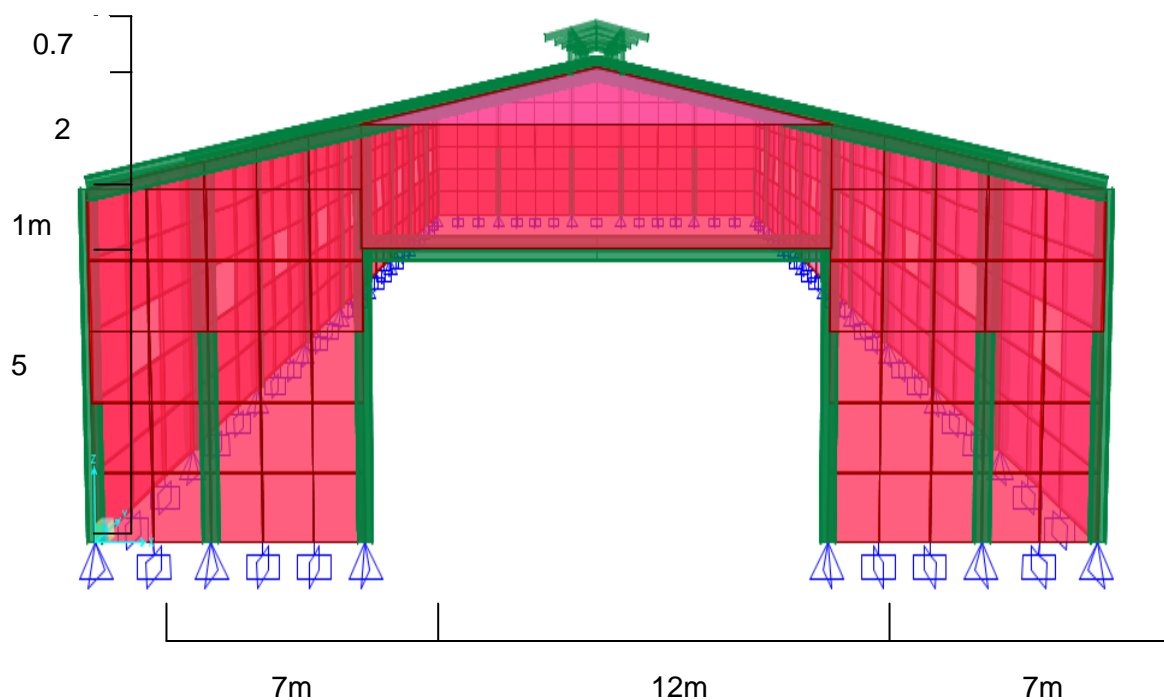


Figura 12. Vista en isométrico de la nave industrial diseñada

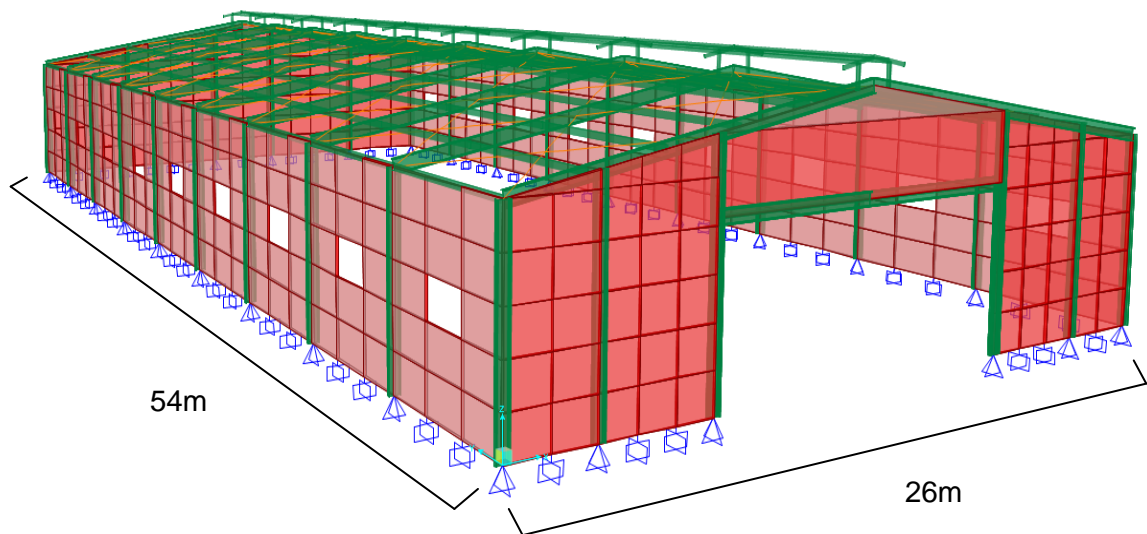


Figura 13. Vista en planta de la nave industrial diseñada

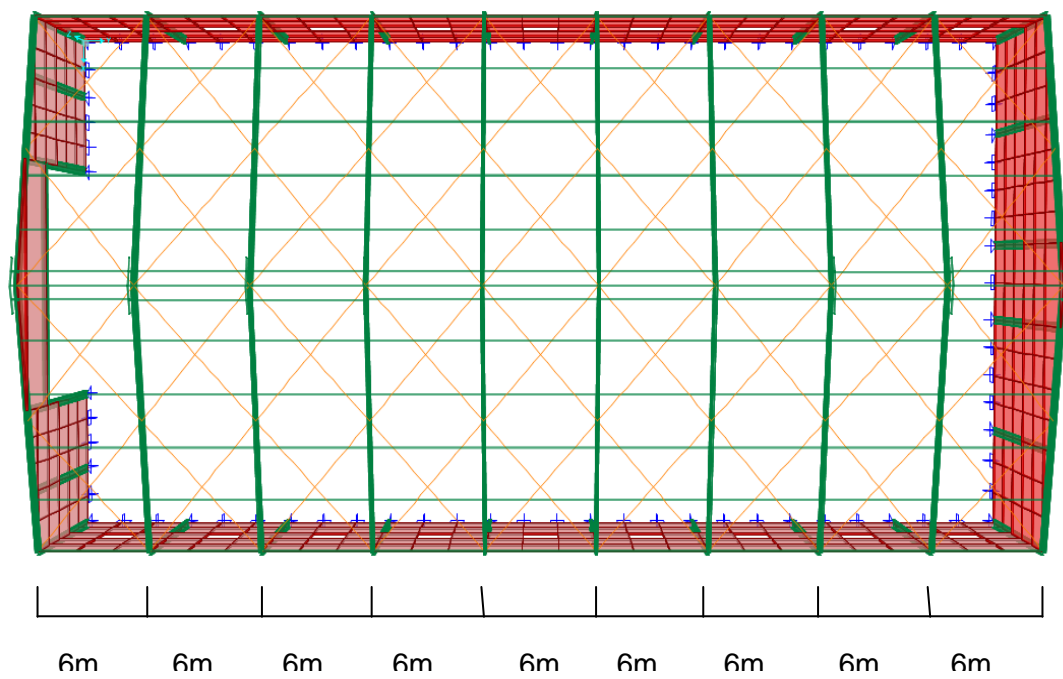


Figura 14. Vista en elevación de la nave industrial diseñada

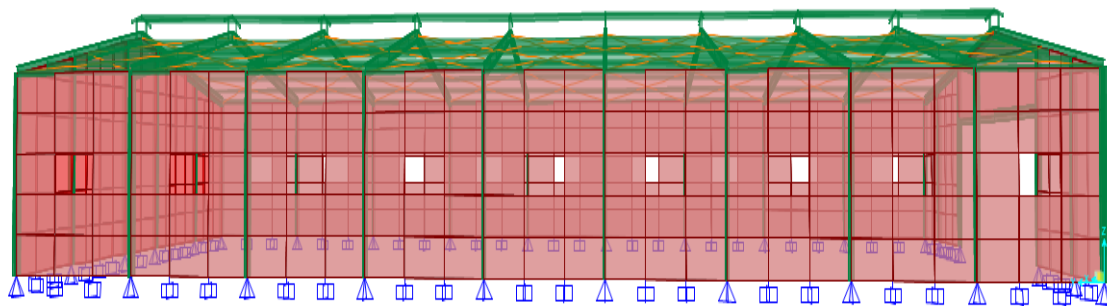


Figura 15: Vista tridimensional frontal



Figura 16: Entrada planta de tratamiento



Figura 17: Interior planta de tratamiento

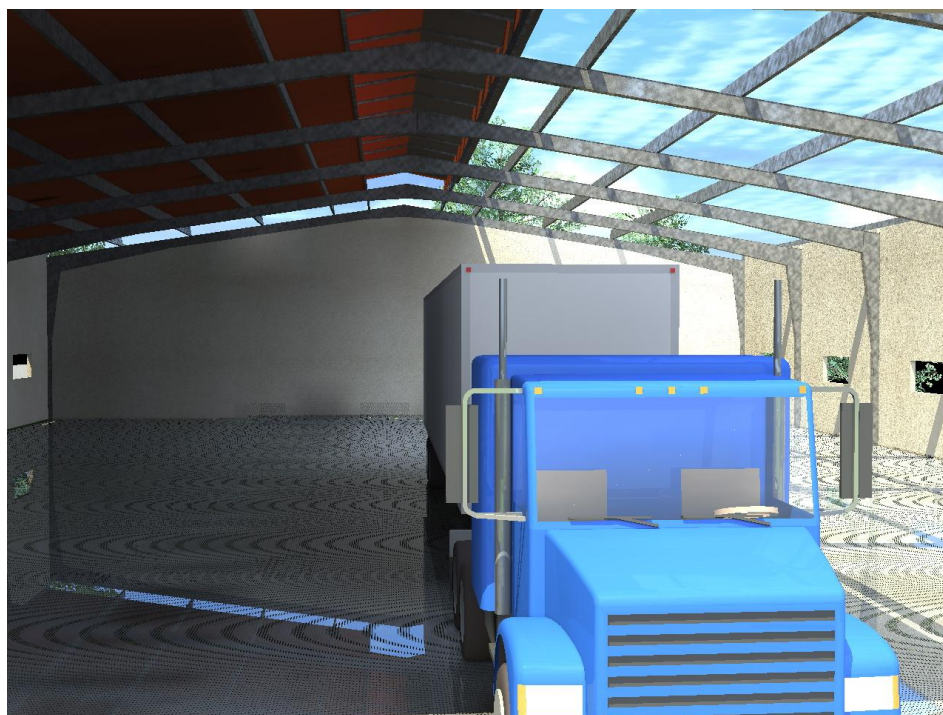


Figura 18: Vista tridimensional parte posterior

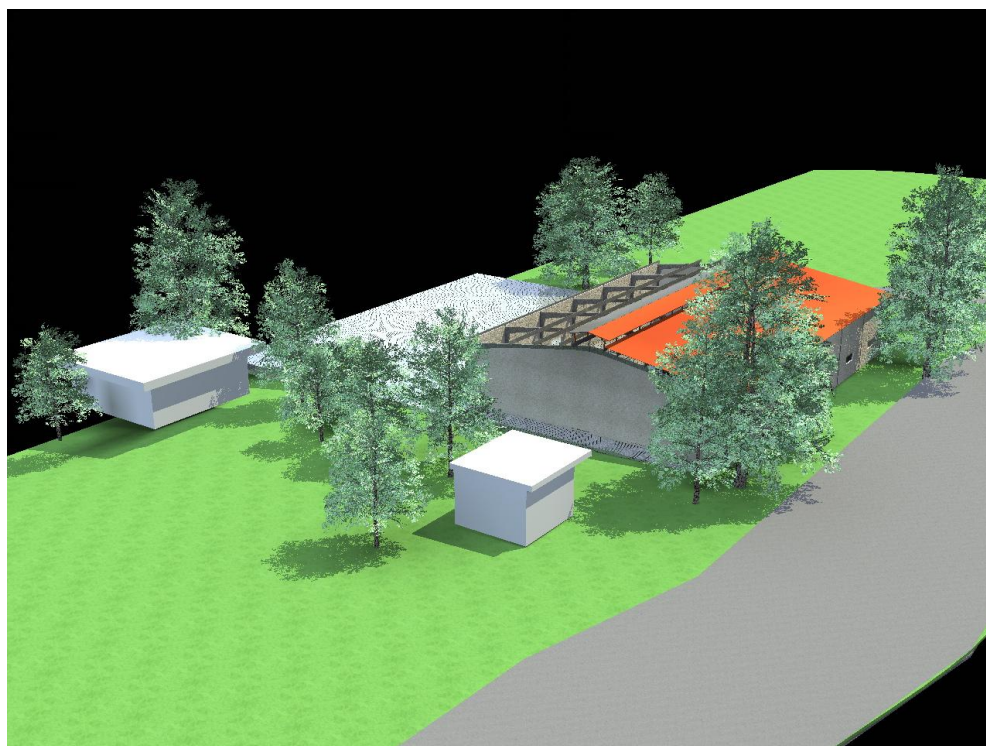
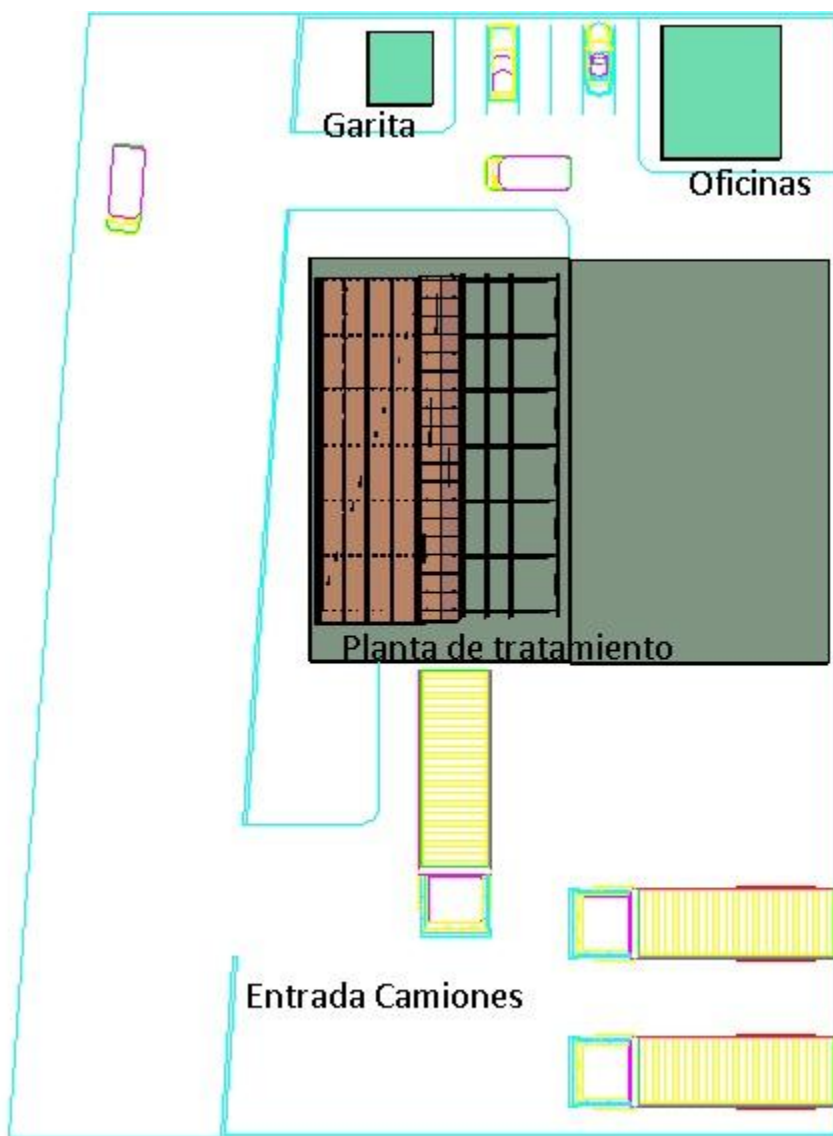
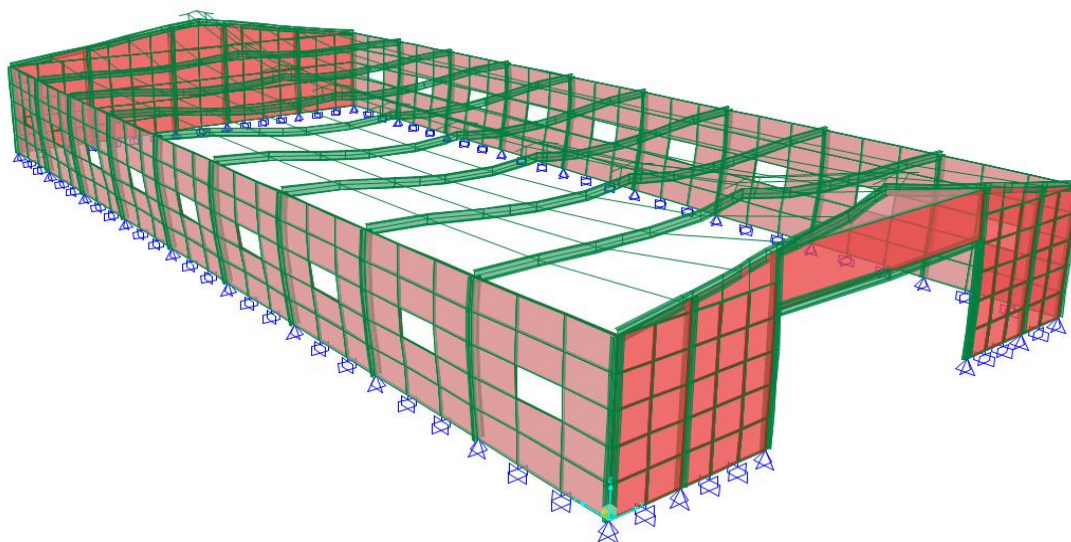


Figura 19: vista en planta del proyecto



b. Deformaciones provocadas por envoltorio de cargas. Las deformaciones máximas en la nave industrial fueron chequeadas por la combinación crítica de cargas, es decir, la envoltorio de todas ellas. A continuación se muestra una representación gráfica de estas deformaciones.

Figura 20. Deformación con la envolvente de cargas y un factor de aumento de escala de 20



c. Chequeo de los elementos metálicos estructurales. Los perfiles propuestos para el cumplimiento de todos los requisitos, muestran un buen comportamiento, ya que todos chequean como válidos, como se puede apreciar en las siguientes ilustraciones.

Figura 21. Chequeo de elementos estructurales a cargas muertas, vivas, de sismo y viento

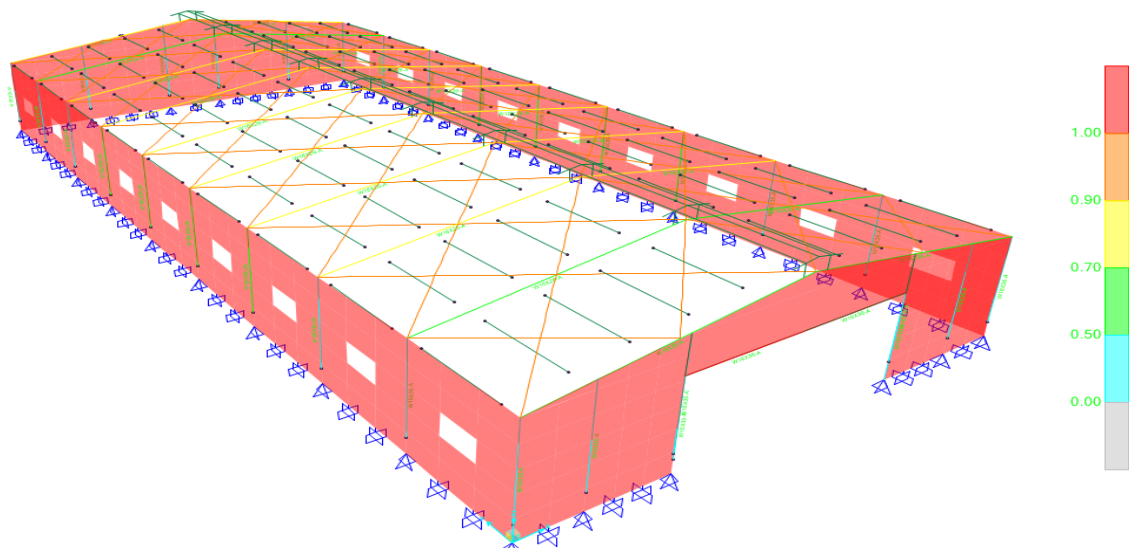


Tabla 26. Porcentaje de esfuerzos representados en colores

Color	% de esfuerzo
	0.0%-0.50
	0.50%-0.70%
	0.70%-0.90%
	0.90%-1.0%
	1.0%->

Tabla 27. Porcentaje de uso de secciones

Sección	Parte en la que se utilizo	Esfuerzo al que está expuesto
W16*26	Vigas principales	80.7%
W16*36	Columnas principales	52.9%
C8*2*1/16	Costaneras	92%

Figura 22. Distribución de esfuerzos axiales por carga muerta y muerta superpuesta

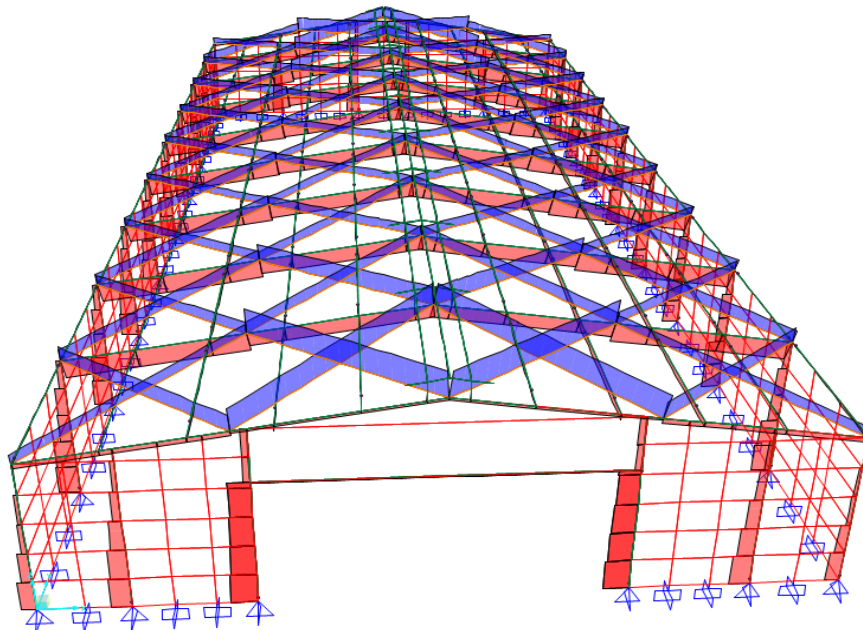
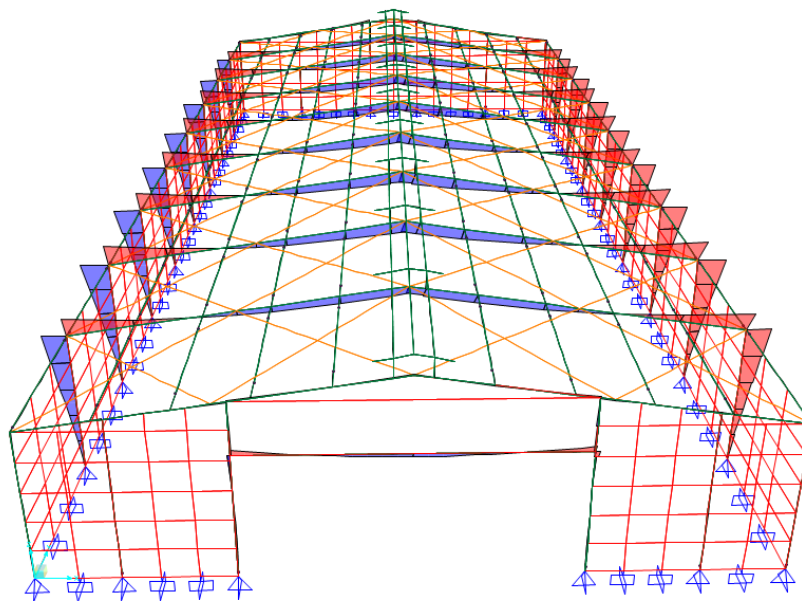


Figura 23. Distribución de momentos en elementos estructurales



d. Diagramas de simulación de los elementos típicos utilizados. En las ilustraciones siguientes se indican, gráficamente, los elementos utilizados en el software para el diseño de la nave industrial.

Ilustración 5. Distribución de momentos en una viga típica de la nave industrial

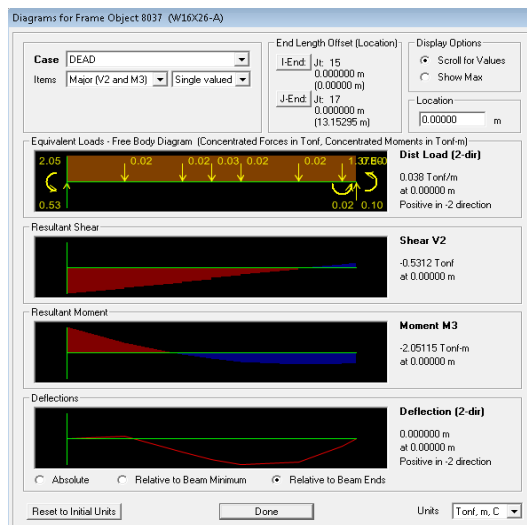
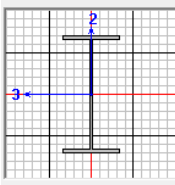
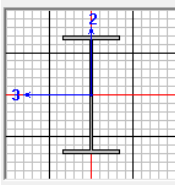
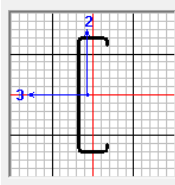




Ilustración 6. Distribución de momentos en una columna típica de la nave industrial



e. Secciones recomendadas para el pre-dimensionamiento. A continuación se muestran las secciones que cumplen con todos los aspectos definidos anteriormente.

Tabla 28. Secciones para pre-diseño

Elemento	Sección propuesta (pulgadas*lb/pie)	Representación grafica de sección
Columna	W16*36	
Viga	W16*26	
Costanera	C8*2*1/16	
Lámina	Calibre 26	
Muro de cerramiento	Block pómez, 15cm*20cm*40cm	

M. Inversión Inicial

En las siguientes tablas se encuentran los costos aproximados que involucraría la construcción de la planta de tratamiento.

Tabla 29. Costo de materiales

Elemento	Sección propuesta	largo estándar	Cantidad necesaria	Costo perfil	Total
columna	W16*36	6m	34 piezas	Q 3420	Q116,280
Viga	W16*26	6m	25 piezas	Q 2470	Q61,750
Costanera	C8*2*1/16	6m	117piezas	Q 209.18	Q24,474
Lamina	Calibre 26	14 ft	432 piezas	Q 163.38	Q70,580
muro de cerramiento	block pomes, 15*20*40	0.40m	10800 piezas	Q 3.405	Q36,774
Tensoros	Tensor de acero 5/8"	8.90m	72 piezas	Q 37.075	Q2,669
losa de concreto para nave industrial	espesor de 16cm		224.64 m ³	Q 1257	Q282,372
Losa de concreto para compost	espesor de 16cm		93.6 m ³	Q 1257	Q117,655
					Q712,555

Tabla 30. Costo de mano de obra

Número de empleados	Tiempo de construcción promedio	Pago mensual por empleado	Total
20	6 meses	Q. 4,000	Q. 480,000

Tabla 31. Costo de movimiento de tierra

sección	corte y llenado de terreno	costo	
plataformas	1814.4 m ³	Q.150	Q. 272,160
cimientos	236.8 m ³	Q.150	Q. 35,520
			Q. 307,680

Tabla 32. Costo total, incluyendo materiales y mano de obra

Costo total aproximado	Q. 1,500,235
------------------------	--------------

Dentro de los parámetros de inversión inicial que se deben considerar se encuentra uno muy importante, el cual es la inversión en maquinaria y equipo que se va a utilizar para el proceso de fabricación del compost, pasta de papel y para moler y compactar el PET. Estos se presentan a continuación.

Tabla 33: Costo de equipo línea de papel

No.	Proceso	Equipo	No. de equipos	Costo FOB/Cotización	Costo total
1	Pulpero	Pulpero	1	\$4,000.00	\$5,699.93
2	Cribado	Cribador	1	\$5,000.00	\$5,000.00
2	Centrifugación	Centrífuga	1	\$5,794.17	\$5,794.17
3	Destintado	Tanque	1	\$2,000.00	\$2,000.00
4	Refinación	Tanque	1	\$2,000.00	\$2,000.00
5	Empacado	Empaquetadora	1	\$6,500.00	\$9,624.55
					\$30,118.66
				Transporte	\$12,500.00
Total					\$42,618.66

Tabla 34: Costo de equipo línea de PET

No	Proceso	Equipo	No. de equipos	Costo FOB/Cotización	Costo Total
1	Selección de PET	Bandas Transportadoras	2	\$3,805.34	\$7,610.69
2	Molienda	Molino de cuchillas	1	\$7,688.08	\$7,688.08
3	Lavado	Tanque	1	\$2,000.00	\$2,000.00
4	Secado	Secador rotatorio	1	\$6,000.00	\$6,000.00
5	Empacado	Empaquetadora	1	\$10,791.52	\$10,791.52
					\$34,090.28
				Transporte	\$12,500.00
Total					\$46,590.28

Tabla 35: Costo de equipo línea de compost

No.	Proceso	Equipo	No. de equipos	Costo FOB/Cotización	Costo total
1	Trituración	Molino de cuchillas	1	\$35,000.00	\$35,000.00
2	Remojo	Tanque	1	\$2,500.00	\$2,500.00
3	Realización de Capas	Plancha de cemento		\$4,100.15	\$4,100.15
4	Mezclado	Mezcladora helicoidal	1	\$10,000.00	\$10,000.00
5	Transporte	Transportador de cangilones	1	\$4,394.03	\$4,394.03
6	Tamizado	Tamizador	1	\$5,000.00	\$5,000.00
7	Clasificación	Bandas transportadoras	3	\$3,805.34	\$11,416.03
8	Empacado	Empaquetadora	1	\$8,000.00	\$8,000.00
					\$80,410.21
				Transporte	\$17,500.00
Total					\$97,910.21

Tabla 36: Costo de inversión inicial total de la planta de tratamiento

Costo de equipo línea papel importado	\$32,824.48		
Costo de equipo línea PET importado	\$38,590.28		
Costo de equipo compostaje importado	\$81,916.03		
Costo total en aduana	\$153,330.80		
Aranceles	\$15,333.08		
Impuesto	\$20,239.67		
Gastos aduanales y otros	\$1,889.04		
Transporte interno	\$6,000.00	Factor Inv.	3.06
Costo total en Guatemala	\$196,792.58	Cambio Q/\$	7.8046
Costo de equipo línea papel local	\$9,794.17		
Costo de equipo línea PET local	\$8,000.00		
Costo de equipo compostaje local	\$15,994.18		
Costo equipo total	\$230,580.93		
Costo instalación e inv.	\$705,577.65		
Costo instalación e inv.	Q5,506,751.36		
Costo inicial obra	Q1,500,000.00		
Inversión inicial	Q7,006,751.36		

N. Costos operativos

Tabla 37: Consumo energético y costo de los equipos de producción

No	Proceso	Equipo	No. de equipos	Consumo de equipos (kw)	Tiempo de trabajo (hrs)	Total consumo diario (kw)	Consumo diario (kwh)	Costo (Q)
1	Trituración	Molino de cuchillas	1	19.50	7.34	7.34	143.21	2960.81
2	Mezclado	Mezcladora helicoidal	1	18.50	7.57	7.57	140.10	2896.46
3	Transporte	Transportador de cangilones	1	12.00	7.57	7.57	90.87	1878.79
4	Tamizado	Tamizador	1	3.50	9.03	9.03	31.59	653.13
5	Clasificación	Bandas Transportadoras	3	1.30	3.76	11.28	14.67	303.24
6	Empacado	Empaquetadora	1	8.00	7.44	7.44	59.49	1229.92
7	Pulpero	Pulpero	1	12.00	4.80	4.80	57.60	1190.87
8	Cribado	Cribador	1	2.24	4.42	4.42	9.88	204.25
9	Centrifugación	Centrifuga	1	1.86	5.85	5.85	10.91	225.52
10	Empacado	Empaquetadora	1	7.00	8.62	8.62	60.35	1247.64
11	Selección de PET	Bandas transportadoras	2	1.30	3.85	7.69	10.00	206.74
12	Molienda	Molino de cuchillas	1	15.00	5.13	5.13	76.92	1590.31
13	Secado	Secador Rotatorio	1	0.00	3.58	3.58	0.00	0.00
14	Empacado	Compactadora	1	11.19	7.09	7.09	79.30	1639.55

Tabla 38: Consumo energético y costo equipo de oficina

Equipo	Unidad	Potencia (Kw)	Horas	Consumo (Kwh)
Ordenador	2	0.01	240	4.8
Iluminación	3	0.058	240	41.76
Sistema climatización				40.29
Bomba	1	0.552	120	66.24
Total				153.09

Tabla 39: Costo total de energía eléctrica mensual

	Consumo (kwh)	Costo (Q)
Total producción	784.8764215	Q16,227.24
Total administrativo	153.09	Q3,165.12
Cargo por consumidor		Q1,911.29
Cargo unitario 1		Q606.67
Cargo unitario 2		Q53.64
IVA		Q2,635.67
Costo total mensual		Q24,599.62

Tabla 40: Consumo y costo mensual de agua producción y administrativa

	Consumo diario (m3)	Consumo mensual (m3)	
Agua de proceso	3.72	111.6	
Agua de limpieza	2	60	
Agua (otros)	1	30	
	Consumo mensual (m3)	201.6	Costo (Q/m3)
	Costo agua	Q1,128.96	Q5.60
	Alcantarillado	Q225.79	
	Cargo fijo	Q16.00	
	Costo mensual total	Q1,370.75	

Tabla 41: Resumen de costos de personal anual

RESUMEN	
ÁREA	COSTO TOTAL ANUAL
PERSONAL ADMINISTRATIVO	Q 260,784.92
PERSONAL DE PLANTA	Q 2,146,382.21
CONTRATO DE SERVICIO DE SEGURIDAD	Q 240,000.00
TOTAL ANUAL	Q 2,647,167.13

Tabla 42: Costos fijos anuales de la planta

Costos fijos	
Personal administrativo	Q260,784.92
Personal de seguridad	Q240,000.00
Energía eléctrica	Q37,981.44
Agua	Q2,016.00
Total	Q540,782.36

Tabla 43: Costos variables anuales de la planta

Costos semi variables	
Personal de planta	Q2,146,382.21
Energía eléctrica	Q257,214.05
Agua	Q14,433.02
Total	Q2,418,029.28

Tabla 44: Costos fijos y semi variables totales anuales y porcentajes del total

	Quetzales	Porcentaje
Total costos fijos	Q540,782.36	18.28%
Total costos semi variables	Q2,418,029.28	81.72%
Total costos anual	Q2,958,811.64	100.00%

Tabla 45: Costos directos anuales de la planta

Costos directos	
Personal de planta	Q1,724,372.48
Energía eléctrica	Q257,214.05
Agua	Q7,499.52
Total	Q1,989,086.05

Tabla 46: Costos indirectos anuales de la planta

Costos indirectos	
Personal administrativo, limpieza, supervisión y seguridad	Q922,794.65
Agua	Q8,949.50
Energía eléctrica	Q3,165.12
Total	Q934,909.28

Tabla 47: Costos directos e indirectos anuales y porcentajes del total

	Quetzales	Porcentaje
Total costos directos	Q1,989,086.05	68.03%
Total costos indirectos	Q934,909.28	31.97%
Total costos anual	Q2,923,995.33	100.00%

O. Factibilidad

Tabla 48: Cantidad de desechos que se pueden comercializar en un año

Cantidad (kg) Producto	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Papel	1,008,557.81	1,036,797.43	1,065,827.76	1,095,670.93	1,126,349.72	1,157,887.51	1,190,308.36	1,223,637.00	1,257,898.83	1,293,120.00
PET	829,426.49	852,650.43	876,524.64	901,067.33	926,297.22	952,233.54	978,896.08	1,006,305.17	1,034,481.71	1,063,447.20
Compost	4,307,664.96	4,428,279.58	4,552,271.41	4,679,735.01	4,810,767.59	4,945,469.08	5,083,942.22	5,226,292.60	5,372,628.79	5,523,062.40
Vidrio	510,975.17	525,282.47	539,990.38	555,110.11	570,653.19	586,631.48	603,057.16	619,942.77	637,301.16	655,145.60

Tabla 49: Préstamo necesario para financiar la inversión

Préstamo	Q2,000,000.00
Intereses	8%
Costo anual	Q298,058.98

Tabla 50: Pagos anuales, de intereses y amortización del préstamo

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Saldo Inicial	Q2,000,000.00	Q1,861,941.02	Q1,712,837.33	Q1,551,805.34	Q1,377,890.79	Q1,190,063.07	Q987,209.14	Q768,126.89	Q531,518.07	Q275,980.53
Pago anual	Q298,058.98	Q298,058.98	Q298,058.98	Q298,058.98	Q298,058.98	Q298,058.98	Q298,058.98	Q298,058.98	Q298,058.98	Q298,058.98
Intereses	Q160,000.00	Q148,955.28	Q137,026.99	Q124,144.43	Q110,231.26	Q95,205.05	Q78,976.73	Q61,450.15	Q42,521.45	Q22,078.44
Amortización	Q138,058.98	Q149,103.70	Q161,031.99	Q173,914.55	Q187,827.71	Q202,853.93	Q219,082.25	Q236,608.83	Q255,537.53	Q275,980.53
Saldo final	Q1,861,941.02	Q1,712,837.33	Q1,551,805.34	Q1,377,890.79	Q1,190,063.07	Q987,209.14	Q768,126.89	Q531,518.07	Q275,980.53	Q0.00

Tabla 51: Precio de venta de los distintos productos por unidad

	Precio (Q)	Unidad
Papel	Q2.00	kg
PET	Q1.50	kg
Compost	Q0.50	kg
Vidrio	Q0.10	kg

Tabla 52: Estado de resultados y flujo de efectivo del proyecto con depreciación SMARC

	Año										
Estado de resultados	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos papel		Q2,017,115.62	Q2,073,594.86	Q2,131,655.51	Q2,191,341.87	Q2,252,699.44	Q2,315,775.02	Q2,380,616.73	Q2,447,273.99	Q2,515,797.67	Q2,586,240.00
Ingresos PET		Q1,244,139.73	Q1,278,975.64	Q1,314,786.96	Q1,351,601.00	Q1,389,445.82	Q1,428,350.31	Q1,468,344.12	Q1,509,457.75	Q1,551,722.57	Q1,595,170.80
Ingresos compostaje		Q2,153,832.48	Q2,214,139.79	Q2,276,135.71	Q2,339,867.51	Q2,405,383.80	Q2,472,734.54	Q2,541,971.11	Q2,613,146.30	Q2,686,314.40	Q2,761,531.20
Ingresos vidrio		Q51,097.52	Q52,528.25	Q53,999.04	Q55,511.01	Q57,065.32	Q58,663.15	Q60,305.72	Q61,994.28	Q63,730.12	Q65,514.56
Costo anual energía		Q233,477.56	Q239,924.14	Q246,551.23	Q253,363.88	Q260,367.28	Q267,566.78	Q274,967.86	Q282,576.18	Q290,397.52	Q298,437.87
Costo anual agua		Q12,905.55	Q13,264.77	Q13,634.05	Q14,013.67	Q14,403.92	Q14,805.09	Q15,217.50	Q15,641.45	Q16,077.28	Q16,525.30
Utilidad bruta		Q5,219,802.24	Q5,366,049.62	Q5,516,391.93	Q5,670,943.83	Q5,829,823.18	Q5,993,151.15	Q6,161,052.31	Q6,333,654.69	Q6,511,089.95	Q6,693,493.39
Costo anual personal		Q2,647,167.13	Q2,911,883.84	Q3,203,072.23	Q3,523,379.45	Q3,875,717.40	Q4,263,289.14	Q4,689,618.05	Q5,158,579.85	Q5,674,437.84	Q6,241,881.62
Depreciación		Q532,926.69	Q959,268.03	Q767,414.43	Q613,931.54	Q491,358.40	Q392,766.97	Q349,599.91	Q349,066.98	Q349,066.98	Q349,066.98
Utilidad antes de Intereses e Impuestos		Q2,039,708.42	Q1,494,897.75	Q1,545,905.28	Q1,533,632.84	Q1,462,747.38	Q1,337,095.05	Q1,121,834.35	Q826,007.86	Q487,585.13	Q102,544.79
Intereses		Q160,000.00	Q148,955.28	Q137,026.99	Q124,144.43	Q110,231.26	Q95,205.05	Q78,976.73	Q61,450.15	Q42,521.45	Q22,078.44
Utilidad antes de impuestos		Q1,879,708.42	Q1,345,942.46	Q1,408,878.29	Q1,409,488.41	Q1,352,516.12	Q1,241,890.00	Q1,042,857.62	Q764,557.71	Q445,063.68	Q80,466.34
Impuestos		Q582,709.61	Q417,242.16	Q436,752.27	Q436,941.41	Q419,280.00	Q384,985.90	Q323,285.86	Q237,012.89	Q137,969.74	Q24,944.57
Utilidad neta		Q1,296,998.81	Q928,700.30	Q972,126.02	Q972,547.00	Q933,236.12	Q856,904.10	Q719,571.76	Q527,544.82	Q307,093.94	Q55,521.78
Flujo efectivo											
Utilidad neta		Q1,296,998.81	Q928,700.30	Q972,126.02	Q972,547.00	Q933,236.12	Q856,904.10	Q719,571.76	Q527,544.82	Q307,093.94	Q55,521.78
Depreciación		Q532,926.69	Q959,268.03	Q767,414.43	Q613,931.54	Q491,358.40	Q392,766.97	Q349,599.91	Q349,066.98	Q349,066.98	Q349,066.98
Capital trabajo		Q600,000.00									
Inversión maq. y equipo		Q7,006,751.36			Q468,294.39				Q468,294.39		
Préstamo		Q2,000,000.00	Q138,058.98	Q149,103.70	Q161,031.99	Q173,914.55	Q187,827.71	Q202,853.93	Q219,082.25	Q236,608.83	Q255,537.53
FEN		Q5,606,751.36	Q1,691,866.52	Q1,738,864.64	Q1,578,508.46	Q944,269.61	Q1,236,766.81	Q1,046,817.14	Q850,089.42	Q171,708.59	Q400,623.39

Tabla 53: Estado de resultados y flujo de efecto del proyecto con depreciación lineal

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estado de resultados											
Ingresos papel	Q2,017,115.62	Q2,073,594.86	Q2,131,655.51	Q2,191,341.87	Q2,252,699.44	Q2,315,775.02	Q2,380,616.73	Q2,447,273.99	Q2,515,797.67	Q2,586,240.00	
Ingresos pET	Q1,244,139.73	Q1,278,975.64	Q1,314,786.96	Q1,351,601.00	Q1,389,445.82	Q1,428,350.31	Q1,468,344.12	Q1,509,457.75	Q1,551,722.57	Q1,595,170.80	
Ingresos compostaje	Q2,153,832.48	Q2,214,139.79	Q2,276,135.71	Q2,339,867.51	Q2,405,383.80	Q2,472,734.54	Q2,541,971.11	Q2,613,146.30	Q2,686,314.40	Q2,761,531.20	
Ingresos vidrio	Q51,097.52	Q52,528.25	Q53,999.04	Q55,511.01	Q57,065.32	Q58,663.15	Q60,305.72	Q61,994.28	Q63,730.12	Q65,514.56	
Costo anual energía	Q233,477.56	Q239,924.14	Q246,551.23	Q253,363.88	Q260,367.28	Q267,566.78	Q274,967.86	Q282,576.18	Q290,397.52	Q298,437.87	
Costo anual agua	Q12,905.55	Q13,264.77	Q13,634.05	Q14,013.67	Q14,403.92	Q14,805.09	Q15,217.50	Q15,641.45	Q16,077.28	Q16,525.30	
Utilidad bruta	Q5,219,802.24	Q5,366,049.62	Q5,516,391.93	Q5,670,943.83	Q5,829,823.18	Q5,993,151.15	Q6,161,052.31	Q6,333,654.69	Q6,511,089.95	Q6,693,493.39	
Costo anual personal	Q2,647,167.13	Q2,911,883.84	Q3,203,072.23	Q3,523,379.45	Q3,875,717.40	Q4,263,289.14	Q4,689,618.05	Q5,158,579.85	Q5,674,437.84	Q6,241,881.62	
Depreciación	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	
Utilidad antes de intereses e impuestos	Q2,039,708.42	Q1,921,239.09	Q1,780,393.02	Q1,614,637.69	Q1,421,179.10	Q1,196,935.33	Q938,507.57	Q642,148.15	Q303,725.42	Q81,314.92	
Intereses	Q160,000.00	Q148,955.28	Q137,026.99	Q124,144.43	Q110,231.26	Q95,205.05	Q78,976.73	Q61,450.15	Q42,521.45	Q22,078.44	
Utilidad antes de impuestos	Q1,879,708.42	Q1,772,283.81	Q1,643,366.04	Q1,490,493.27	Q1,310,947.84	Q1,101,730.29	Q859,530.84	Q580,698.00	Q261,203.98	Q103,393.36	
Impuestos	Q582,709.61	Q549,407.98	Q509,443.47	Q462,052.91	Q406,393.83	Q341,536.39	Q266,454.56	Q180,016.38	Q80,973.23	Q32,051.94	
Utilidad neta	Q1,296,998.81	Q1,222,875.83	Q1,133,922.56	Q1,028,440.36	Q904,554.01	Q760,193.90	Q593,076.28	Q400,681.62	Q180,230.74	Q71,341.42	
Flujo efectivo											
Utilidad neta	Q1,296,998.81	Q1,222,875.83	Q1,133,922.56	Q1,028,440.36	Q904,554.01	Q760,193.90	Q593,076.28	Q400,681.62	Q180,230.74	Q71,341.42	
Depreciación	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	Q532,926.69	
Capital trabajo	Q600,000.00										
Inversión maq. y equipo	Q7,006,751.36			Q468,294.39				Q468,294.39			
Préstamo	Q2,000,000.00	Q138,058.98	Q149,103.70	Q161,031.99	Q173,914.55	Q187,827.71	Q202,853.93	Q219,082.25	Q236,608.83	Q255,537.53	Q275,980.53
FEN	Q5,606,751.36	Q1,691,866.52	Q1,606,698.82	Q1,505,817.26	Q919,158.10	Q1,249,652.98	Q1,090,266.65	Q906,920.72	Q228,705.10	Q457,619.90	Q185,604.73

Tabla 54: Tasas anuales de depreciación SMARC

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tasa SMARC	10.00%	18.00%	14.40%	11.52%	9.22%	7.37%	6.56%	6.55%	6.55%	6.55%	3.28%

Tabla 55: Depreciación anual usando tasas SMARC

			Depreciación SMARC año 1	Depreciación SMARC año 2	Depreciación SMARC año 3	Depreciación SMARC año 4	Depreciación SMARC año 5	Depreciación SMARC año 6	Depreciación SMARC año 7	Depreciación SMARC año 8	Depreciación SMARC año 9	Depreciación SMARC año 10	Depreciación SMARC año 11
1	Molino de cuchillas		Q103,001.91	Q185,403.44	Q148,322.75	Q118,658.20	Q94,967.76	Q75,912.41	Q67,569.25	Q67,466.25	Q67,466.25	Q67,466.25	Q33,784.63
2	Tanque		Q7,357.28	Q13,243.10	Q10,594.48	Q8,475.59	Q6,783.41	Q5,422.31	Q4,826.38	Q4,819.02	Q4,819.02	Q4,819.02	Q2,413.19
3	Plancha de cemento		Q12,066.37	Q21,719.46	Q17,375.57	Q13,900.46	Q11,125.19	Q8,892.91	Q7,915.54	Q7,903.47	Q7,903.47	Q7,903.47	Q3,957.77
4	Mezcladora helicoidal		Q29,429.12	Q52,972.41	Q42,377.93	Q33,902.34	Q27,133.65	Q21,689.26	Q19,305.50	Q19,276.07	Q19,276.07	Q19,276.07	Q9,652.75
5	Transportador de Cangilones		Q12,931.25	Q23,276.25	Q18,621.00	Q14,896.80	Q11,922.61	Q9,530.33	Q8,482.90	Q8,469.97	Q8,469.97	Q8,469.97	Q4,241.45
6	Maduración		Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
7	Tamizador		Q14,714.56	Q26,486.21	Q21,188.96	Q16,951.17	Q13,566.82	Q10,844.63	Q9,652.75	Q9,638.04	Q9,638.04	Q9,638.04	Q4,826.38
8	Bandas transportadoras		Q33,596.38	Q60,473.48	Q48,378.78	Q38,703.03	Q30,975.86	Q24,760.53	Q22,039.22	Q22,005.63	Q22,005.63	Q22,005.63	Q11,019.61
9	Empaquetadora		Q23,543.29	Q42,377.93	Q33,902.34	Q27,121.87	Q21,706.92	Q17,351.41	Q15,444.40	Q15,420.86	Q15,420.86	Q15,420.86	Q7,722.20
10	Pulpero		Q16,774.40	Q30,193.92	Q24,155.13	Q19,324.11	Q15,466.00	Q12,362.73	Q11,004.01	Q10,987.23	Q10,987.23	Q10,987.23	Q5,502.00
11	Cribador		Q14,714.56	Q26,486.21	Q21,188.96	Q16,951.17	Q13,566.82	Q10,844.63	Q9,652.75	Q9,638.04	Q9,638.04	Q9,638.04	Q4,826.38
12	Centrífuga		Q17,051.74	Q30,693.13	Q24,554.51	Q19,643.61	Q15,721.71	Q12,567.13	Q11,185.94	Q11,168.89	Q11,168.89	Q11,168.89	Q5,592.97
13	Tanque		Q5,885.82	Q10,594.48	Q8,475.59	Q6,780.47	Q5,426.73	Q4,337.85	Q3,861.10	Q3,855.21	Q3,855.21	Q3,855.21	Q1,930.55
14	Tanque		Q5,885.82	Q10,594.48	Q8,475.59	Q6,780.47	Q5,426.73	Q4,337.85	Q3,861.10	Q3,855.21	Q3,855.21	Q3,855.21	Q1,930.55
15	Empaquetadora		Q28,324.20	Q50,983.56	Q40,786.85	Q32,629.48	Q26,114.91	Q20,874.94	Q18,580.68	Q18,552.35	Q18,552.35	Q18,552.35	Q9,290.34
16	Bandas transportadoras		Q46,358.06	Q83,444.51	Q66,755.61	Q53,404.48	Q42,742.13	Q34,165.89	Q30,410.89	Q30,364.53	Q30,364.53	Q30,364.53	Q15,205.44
17	Molino de cuchillas		Q46,829.44	Q84,292.99	Q67,434.39	Q53,947.51	Q43,176.74	Q34,513.30	Q30,720.11	Q30,673.28	Q30,673.28	Q30,673.28	Q15,360.06
18	Tanque		Q12,182.36	Q21,928.24	Q17,542.59	Q14,034.07	Q11,232.13	Q8,978.40	Q7,991.63	Q7,979.44	Q7,979.44	Q7,979.44	Q3,995.81
19	Secador rotatorio		Q36,547.07	Q65,784.72	Q52,627.78	Q42,102.22	Q33,696.40	Q26,935.19	Q23,974.88	Q23,938.33	Q23,938.33	Q23,938.33	Q11,987.44
20	Empaquetadora		Q65,733.07	Q118,319.52	Q94,655.61	Q75,724.49	Q60,605.89	Q48,445.27	Q43,120.89	Q43,055.16	Q43,055.16	Q43,055.16	Q21,560.45

Total	Q532,926.69	Q959,268.03	Q767,414.43	Q613,931.54	Q491,358.40	Q392,766.97	Q349,599.91	Q349,066.98	Q349,066.98	Q349,066.98	Q174,799.95
-------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Tabla 56: Depreciación lineal anual

		Unidades	Costo total (\$)	Costo total (Q)	Depreciación lineal anual
1	Molino de cuchillas	1	\$131,975.90	Q1,030,019.08	Q103,001.91
2	Tanque	1	\$9,426.85	Q73,572.79	Q7,357.28
3	Plancha de cemento		\$15,460.58	Q120,663.68	Q12,066.37
4	Mezcladora helicoidal	1	\$37,707.40	Q294,291.17	Q29,429.12
5	Transportador de cangilones	1	\$16,568.76	Q129,312.51	Q12,931.25
6	Maduración	1	\$0.00	Q0.00	Q0.00
7	Tamizador	1	\$18,853.70	Q147,145.58	Q14,714.56
8	Bandas transportadoras	3	\$43,046.89	Q335,963.76	Q33,596.38
9	Empaquetadora	1	\$30,165.92	Q235,432.93	Q23,543.29
10	Pulpero	1	\$21,492.96	Q167,743.98	Q16,774.40
11	Cribador	1	\$18,853.70	Q147,145.58	Q14,714.56
12	Centrífuga	1	\$21,848.32	Q170,517.41	Q17,051.74
13	Tanque	1	\$7,541.48	Q58,858.23	Q5,885.82
14	Tanque	1	\$7,541.48	Q58,858.23	Q5,885.82
15	Empaquetadora	1	\$36,291.67	Q283,242.01	Q28,324.20
16	Bandas transportadoras	2	\$59,398.38	Q463,580.60	Q46,358.06
17	Molino de cuchillas	1	\$60,002.36	Q468,294.39	Q46,829.44
18	Tanque	1	\$15,609.20	Q121,823.56	Q12,182.36
19	Secador rotatorio	1	\$46,827.60	Q365,470.69	Q36,547.07
20	Empaquetadora	1	\$84,223.49	Q657,330.65	Q65,733.07
	Total	22	\$682,836.64	Q5,329,266.85	Q532,926.69

Tabla 57: Valor Anual Neto y TIR del proyecto con depreciación SMARC

VPN	Q954,039.56
TIR	17.18%

Tabla 58: Valor Anual Neto y TIR del proyecto con depreciación SMARC

VPN	Q1,133,984.83
TIR	16.72%

Tabla 59: Parámetros a variar en el análisis de sensibilidad

Parámetros a variar	a	Valor (Q)	Sensibilidad
Precio papel		Q2.00	0%
Precio PET		Q1.50	0%
Precio compost		Q0.50	0%
Precio vidrio		Q0.10	0%
Energía eléctrica		Q295,195.49	0%
Agua		Q16,449.02	0%
Mano de obra		Q2,647,167.13	0%

Tabla 60: Variación en la TIR y Valor Presente Neto ante una variación en los precios de la pasta de papel.

Variación precio papel	TIR	VPN
Original	17.18%	Q954,039.56
-25%	1.50%	(Q1,256,073.09)
-20%	5.73%	(Q814,050.56)
-15%	9.14%	(Q372,028.03)
-10%	12.09%	Q69,994.50
-5%	14.75%	Q512,017.03
0%	17.18%	Q954,039.56
5%	19.46%	Q1,396,062.09
10%	21.61%	Q1,838,084.63
15%	23.65%	Q2,280,107.16
20%	25.61%	Q2,722,129.69
25%	27.51%	Q3,164,152.22

Tabla 61: Variación de la TIR y Valor Presente Neto ante una variación en el precio del PET molido.

Variación precio PET	TIR	VPN
Original	17.18%	Q954,039.56
-25%	8.88%	(Q409,139.10)
-20%	10.76%	(Q136,503.36)
-15%	12.51%	Q136,132.37
-10%	14.15%	Q408,768.10
-5%	15.70%	Q681,403.83
0%	17.18%	Q954,039.56
5%	18.60%	Q1,226,675.29
10%	19.97%	Q1,499,311.03
15%	21.29%	Q1,771,946.76
20%	22.57%	Q2,044,582.49
25%	23.82%	Q2,317,218.22

Tabla 62: Variación en la TIR y Valor Presente Neto ante una variación en el precio del compost.

Variación precio compost	TIR	VPN
Original	17.18%	Q954,039.56
-25%	-0.27%	(Q1,405,870.99)
-20%	4.69%	(Q933,888.88)
-15%	8.49%	(Q461,906.77)
-10%	11.71%	Q10,075.34
-5%	14.57%	Q482,057.45
0%	17.18%	Q954,039.56
5%	19.61%	Q1,426,021.67
10%	21.89%	Q1,898,003.78
15%	24.06%	Q2,369,985.89
20%	26.13%	Q2,841,968.00
25%	28.13%	Q3,313,950.11

Tabla 63: Variación en la TIR y Valor Presente Neto ante una variación en el precio del vidrio sin procesar.

Variación precio vidrio	TIR	VPN
Original	17.18%	Q954,039.56
-25%	16.88%	Q898,053.05
-20%	16.94%	Q909,250.35
-15%	17.00%	Q920,447.66
-10%	17.06%	Q931,644.96
-5%	17.12%	Q942,842.26
0%	17.18%	Q954,039.56
5%	17.24%	Q965,236.87
10%	17.30%	Q976,434.17
15%	17.36%	Q987,631.47
20%	17.42%	Q998,828.77
25%	17.48%	Q1,010,026.08

Tabla 64: Variación en la TIR y Valor Presente Neto ante un cambio en el costo de la energía eléctrica.

Variación costo energía eléctrica	TIR	VPN
Original	17.18%	Q954,039.56
-25%	18.50%	Q1,206,303.58
-20%	18.24%	Q1,155,850.78
-15%	17.98%	Q1,105,397.97
-10%	17.72%	Q1,054,945.17
-5%	17.45%	Q1,004,492.37
0%	17.18%	Q954,039.56
5%	16.91%	Q903,586.76
10%	16.64%	Q853,133.96
15%	16.37%	Q802,681.15
20%	16.09%	Q752,228.35
25%	15.82%	Q701,775.55

Tabla 65: Variación en la TIR y Valor Presente Neto ante un cambio en el costo del agua.

Variación costo agua	TIR	VPN
Original	17.18%	Q954,039.56
-25%	17.2576%	Q968,096.34
-20%	17.2427%	Q965,284.98
-15%	17.2278%	Q962,473.63
-10%	17.2129%	Q959,662.27
-5%	17.1980%	Q956,850.92
0%	17.1830%	Q954,039.56
5%	17.1681%	Q951,228.21
10%	17.1531%	Q948,416.85
15%	17.1382%	Q945,605.50
20%	17.1232%	Q942,794.14
25%	17.1083%	Q939,982.79

Tabla 66: Variación en la TIR y Valor Presente Neto ante un cambio en el costo de la mano de obra a partir del primer año de operación.

Variación costo mano de obra	TIR	VPN
Original	17.18%	Q954,039.56
-25%	32.74%	Q4,782,389.12
-20%	30.07%	Q4,016,719.21
-15%	27.24%	Q3,251,049.29
-10%	24.20%	Q2,485,379.38
-5%	20.89%	Q1,719,709.47
0%	17.18%	Q954,039.56
5%	12.86%	Q188,369.65
10%	7.37%	(Q577,300.26)
15%	-1.68%	(Q1,342,970.17)

P. Comercialización

Entre algunas empresas que reciclan en Guatemala se encuentra: Corrugadora Guatemala es una empresa que actualmente compacta y hace paquetes de los residuos de papel, los cuales exporta en barco cada quince días hacia Panamá en donde cuentan con una planta recicladora de papel. El precio se encuentra actualmente en US\$ 110 por tonelada métrica, solo exportan residuos propios y no acopian ningún material externo.

En el caso de Empaques San Lucas, ellos comparan y acopian material externo, lo compactan y lo exportan hacia el mercado externo. No aceptan papel manchado o sucio, libre de grasas, aceites, parafinas, pinturas de aceite, residuos tóxicos, hilos. Además, cuentan con un centro de acopio. En cuanto a los precios, compran el quintal a Q.10 más IVA. Tienen un sistema de descuento por presencia de basura o humedad excesiva en el producto. Compran todo el producto puesto en planta. Todo el producto acopiado es enviado hacia el extranjero, hacia una planta propia de reciclaje. Se estima que recopilan un volumen aproximado de 70 a 80% del papel a nivel nacional, con un volumen aproximado de 1 600 toneladas mensuales.

RECIPA, es otra de las acopiadoras de papel y materiales reciclables. Actualmente trabajan con cinco contenedores de materiales reciclables de 22 toneladas c/u por mes, los cuales se envían a Ecuador y Chile

La Fundación para el Medio Ambiente FUMENTE, es una entidad no lucrativa que trabaja por medio de patrocinadores que donan los residuos, en este caso papel. Si las empresas logran acopiar 1 000 libras de residuo, ellos se comprometen a recolectarlo, de lo contrario las donaciones se reciben en la planta. Funcionan como un centro de acopio. En la planta lo clasifican, lo separan, le quitan pegamento, grapas y material extraño en general. Lo separan por tipos y luego lo comprimen.

Luego los trasladan a los beneficiarios, éste es transferido a COPACASA. Mensualmente trabajan 10 toneladas de papel. Además patrocinan escuelas con programas de educación en el tema ambiental y mejoras en general. Reciben donaciones en dinero de parte de empresas privadas guatemaltecas. No reciben ningún apoyo del gobierno.

Plásticos de Guatemala y Recindustrial son empresas dedicadas a la compra y venta de plásticos reciclados o plásticos para reciclar y transformación de materiales. Éstas están ubicadas en Villa Nueva.

Recigua es una empresa dedicada a la venta de papel para reciclaje en toda la república de Guatemala, su volumen promedio semanal de venta es de 300 lbs.

Reciclados San Antonio es una empresa recicladora y centro de acopio de materiales plásticos, papel y compostaje de materiales orgánicos.

Naturizzima es una empresa recicladora, importadora y comercializadora de productos plásticos, polietileno de alta y baja en película, Post Producción y Post-Comercial. Utiliza siete contenedores mensuales como mínimo

La empresa Cajas y Empaques, S.A. produce actualmente alrededor de 4,5 millones de metros cuadrados de cartón y papel mensuales. Aproximadamente de un 10% de los residuos de la fabricación se van para COPACASA, la recicladora de cartón del Grupo Sigma, ubicada en Escuintla. El resto de los residuos se compactan y se mandan al extranjero para su utilización en reciclaje.

Recicladora Nacional es una empresa que se dedica a la compra, venta y transformación de materiales reciclables con servicio domiciliar de recolección: principalmente plásticos y papel. Además, ofrecen plásticos (PP, HDPE, LDPE, PP, PS, PVC) molido, peletizado, en balas y a granel.

A nivel industrial, la Vidriera Guatemalteca –VIGUA- es la única empresa que realiza el proceso de fabricación y reciclado de vidrio en su totalidad. Sílices de Centroamérica, S.A.

Tabla 66: Importaciones de papel en el año 2010

Cuenta	Monto en Dólares	Peso en Kilos	Monto en Dólares	Peso en Kilos
PAPEL Y CARTON CRAFT, SIN ESTUCAR Y CUBRIR, EN BOBINAS (ROLLOS) O EN HOJAS	41,128,535	94,824,925	1,334,303	1,347,331

(Fuente: Banguat)

Tabla 17: Composición de residuos de papel domiciliarios

Estrato socioeconómico tipo de residuo	Alto	Medio alto	Medio bajo	Bajo
Papel	20.4%	22%	17%	12.9%







(Fuente: Banguat)

Tabla 68: Guatemala, Establecimiento industriales en la fabricación de papel y sus productos, imprentas, editoriales, junio 2010

ACTIVIDAD ECONÓMICA	No. DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES	UBICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO
Fabricación de pulpa de madera, papel y cartón	6	3 Guatemala 1 Retalhuleu 1 Barberena 1 Escuintla
Fabricación de envases, cajas de papel y cartón	10	8 Guatemala 1 Quetzaltenango 1 Izabal
Fabricación de artículos de pulpa, papel y cartón	3	3 Guatemala
Imprentas y editoriales	123	109 Guatemala 2 Retalhuleu 5 Quetzaltenango 1 Mazatenango 2 San Marcos 1 Alta Verapaz 1 Huehuetenango 1 Izabal 1 Chiquimula

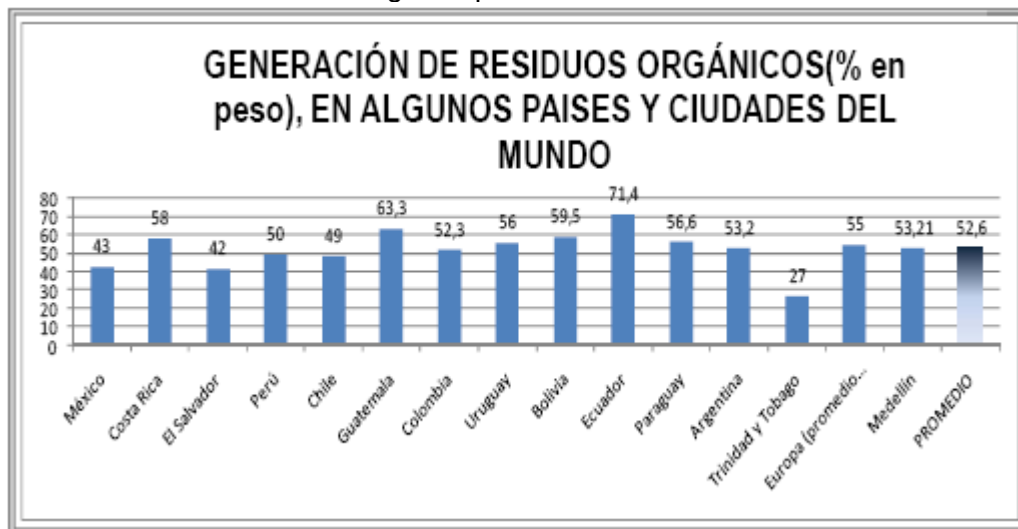
(Fuente: Dirección General de Estadística. Directorio Nacional de Establecimientos Industriales.)

Tabla 69: Reciclado de plásticos

Termoplásticos			Aplicaciones	Usos después del reciclado
Poliétileno tereftalato	PET		Botellas, envasado de productos alimenticios, moquetas, refuerzos neumáticos de coches.	Textiles para bolsas, lonas y velas náuticas, cuerdas, hilos
Poliétileno alta densidad	PEAD		Botellas para productos alimenticios, detergentes, contenedores, juguetes, bolsas, embalajes y film, laminas y tuberías.	Bolsas industriales, botellas detergentes, contenedores, tubos
Poliétileno de baja densidad	PEBD		Film adhesivo, Bolsas, revestimientos de cubos, recubrimiento contenedores flexibles, tuberías para riego,	Bolsas para residuos, e industriales, tubos, contenedores, film uso agrícola, vallado
Policloruro de vinilo	PVC		Marcos de ventanas, tuberías rígidas, revestimientos para suelos, botellas, cables aislantes, tarjetas de crédito, productos de uso sanitario,	Muebles de jardín, tuberías, vallas, contenedores
Polipropileno	PP		Envases para productos alimenticios, Cajas, tapones, piezas de automoviles, alfombras y componentes eléctricos.	Cajas múltiples para transporte de envases, sillas, textiles
Poliestireno	PS		Botellas, vasos de yogures, recubrimientos	Aislamiento térmico, cubos de basura, accesorios oficina

(Fuente: Amigos de la Tierra, Reciclado de Plástico,
http://www.yolimpio.com/recicla/pdf/4_Reciclaje_del_Plastico_2.pdf)

Gráfico 1: Relación de porcentajes en peso de generación de residuos sólidos orgánicos en algunos países del mundo.



VIII. DISCUSIÓN

A. Análisis estadístico

El teorema del límite central nos ayuda a comprender el comportamiento de los datos que se recolectaron. Esta es una muestra de 182 datos, dentro de una población de 4000 inmuebles, que representan a un total de 22961 personas. El teorema del límite central nos indica que cuando hay una población considerablemente grande (como en este caso los 4000 inmuebles o 22961 personas) los datos tienden a una distribución normal. En este caso, no importa si los datos poseen una distribución binomial o de poisson por si solos, a la hora de combinarlos con toda la población y de tener esta población tan grande, entonces tienden a convertirse en una aproximación de una distribución de probabilidad normal.

Tomando en consideración los resultados expuestos en las páginas anteriores y el teorema del límite central, debemos explicar cómo se deben analizar estos datos, y cómo estos se deben interpretar. Las medias que se presenta en cada una de las tablas presentadas a continuación corresponden a la media, del tipo de desecho a estudiar, por día y por inmueble. Para el caso del desecho orgánico se tiene una cantidad promedio de 3.827 libras por día y por inmueble en cada uno de los inmuebles de este municipio. Es importante considerar que esta media es la media de la muestra, diseñada para representar la población total de la población.

La mediana es una medida estadística que generalmente se utiliza para conocer la distribución de los datos respecto de un valor central, que no necesariamente debe coincidir con la media. Este valor estadístico nos indica el valor que divide a la mitad de la población, en este caso, respecto de sus desechos de basura. Un valor de mediana de 1.825 libras de basura orgánica, nos indica que la mitad de la población (el 50%) desecha entre 0 y 1.825 libras por día e inmueble, mientras que la otra mitad desecha cantidades mayores a este valor. Éste es un fenómeno interesante, ya que la media de este tipo de desecho es de 3.827, mientras que la mediana es de 1.825. Las posibles causas de esto se pueden listar a continuación: en inmuebles de tipo residencial (casas) con muchos habitantes, el desecho de tipo orgánico aumenta, lo que eleva la media. Casos como colegios también pueden entrar como parte de este fenómeno, donde

aumenta el desecho de tipo orgánico. Los valores de curtosis y el coeficiente de asimetría del desecho orgánico nos indican que los valores encontrados son muy dispersos, si lo comparamos respecto de una distribución de probabilidad normal. Estos valores indican que ésta es una curva más elevada, respecto de la normal, así como una distribución a la derecha en cuanto a los datos, respecto de la media. La desviación estándar de los datos se encuentra muy elevada, cuando se toma en cuenta solo por inmueble. Se hace la corrección y el ajuste necesario cuando se presentan los datos por el total de inmuebles. En este caso, se tomó 4000 inmuebles, lo que se estimó de parte de la alcaldía, para el momento en el que se realizó el estudio.

Para los desechos de papel (Tabla 3) nos encontramos con una media la cual se encuentra en 1.225 libras de papel por inmueble. Esta media es el indicador que utilizamos para calcular el promedio de desechos de papel por día en todo el municipio, que se observa en la Tabla 8. La mediana de este caso es de 0.5, lo que nos indica que la mitad de la población, en este caso de los inmuebles, genera un desecho de 0.5 libras o menos de papel por día, mientras que la otra mitad genera una cantidad mayor. Esto nos lleva a pensar que existe cierto tipo de inmuebles los cuales tienen un mayor desecho de papel que otros, como en este caso colegios, algunas librerías, o bien hogares en donde haya niños pequeños los cuales todavía se encuentren en la escuela. La curtosis y el coeficiente de asimetría nos indican que la curva de probabilidad se encuentra más elevada, respecto de la curva normal, así como una tendencia de los datos de estar a la derecha de la media en la curva de probabilidad. La desviación estándar para cada inmueble es de un tamaño considerablemente alto, ya que es mayor que la media. Sin embargo, encontramos una corrección en la Tabla 8, tomando en cuenta la población total de inmuebles que existen en Zaragoza.

Para los desechos de plástico (Tabla 4) encontramos una media de 1.336 libras de desecho por inmueble. En el cincuenta por ciento de la muestra tomada, desechan 0.775 libras de plástico o menos, mientras que el restante cincuenta por ciento genera una cantidad mayor de desecho de plástico. Es importante considerar que los inmuebles de tipo comercial, colegios o en inmuebles donde haya una gran concentración de personas que laboren durante el día, se encontrará una mayor cantidad de desechos de plástico que en inmuebles de tipo residencial, donde existe un desecho de plástico mucho menor.

Los desechos conformados por vidrio no representan una cantidad considerable en cuanto a la cantidad de desechos encontrados, con un valor aproximado del 8.25% del total de los datos. Con tan solo 0.76 libras de vidrio por inmueble y una mediana de 0, esto nos indican que este tipo de desechos se concentran en ciertos inmuebles específicos y que la mayoría de los inmuebles tiene una cantidad muy pequeña de este tipo de desecho. Los desechos de vidrios son generalmente botellas o ventanas que se han quebrado, más no forman parte de los desechos que se podrían desechar todos los días en cada inmueble. Existe una desviación en la muestra considerablemente grande, por lo mismo que se ha explicado anteriormente, ya que en los desechos de este tipo se encuentra solamente en ciertos inmuebles y en la mayoría no se encuentran estos desechos.

Los desechos inorgánicos que se tomaron en cuenta en la medición no son considerablemente altos. Estos desechos tienen una media de 1.395 libras por inmueble, aunque si observamos la mediana con un valor de cero, podremos darnos cuenta que al menos la mitad de la población no genera desechos inorgánicos en cantidades considerables, sino que estas son mínimas. Esto nos indica que las altas concentraciones de personas en inmuebles específicos son los que generan este tipo de desechos, ya que por el rango en donde se encuentran las mediciones, se observa que estas van desde 0 hasta 27.5 libras, un dato a considerar.

Es importante considerar la cantidad de los otros desechos, ya que en muchos casos se puede encontrar en estos otros desechos, algunos materiales a los cuales se les puede dar un tratamiento. La cantidad de otros desechos encontrada fue mínima – Tabla 7, en comparación con otros desechos como por ejemplo los desechos orgánicos, ya que esta se encuentra alrededor de 0.674 libras. Se observa nuevamente la tendencia que se ha visto en categorías de desechos anteriores, en las cuales observamos cómo este tipo de desechos se concentran en inmuebles específicos, ya que la mediana de nuevo nos da como resultado un valor de cero, el rango se encuentra entre 0 y 19 libras y existe una desviación estándar de 2.275 libras, la cual nos indica que los datos se encuentran muy dispersos respecto de la media.

En la Tabla 8 y Tabla 9 encontramos los resultados de todos los tipos de desechos tabulados. Con estos datos en conjunto podemos entonces determinar la cantidad de basura (en libras y posteriormente en kilogramos) que se deben procesar todos los días.

Esta información se utiliza para determinar el espacio que se utiliza para el área de clasificación y el área de producto terminado, en donde se acumularan todos los desechos sólidos antes de procesarse y después de procesarse.

En la misma Tabla 8 observamos la desviación para la población total del municipio de Zaragoza. Esta desviación posee una característica que de suma importancia. Cuando se hace la desviación por inmueble, ésta es mayor a la media de cada desechos por inmueble. Sin embargo, cuando se calcula la desviación, a través de la varianza, ésta ya se encuentra en un rango aceptable, debido a que se ajusta a toda la población y se corrige ese fenómeno que se encuentra de manera individual.

La proyección de la Tabla 9 se hace para tener una capacidad de planta adecuada para el crecimiento poblacional que se da de manera continua en la población guatemalteca. Este se hace tomando en cuenta a la población, porque se tiene la tasa de crecimiento de la población. La proyección de los desechos sólidos, así como su desviación estándar, para el año 2021 se muestra en la Tabla 10 y Tabla 11, y de estos datos fue que se dimensiono la planta y la capacidad de la maquinaria y el equipo que se diseña para el proceso de producción. Es importante considerar que cada uno de estos datos, en la proyección, se ha tomado de forma individual, y por eso es que se presentan de manera individual a su vez.

Todo estudio posee un error, y en este caso, al tener sólo datos cualitativos a tomar en cuenta y como estudio, se posee un error muestra del 7.1% con un nivel de confianza del 95%. Esto es para una población finita y sin reemplazo, porque en ningún momento se encuestó inmuebles en los cuales ya se había encuestado con anterioridad. De la misma manera, se determinó que para un nivel de confianza del 97%, el error de la muestra se encuentra alrededor del 7.9%. Para los dos niveles de confianza planteados, se obtiene una estimación del error menor al 8%. Estos datos podrían considerarse como un error demasiado grande, o que el estudio no posea la suficiente confianza, sin embargo, hay que tomar en cuenta que los recursos con los que se contó – tiempo, dinero, equipo, etc. – eran muy limitados, y para obtener estudios más específicos se deben recolectar muestras más grandes, con una capacitación constante a los encuestadores, y un equipo de trabajo más especializado en la tarea. Todo esto implica una cantidad de recursos mucho mayores, por lo que

para los recursos que se tenían al alcance, estos resultados son significativos de la población y sirven para un los análisis realizados.

B. Pre-diseño de planta de tratamiento

Durante el desarrollo de este trabajo de graduación, se estudió la viabilidad de la construcción de una planta de tratamiento de desechos sólidos en Zaragoza, Chimaltenango, y con base en este estudio se realizó un pre-diseño para la misma. Para dichos estudios y diseños se realizaron las investigaciones y pruebas necesarias para llegar a los resultados previamente presentados.

Para poder ver la situación en la que se encuentra el actual botadero municipal, fue necesario ir y evidenciar con fotografías las condiciones reales de este. El solo hecho de llegar al lugar represento desafíos, ya que fue necesario utilizar un vehículo de doble tracción y aun así, por las malas condiciones del camino, se tuvo que caminar por dos kilómetros. Durante la caminata se percibió que los transportistas de basura no estaban disponiendo los residuos en el lugar que había especificado la municipalidad; de lo que se dedujo la necesidad de reubicar el actual basurero. Se visitó el botadero y se pudieron ver la cantidad de residuos, los tipos de desechos que descarta la población y las condiciones en las que se encuentra este basurero a cielo abierto.

Con base en estas observaciones se hizo la propuesta a la alcaldía de reubicar, reconstruir y reorganizar el actual y obsoleto basurero por una planta de tratamiento integral, la cual tomaría en cuenta aspectos como el buen manejo y procesamiento de los desechos y la generación de productos que podrían ayudar a cubrir los gastos de operación de la planta. Al escuchar y considerar la idea, la municipalidad accedió a que se hicieran los estudios correspondientes para completar la misma, y proporcionó un terreno municipal para construirla – en donde se hicieron estudios topográficos para el diseño de la planta de tratamiento.

Dado que la municipalidad no cuenta con registros topográficos del lugar propuesto para construir la planta de tratamiento, fue necesario hacer los estudios correspondientes; para ello se utilizó la herramienta de medición directa en campo, en donde se tomaron datos como elevación y ubicación de cada punto, para su uso posterior en la creación de la superficie digital del terreno. Se utilizó este criterio de

obtención de datos por la facilidad, exactitud, precisión y rapidez que ofrece. Los resultados topográficos se pueden encontrar en la sección VII. De RESULTADOS y apartados VII.AVII.A, VII.H y VII.I, en donde se pueden ver las complicaciones geográficas que presenta el lugar. Según el análisis de la Figura 8. Curvas de nivel a cada 2m de altura, en donde se muestran las curvas de nivel del sitio a cada dos metros, se puede percibir un cambio de altura considerable a medida que se va alejando de la carretera, como se puede ver en la Figura 9. Unión entre curvas de nivel y superficie real, – en donde se hace la superposición de las curvas de nivel con una fotografía satelital del sitio. Este cambio podría repercutir en los costos reales cuando se construya la planta, dado que se implicaría un movimiento de tierras.

Cuando se realizó el estudio de topografía se presentaron algunos problemas que podrían afectar la calidad de los resultados. Algunos de ellos fueron la nubosidad excesiva presente en el terreno brindado por la municipalidad para la futura construcción de la planta de tratamiento, en el día que se tomaron las muestras, afectando así la recepción y exactitud del GPS; el terreno tenía una plantación de maíz cuando se hizo el estudio, lo que causó incomodidades a quienes realizaron las mediciones (generando movimiento excesivos cuando se tomaron los datos); las excesivas lluvias de las primeras semanas de octubre de 2011 pudieron haber cambiado la topografía y causado variaciones con los resultados que ya se habían obtenido. Del estudio topográfico se puede ver que, a pesar que el terreno propuesto es mucho más plano que el que se está utilizando actualmente, la estructura estaría en peligro por estar la cercanía al barranco del mismo.

Luego de definir los aspectos topográficos del lugar, fue necesario especificar cuántos metros cuadrados se necesitarían para la construcción de la planta de tratamiento. En el Capítulo VII de RESULTADOS, en los apartados VII.J y VII.K, se definen las áreas necesarias para la construcción de la planta de tratamiento. La herramienta que se utilizó para la llegar a estos resultados fue un estudio tipo encuesta, para la evaluación de las cantidades de desechos que descarta la población; en ausencia de un estudio actualizado que tomara en cuenta los datos específicos que se necesitaban. Los resultados que se obtuvieron después hacer la encuesta y el pesaje de desechos en la muestra (según capítulo 0 de apéndices apartado XII.E) y una

extrapolación estadística apropiada, fueron las cantidades de desechos que descarga la comunidad y los volúmenes de basura que deberían procesarse diariamente.

Con base en los volúmenes obtenidos se hicieron los estudios industriales y químicos se obtuvieron las áreas necesarias para procesar estas cantidades de residuos. Estas áreas se especifican en la Tabla 16, en donde se pueden ver los requerimientos básicos que debe de cumplir la planta de tratamiento para poder operar de una manera eficiente. Estas áreas toman en cuenta el crecimiento poblacional que se tendrá en los próximos años, por lo que se diseñó la planta para un funcionamiento óptimo durante diez años de vida útil. Estos datos se ajustaron al terreno tal y como se muestra en la Figura 10. Uso de áreas y dimensiones, en donde se hizo la distribución de usos de las áreas necesarias. Se puede ver que la geometría de la estructura, diseñada para cumplir con las dimensiones necesarias para el procesamiento de desechos sólidos; tomando en cuenta no solo las áreas que se necesitan para operar, sino que también otros aspectos como el ingreso para depositar los residuos.

Las áreas de los procesos se definieron de manera que la geometría fuera rectangular, con el propósito de aprovechar al máximo las áreas solicitadas y poder establecer una ruta ordenada para cada proceso. Durante la definición de las áreas, se presentó el problema de que algunos procesos pueden ocupar más espacio que otros; generando lugares en donde no se está optimizando al 100% el uso del área, pero por la simetría estructural se decidió dejar así. La planta de tratamiento está diseñada para tener una vida útil de diez años.

Una vez se obtuvieron todos los criterios que afectan a la planta de desechos definidos y especificados, se prosiguió a empezar el pre-diseño de esta. Para esta etapa se utilizó la herramienta de software SAP2000 V15; la cual se eligió porque presenta una interfaz gráfica amigable y fácil de entender, además de poder generar un análisis a nivel de pre-dimensionamiento muy cercano a la realidad. Para el pre-diseño de la estructura se tomaron en cuenta algunas simplificaciones que no afectarían en el dimensionamiento de la misma; por ejemplo, no se modeló el techo de lámina, los elementos secundarios (costaneras) transmiten las cargas a las vigas primarias, la ventilación es por medio de las ventanas en los muros de cerramiento, y la estructura cuenta con un techo dos aguas en el extremo superior – como se muestra en la figura 9.

También se consideraron algunos otros aspectos que simplificaron la creación del modelo, pero no afectaron los resultados obtenidos.

Después de definir la geometría de la nave industrial, se procedió a aplicar las cargas correspondientes a una estructura de este tipo, tomando en cuenta las normas y recomendaciones AGUIES tal y como se muestra en la sección VIII, apartado f), secciones 2) y 3). Además de estas cargas fue necesario aplicar factores para cargas de viento, debido a la exposición que tendrá la estructura a ráfagas y vórtices típicos de la zona, generando presiones negativas y positivas que afectaran a la estructura (estos resultados se pueden ver en el inciso VIII. f)4)). Otro aspecto muy importante para el pre-diseño de la estructura, fue que se ingresaron todos los aspectos sísmicos del lugar para el análisis sísmico, tomando en cuenta: ubicación del lugar, tipos de suelos típicos y factores sismológicos específicos de la zona.

Lo siguiente fue tomar en cuenta los aspectos específicos ya que estos establecieron el comportamiento de la estructura. Para empezar, se modelaron los cimientos (apoyos) en las columnas con perfiles metálicos tomando en cuenta que los marcos no deberían de transmitir torsiones a las cimentaciones, sino que solamente cargas axiales; por lo que fueron modelados como apoyos articulados y una unión parcial que no transmite momentos, teniendo así columnas articuladas en la base y empotradas en su extremo superior (en la unión con la viga). Los apoyos de los muros de mampostería fueron modelados como apoyos empotrados, ya que estos sí transmiten momentos y cargas axiales a la cimentación. Las uniones entre columnas-vigas y uniones entre vigas principales se modelaron como un empotramiento perfecto, ya que estas deben de resistir a momentos flexionantes generados por las cargas superpuestas. Ya que se tiene que los apoyos son articulados (a excepción de los cimientos del muro), existe el problema que cuando hay cargas laterales, la estructura tiende a desplazarse horizontalmente. Este problema se evitó colocando los muros de mampostería, ya que estos dan rigidez a la estructura en el plano crítico, generando un sistema estructural estable hacia cargas horizontales como viento y sismo.

Se estableció luego la necesidad de tensores para la parte superior del techo de la estructura (las tijeras), ya que en caso de sismo ésta presentaba deformaciones excesivas. Conectar las tijeras logró reducir las derivas laterales debido a que hay una integridad entre los elementos de la estructura y todo trabaja en conjunto.

Las uniones para las costaneras (elementos secundarios), fueron modeladas de tal manera que sólo transmiten cargas a las vigas principales. Esto se logró al colocar uniones parciales de cargas solamente en el eje Z (quitando las de momentos y cargas en otros sentidos), forzando la transmisión puntual de las cargas a los marcos principales.

Al haber aplicado todos los aspectos técnicos a la estructura, se tenía un diseño que se ingresó al programa para que este pudiera pre-diseñar los elementos y elegir secciones que cumplieran con las necesidades y especificaciones anteriormente mencionadas. Los resultados de ese análisis dan como resultado la Tabla 14, en donde se muestran las secciones que cumplen con los requerimientos sin olvidar aspectos básicos de diseño, como la relación columna fuerte y viga débil. Los resultados obtenidos, incluso a este nivel de pre-ingeniería, son de mucha ayuda ya que permiten calcular secciones sugeridas, espaciamientos mínimos y geometría estructural básica.

De acuerdo a los resultados del pre-diseño de la planta de tratamiento se hizo el estudio de análisis de inversión inicial, que es cuánto es lo que costaría construir la planta de tratamiento diseñada. Se inició con la cuantificación de los materiales necesarios (ver Tabla 15); tomando en cuenta que los perfiles tienen un largo estándar (por lo general 6m), así que cuando se necesitaba un poco más que este largo estándar, se realizó la cotización de dos perfiles en lugar de uno para hacer la menor cantidad de uniones posibles. Para el cálculo de la mano de obra se hizo una estimación del tiempo que tomaría la construcción de la planta de tratamiento y con un equipo de veinte trabajadores capacitados (Tabla 32). Se debe recalcar que los costos de materiales y de la mano de obra son para la ciudad de Guatemala, por lo que son solamente valores de referencia de cuánto costaría construirla y no un precio definitivo, ya que no incluye transporte de los materiales ni precios de la mano de obra calificada en Zaragoza.

La interpretación de los resultados de costos se limitó a realizar una comparación de los precios y costos obtenidos con los de obras parecidas a esta; esto permitió notar que el costo real de la construcción excedería el millón de quetzales, al tomar en cuenta el transporte de materiales, mano de obra en el lugar y otros aspectos.

C. Bases de diseño

Luego de haber realizado el muestreo estadístico se procedió a realizar las bases de diseño bajo las cuales se trabajaron las tres líneas de producción de la planta.

1. **Objetivo general del diseño.** Como primer paso se definió el objetivo general de la planta de producción. Este fue reciclar la mayor cantidad del material de desecho sólido posible en el Municipio de Zaragoza, Chimaltenango utilizando tres líneas de reciclaje, PET, papel y compostaje. Es importante tomar en cuenta que el objetivo propuesto en las bases de diseño es el objetivo general y principal de la planta de producción una vez hecha y no representa el objetivo del presente trabajo de graduación. Este objetivo se basa en una filosofía de máxima producción para que el proceso pueda hacerse más rentable.

Luego, para definir el rumbo adecuado para el desarrollo del proyecto con los deseos del municipio de Zaragoza y sus habitantes se establecieron por medio de reuniones con el alcalde los deseos y metas del proyecto. Este paso fue hecho con el fin de encarrilar el proyecto con los deseos de los habitantes del municipio de Zaragoza, Chimaltenango representados por el Alcalde electo del lugar.

2. **Metas y deseos del Municipio de Zaragoza, Chimaltenango.** Los deseos y metas del municipio de Zaragoza, Chimaltenango fueron: hallar una alternativa al manejo de desechos sólidos que la actual para evitar la contaminación de los recursos naturales disponibles alrededor del municipio. A corto plazo se desea que los habitantes del municipio de Zaragoza obtengan conciencia en cuanto a la gestión de los desechos sólidos del lugar. A mediano plazo se desea que la planta de manejo de desechos sólidos extienda sus servicios a las demás comunidades aledañas a Zaragoza. A largo plazo se desea que el municipio de Zaragoza sea un pueblo modelo para la gestión de los desechos sólidos y el cuidado ambiental.

En el actual botadero de basura designado por la municipalidad del lugar es un barranco totalmente inadecuado para el uso que se le da. En la parte inferior del barranco corre un río pequeño que se encuentra contaminado a causa de los desechos del lugar. En las metas y deseos del municipio de Zaragoza se ven reflejados el deseo

de los pobladores de ya no seguir contaminando los recursos naturales que el municipio tiene disponibles. El actual botadero de basura se encuentra ubicado en otro lugar por que la municipalidad no posee ningún otro lugar o alguna instalación para poder darle un buen manejo a los desechos sólidos municipales producidos.

3. Productos de la planta. El muestreo de los desechos de los pobladores de Zaragoza dio a relucir que los tres principales desechos del lugar son papel, desechos orgánicos y plásticos. Es por esto que en la tercera base de diseño se establece que la planta procesará los desechos sólidos para obtener tres productos. Estos productos serán, abono orgánico, hojuelas de PET reciclado y hojas de papel reciclado.

4. Especificaciones compost. Una vez ya definidos los tres productos a trabajar con la planta de manejo de desechos sólidos se procedió a delimitar las características finales de los tres productos para diseñar las líneas acorde a las características. Las características deseadas para el compost fueron: obtener un abono con una densidad aproximadamente de 0.77 g/cm^3 , alta capacidad de intercambio de cationes y alta capacidad de absorción de agua, menos del 3% de impurezas como vidrio, plástico y metales presente en la mezcla y una presentación en Bolsas de 30 lbs.

Se desea que el compost producido tenga una alta capacidad de intercambio de iones para que el compost mejore las características del suelo y asegure un buen traslado de todos los nutrientes del suelo hacia la planta. La densidad del compost va directamente relacionada con la humedad presente del producto. Se desea que la humedad en el producto no sea excesiva para evitar que esta genere bacterias anaerobias que puedan producir putrefacción y mal olor en el compost. Las impurezas en el compost se pueden deber a una mala separación de todos los materiales a la hora de realizar la clasificación de los desechos orgánicos. Si se mantienen estos desechos en un mínimo, estos no representan ningún daño a la calidad del producto final.

5. **Especificaciones de las hojuelas de PET.** Las características deseadas de la planta para las hojuelas de PET triturado fueron escogidas con el propósito de que las hojuelas de PET puedan ser reutilizadas con total seguridad en industrias de extrusión o soplado de PET. Las características deseadas en las hojuelas de PET son obtener un PET finamente triturado y en su mayoría libre de impurezas, con una densidad aproximada de 0.85 g/cm^3 , debidamente lavado y listo para su uso industrial y se comercializará en bolsas ó costales de 100 lb o 45.5 kg. Es importante mencionar que si se empaqueta en bolsas es necesario que la bolsa sea de polietileno resistente para poder soportar el gran peso empacado.

La densidad del PET se encuentra directamente relacionada con la cantidad de impurezas que este pueda contener. Se decidió poner una densidad exactamente igual a la densidad del PET puro para asegurar que el producto terminado de la planta sea totalmente adecuado para su procesamiento en plantas de fabricación de contenedores de bebidas u otros productos. Como el PET es un producto que se encuentra en contacto con los humanos diariamente, la pureza del mismo es de gran importancia para la planta.

6. **Especificaciones del papel reciclado.** El papel reciclado es uno de los productos de la planta y es probablemente el producto con un mayor grado de complejidad en su reciclaje. Es por esta razón que se planteó llegar el proceso de reciclaje de papel hasta el punto de pasta limpia. Las características de la pasta de papel a producir son una densidad en seco aproximada de 0.70 g/cm^3 . La presentación de la Pasta de Papel será en bolsas de 30 kg.

7. **Procesamiento de materia diario para el 2021.** Luego de haber definido las características del producto fue necesario definir las cantidades de producto a procesar. Para definir estas cantidades se hace referencia al estudio estadístico y a la extrapolación de la población de Zaragoza para el año 2021. Se desea que la planta tenga una capacidad de procesar todos los desechos del municipio en por lo menos 10 años.

Utilizando este estudio y tomando en cuenta los deseos y metas del proyecto según la municipalidad del lugar se estableció la producción de las tres líneas, esto fue lo

establecido. Se requiere un procesamiento diario de papel reciclado de 3,000.00 kg, se requiere un procesamiento diario de plástico PET reciclado de 3,200 kg y un procesamiento diario de compost de 9,180 kg.

Es importante observar que para estas cantidades dadas no son cantidades de producto final. Estas cantidades son cantidades de materia prima que entra a la planta y las cuales se planea procesar diariamente. La cantidad de producto final procesado por la planta se encuentra calculado a partir de la cantidad de materia que ingresa a la planta y las pérdidas dadas en cada uno de los equipos.

8. Servicios básicos y accesibilidad a la planta. La planta, para tener un funcionamiento eficiente, requiere de ciertos servicios básicos. Los servicios básicos de la planta son para utilización en los procesos industriales y administrativos de la misma, así como para la higiene, comodidad y aseo de los empleados de la planta. Como servicio principal es necesario que la planta cuente con un sistema de agua. La planta utiliza alrededor de 700 kg de agua diarios únicamente para procesos por lo que se recomienda que la planta cuente con un pozo capaz de otorgar esa cantidad de agua como mínimo. La planta también necesita de suministro de energía eléctrica para poder darle energía a todas las máquinas como bombas, centrifugadoras, pulperos y otros sistemas necesarios en los procesos. También es necesaria la energía eléctrica para el área administrativa.

Como una parte importante del funcionamiento de la industria, se encuentra la logística de transporte de los camiones recolectores de desechos. Para lograr una mejor logística y una mejor coordinación es necesario que en la planta exista servicio telefónico. Este servicio puede ser de línea fija por línea terrestre o inalámbrico por alguna red celular. En los alrededores de la planta no se observó ningún poste con alambrado telefónico, pero se constató que sí existe señal de la red celular, por lo que se recomienda colocar un teléfono con señal y tono celular.

Como otra parte importante del manejo de la planta, es necesario contar con una flotilla de camiones que puedan trasladar la materia prima desde los hogares de los consumidores hasta la planta. Para un mejor acceso, sobretodo en épocas lluviosas se recomienda contar con una calle asfaltada. La calle asfaltada facilita el ingreso y egreso de los camiones recolectores de desecho. Actualmente la calle que lleva al terreno

donde se encontrará ubicada la planta de manejo de desechos sólidos municipales no se encuentra asfaltada y el acceso se puede realizar únicamente en carro 4x4.

9. Tecnología. Para el equipamiento de la planta, por ser una planta pequeña, se ha decidido contar con equipos de alta tecnología, pero una tecnología económicamente accesible. Es decir, que los precios de los equipos e instrumentos de la planta no pueden ser muy altos para poder hacer rentable el proyecto. Aunque la tecnología es una parte muy importante en la industria, por ser una planta pequeña, no es accesible la utilización de los equipos de más alta generación. Además, se tiene observado que, ya que los procesos no son tan complicados y las pérdidas son relativamente bajas, la tecnología utilizada no afecta en forma notable al rendimiento de la planta.

10. Filosofía de operación de la planta. Para que la planta logre ser una planta eficiente y que cumpla los objetivos propuestos se han tomado ciertas bases para la filosofía de operación de la planta. La planta trabajará bajo la supervisión y el mando de un ingeniero químico familiarizado con los procesos de la planta. Como ya se ha dicho, es una planta pequeña basada en la producción de tres productos en tres líneas diferentes. Cada línea contará con dos operarios que serán los encargados de darle el debido mantenimiento a las máquinas además de operar la línea.

Dado a que es una planta de pequeña producción, no es necesario tener en la nómina a más de un ingeniero encargado de la planta. Cada operario presente en la planta se encontrará debidamente capacitado en el funcionamiento de todos los equipos de la planta. Todo el personal de la planta debe contar con el equipo de protección adecuado, ya que una de las filosofías de la planta también es proteger el bienestar de los trabajadores mediante las buenas prácticas de seguridad industrial. El equipo de protección personal consta de: casco, gafas protectoras, botas con punta de acero, bata industrial de manga corta y tapones para los oídos en caso exista mucho ruido en la planta.

11. Reportes de trabajo. Como parte de la filosofía de la planta, se deberán de elaborar reportes de trabajo mensuales en donde se detallen la producción mensual de la planta, los problemas encontrados a lo largo del mes, predicciones para el siguiente mes y eficiencia de las líneas entre otras cosas. La finalidad de los reportes es de mantener una buena comunicación con el área de producción e industrial y la municipalidad, que son las partes interesadas en el proyecto. Para el éxito del proyecto es necesario tener una buena comunicación para poder prevenir problemas y solucionar otros que se presenten en el camino.

12. Meta a corto plazo. La meta de las partes involucradas a corto plazo es que la basura sea depositada en un solo lugar, dándole un manejo integral y adecuado a los desechos sólidos generados en la comunidad. Es importante mencionar que estas metas no son las metas de este trabajo, pero es importante establecer las metas a corto, mediano y largo plazo ya que este trabajo sienta y da inicio a la construcción de las bases del proyecto a largo plazo. Es decir, que se tiene que conocer hacia dónde se quiere llevar el proyecto para poder orientar el mismo hacia la dirección correcta desde el inicio y así poder evitar contratiempos en tiempos futuros.

El manejo de desechos sólidos en el municipio de Zaragoza es casi inexistente. Aunque hay un lugar designado para depositar los desechos, este no es el adecuado y existen otros botaderos clandestinos. Estos botaderos pudieron ser constatados en las distintas visitas a los terrenos de la finca del municipio. Estos botaderos dañan visualmente al ambiente verde y natural del municipio, así como contaminan las fuentes de agua y aire que puede resultar un peligro para la salud de las personas.

El primer paso en el cambio requerido en esta comunidad es organizar a los recolectores de basura para que todos los desechos sean depositados en un mismo lugar. Es en este lugar en donde los desechos pueden ser tratados de una forma adecuada, en donde no contaminen el medio ambiente y no representen daño alguno a la salud de las personas. Es importante mencionar que este primer paso se debe de encontrar forzosamente en un cambio con la mentalidad de los habitantes para que los esfuerzos sean dirigidos hacia la misma meta.

13. Meta a mediano plazo. Luego de haber establecido el debido proceso integral de manejo de desechos sólidos municipales, es importante que se construya la planta de reciclaje siguiendo el diseño de las tres líneas planteadas en este trabajo. Para poderle dar un tratamiento verdaderamente integral a los desechos sólidos es necesario la construcción de la planta de reciclaje. Después de haber completado el diseño de la planta y calculado el costo de la misma, así como su rentabilidad, es necesario ver los frutos del trabajo que sería la edificación de la planta.

Forzosamente una de las metas del proyecto debe de ser la construcción en algún momento de la planta de reciclaje si es que los estudios financieros muestran una rentabilidad del producto. Si los estudios avalan la rentabilidad del proyecto y no es una meta la construcción de la planta de tratamiento de desechos sólidos el proyecto se convierte en unos esfuerzos estériles ya que los beneficios tangibles que conlleva la construcción de la planta no podrían ser observados.

La construcción de la planta tampoco es una meta a largo plazo ya que es hasta que la planta se encuentre en operación que los beneficios reales del proyecto se materializarán. Beneficios tanto ambientales para la comunidad como económicos. Tampoco es una meta a corto plazo, primero porque la construcción de la planta representa la inversión más grande del proyecto y el aspecto que incluye la mayor cantidad de esfuerzos conjuntos. Segundo porque primero es necesario la formación de las bases tanto del diseño de la planta como las bases de comunicación entre la población, la municipalidad y la Universidad del Valle de Guatemala para poder llevar el proyecto a un fin término.

14. Meta a largo plazo. La meta a largo plazo definida para el proyecto fue simple y directa: Que el proyecto sea auto sostenible. Todo proyecto en su finalidad siempre busca la auto financiación, cosecha del trabajo y resultados del mismo proyecto. Es necesario que la planta de manejo de desechos sólidos encuentre la forma de volverse auto sostenible para no convertirse en un gasto para la municipalidad del lugar. El proyecto fue presentado como un proyecto que puede traer tanto beneficios económicos como beneficios de salud y medio ambiente para Zaragoza.

Que el proyecto sea auto sostenible es una meta a largo plazo ya que no es posible apresurar las metas a corto y mediano plazo. Si no se cumplen en su totalidad las metas a corto y mediano plazo es posible que comprometan la auto sostenibilidad de la planta por bases mal sentadas o un trabajo mal hecho. Las tres metas propuestas siguen un orden necesario tanto para el buen funcionamiento de la planta como para el cumplimiento de su finalidad.

15. Localización de la planta. La localización física de la planta se encontrará en un terreno donado por la municipalidad de Zaragoza, Chimaltenango dentro de una de las fincas partes del patrimonio de la comunidad. El terreno escogido y señalado como el más probable para la construcción de la planta se encuentra ubicado a unos 100 metros de los terrenos donados a la Universidad San Carlos de Guatemala para la construcción de un campus en la localidad. La cercanía de la planta a los terrenos donados a la USAC no representa ningún problema ya que si los desechos son tratados adecuadamente estos no producen mal olor ni representan daños a la salud de las personas y la contaminación visual también es eliminada.

El terreno se encuentra a unos 15 – 20 minutos en carro del centro del pueblo. Esto indica que la localización es ideal ya que el costo del transporte de los desechos desde el pueblo hasta la planta es mínimo. También es ideal para los trabajadores de la planta ya que no es una fábrica que se encontrará muy alejada del lugar de donde viven. El único problema con el lugar en donde se encuentran localizados los terrenos de la planta es que son caminos de terracería y son caminos en donde aún no llega ningún tipo de transporte público.

16. Infraestructura. La obra civil de la planta ha estimado un área total de 1404 metros cuadrados de construcción de la planta. Estos 1404 metros cuadrados son de 26 metros de frente y 54 metros de fondo. Dentro de las instalaciones de la planta se encuentra un área para la maniobrabilidad de los camiones transportadores de desechos, espacio administrativo de oficinas, espacio de aseo personal y espacio para la producción de los tres productos propuestos para la planta.

17. **Tiempo de operación de la planta.** La planta se encuentra preparada para trabajar 1 turno diario de 10 horas. Este turno se encuentra dividido en 1 hora de trabajo de arranque y preparación de la planta, 8 horas de producción continua y 1 hora de cierre y limpieza de las líneas de producción. Inicialmente la planta se encuentra preparada para trabajar esa cantidad de tiempo, pero de ser necesario la planta se encuentra totalmente equipada para trabajar las 24 horas al día en turnos de 8 horas contando con más personal.

18. **Tipo de operación de la planta.** Las tres líneas de la planta se encuentran diseñadas para trabajar de forma continua. Si bien trabajan de forma continua, no trabajan de forma automatizada por lo que la intervención de los operarios en muchas partes del proceso es necesaria e indispensable. La automatización de la planta no fue incluida ni en los costos ni en el diseño de las líneas de producción ya que se espera que sea una pequeña planta que crezca con el tiempo y los volúmenes a trabajar no son tan grandes como para justificar un gasto tan grande como la automatización.

La planta ha sido diseñada para operar de forma continua para poder disminuir los costos de producción y minimizar la cantidad de operarios necesarios. También se pueden apreciar que al operar de una forma continua se maximiza la cantidad de materia prima que esta puede procesar por lo que le da un gran rango de crecimiento a la planta.

D. Balance de masa y diagrama de flujo

Como se ha visto, la cantidad de materia que se va procesar en las tres líneas viene dado de la cantidad de materia de desecho que fue tabulada por el muestreo estadístico realizado con anterioridad. El balance de cada una de las líneas se realizó con cantidades estimadas de reactivos y pérdidas en el producto por cada equipo. Fue necesario trabajar con cantidades aproximadas y estimadas ya que no se encuentra mucha información acerca de las pérdidas de los productos en el catálogo de equipos en el mercado.

La cantidad de pérdidas en cada equipo fue estimada utilizando la lógica en cada dato. Si bien las pérdidas estimadas no son altas, se debe a que todo el proceso es continuo y asegura que la materia se encuentre en movimiento constante a lo largo de toda la línea hasta convertirse en el producto final. La cantidad de reactivos también fue estimada, aunque se espera que estos datos se encuentren muy cerca de los datos reales. Estos datos tuvieron que ser estimados ya que muchas veces la cantidad de reactivos a agregar depende de las condiciones en las que aparezca la materia prima. Sin embargo, ninguna de las tres líneas utiliza muchos reactivos lo que asegura que los datos de costos se encuentren muy cercanos a la realidad. El reactivo principal en las tres líneas es el agua.

1. Balance de masa línea de papel. La línea de papel se alimentará diariamente con 3000 kg de papel al día. Estos 3000 kg provendrán de la bodega de papel y se encontrarán previamente rasgados en tiras. Esta masa de papel se agregará al pulpero de papel con 1000 kg Agua/día. La adición de agua en el pulpero se realiza con dos propósitos. El primero y más importante es para formar la pasta de papel necesaria para los siguientes procesos y el segundo propósito es para evitar que la fricción del equipo caliente demasiado el papel y este se pueda quemar. Es en el pulpero donde también se da la mayor pérdida de producto, un total de 120 kg Papel diario. En el pulpero se da la mayor pérdida de producto ya que mucho del producto es lavado por el agua que se le agrega al mismo.

Luego del pulpero se encuentra el cribado o el tamizado. El cribado se encarga de remover cualquier impureza sólida de buen tamaño que esta pueda tener además de preparar la masa de papel para la centrifugación. En la centrifugación se terminan de eliminar las impurezas sólidas. En las altas velocidades en la centrifugadora es posible que se pierda producto. Luego es turno del destintado en tanques. El destintado en tanques es el primer paso del tratamiento químico que se le da a la masa de papel. Desde el destintado en tanques hasta el pulpero, no existe virtualmente ninguna pérdida de producto. En este segundo pulpero no existe pérdida de materia ya que al no agregar más agua no se lava el producto.

En el deshumidificador mecánico se da una pérdida de agua notable. El trabajo del deshumidificador es evaporar parte de la humedad superficial de la pasta y elevar la

temperatura de la mezcla para prepararla para su secado en el secador de rodillos. La humedad del producto después del secador de rodillos es de aproximadamente 0.5% en peso.

Luego del secador de rodillos sigue el revestimiento en caso sea necesario según los pedidos de la planta y luego pasa a la cortadora y la empaquetadora para obtener un peso en producto final de 2778.89 kg de pasta de papel seco al día o 3592 kg de pasta de papel húmeda.

2. Balance de masa línea de PET. La línea de PET será alimentada con 3205 kg al día. La parte más importante de este proceso es cuando son alimentados en las bandas transportadoras que son las que se encargan de llevar toda la materia. Es en estas bandas transportadoras donde se hace la selección de el plástico apto para reciclarse y se eliminan las tapas y etiquetas de las botellas. Es importante mencionar que los 3205 kg de PET al día se asumen como masa de PET que puede ser reciclable. Es decir, masa sin tapas ni etiquetas. Se hizo de esta manera ya que en las bandas transportadoras se tienen dos procesos, uno de alimentación y otro de clasificación manual, y por facilidades en el balance de masa se decidió realizarlo de esa manera.

Luego viene la molienda del PET. La materia prima ingresa a un molino de martillos que se encarga de triturar a las botellas de PET hasta llegar a hojuelas de PET. Es en este lugar donde se tiene la mayor pérdida de producto. El molino de martillos es un aparato violento en el que se da mucha pérdida de material que es expulsado del equipo. Luego de la molienda se encuentra el lavado que se realiza en un tanque con agitación constante. En este tanque únicamente se adiciona agua con cloro para desinfectar y eliminar cualquier impureza del PET. Se drena el tanque y se rocía agua para lavar cualquier resto de cloro en las botellas. El hecho de que el PET ya se encuentre reducido a hojuelas logra que el proceso sea más eficiente tanto en la remoción de impurezas, como en la cantidad de agua y reactivos utilizados.

El proceso de PET termina con el secado de todas las hojuelas. Este secado es un secado con aire caliente que resulta ser bastante eficiente gracias a la alta área superficial para que ocurra la transferencia de masa. De nuevo esta eficiencia no sería posible si el PET no se encontrará finamente triturado en hojuelas. Dado a que hay

ciertos puntos críticos en el secador, es posible que una parte del producto sea quemado por las malas condiciones de temperatura dentro del secador. Se puede observar en el balance de masa de la línea que la pérdida de producto durante el secado es mínima, por lo que las malas condiciones dentro del secador no preocupan ya que son mínimas. Por último se encuentra la empaquetadora en bolsas de 25 kg. A diferencia de la línea de compost, estas bolsas se empaquetan utilizando kg y no lbs ya que estas bolsas van directamente a las industrias que deseen comprar el producto y no a una estantería en un supermercado o alguna tienda.

3. Balance de masa línea de compost. El compost inicia después de una corta estadía en la bodega de materia orgánica. El primero paso es la trituración de la materia orgánica. Es en esta parte del proceso de compostaje donde se obtienen muchas pérdidas de materia prima, alrededor de un 6%. Luego es necesario agregarle agua a la materia prima para crear las condiciones perfectas para el crecimiento y cultivo de las colonias de bacterias que ayudarán en el proceso de descomposición de la materia.

Desde el proceso de realización de capas hasta el proceso de maduración, se sigue un procedimiento donde el objetivo principal es crear las condiciones y el ambiente perfecto para la prosperidad de las bacterias. Las bacterias, en un proceso aeróbico principalmente, descomponen la materia hasta crear el compost. Es necesario llevar un adecuado control de todos los procesos, incluyendo las cantidades adecuadas y el tiempo indicado, para evitar que la materia prima empiece un proceso de putrefacción que genere malos olores y no ayude en la producción de compost.

Uno de los procesos en donde se pierde la mayor parte de materia orgánica es en el proceso de realización de capas donde una gran parte de la materia se descompone y convierte en gas. El balance de masa en esta parte es relativamente simple ya que en el mezclado y en el transportador de cangilones no existen pérdidas de producto. En la maduración es un proceso que se lleva a cabo en planchas de cemento y también se tienen pérdidas de producto. Al final se tiene un proceso bastante fácil sin muchas pérdidas de materia prima.

E. Análisis de costos

En la Tabla 33 se puede encontrar el listado del equipo necesario para poder operar la línea de proceso de papel. Esta línea cuenta con algunas características que han sido tomadas en cuenta a la hora de realizar la selección del equipo y sobre todo del costo del mismo. En este caso, podemos observar todos los costos. El índice de Marshall & Swift utilizado es el de la industria de papel, el cual nos permite realizar un traslado del valor de los equipos de la tabla a través del tiempo. Cabe mencionar que alguna de esta maquinaria utiliza índices de costo distintos, esto es porque cada uno de los autores que ha puesto a disposición las tablas o gráficas de equipo y costo utilizan años distintos para realizar el mismo. A su vez, en esta línea se usan cotizaciones de maquinaria que puede ser utilizada para este proceso. En este caso todos los equipos son acero al carbón, ya que en el proceso sólo se utiliza agua y la descomposición del papel, para su posterior proceso, no conlleva un proceso en el que el pH sea muy ácido o muy básico. Esto hace que los tanques y todo el equipo posean un costo menor al que podría tener si estos fueran de acero inoxidable o de alguna aleación de acero específica para ambientes ácidos o básicos. Al final del costeo se suma el costo del transporte del mismo desde el puerto de embarque de la maquinaria, bien sea de Miami, Florida, o de otro puerto en Sur América. Sin embargo, el costo de transporte no se aplica a todo el equipo, ya que los tanques, al menos, son de fabricación local, así como la centrífuga.

En la Tabla 34 observamos los componentes de la línea de proceso de PET. Ésta es una línea en la que se debe tomar en consideración que los equipos son importados desde México, con fabricación en ese país. Se decidió tomar la cotización de este equipo, ya que las facilidades de entrega y disposición cumplen con lo que se requiere para el proceso que se propone. Sin embargo, también existe maquinaria con un grado de especialización mayor, pero con un precio más considerable. Se utilizan bandas transportadoras con una capacidad mucho mayor a la cantidad necesaria, pero esto se hace en base a que no se puede prever el momento en el que ingresará la basura, por lo que debe tener una capacidad mayor para poder soportar las cargas, aún cuando estas sean mayores en determinado momento. Los tanques que se utilizan son de fabricación local, tomando en cuenta que no son de acero inoxidable, sino son

fabricados de acero al carbón, tomando en cuenta que la empaquetadora final es una compactadora que hace que el PET molido y limpio se forme en pacas, las cuales son comercializadas con base en su peso, el cual varía entre 45 a 60 kg. La compactadora tiene un tiempo de vida estimado de 10 años o mayor. Sin embargo, el molino de PET posee un tiempo de vida mucho menor, ya que tiene una vida útil de solamente 4 años, por lo que hay que cambiarlo en el momento adecuado.

En el caso de la línea de compostaje – Tabla 35 – es la que tiene una capacidad mayor en cuanto a sus componentes individuales. Este es el proceso que conlleva una mayor cantidad de componentes, por lo que se utiliza una mayor cantidad de maquinaria en el mismo. Se utilizan índices de costo y cotizaciones, al igual que en las líneas anteriores, para obtener algunos de los precios más adecuados con la realidad. Para este proceso, se usa un molino de cuchillas distinto al que se utiliza en el caso del PET. Este molino es especializado para poder soportar una gran cantidad de carga y para trabajar grandes cantidades de desechos orgánicos a la vez. Esta maquinaria posee una serie de cuchillas especializadas que sirven para poder cortar la basura orgánica y molerla, aún cuando esta no se fractura como si lo hace el PET. El tanque es de fabricación local, mientras que los transportadores de cangilones y bandas transportadoras son de fabricación extranjera y deben ser importados.

Una vez todo el equipo ha sido comprado en el extranjero, debe ser internado en el país, y en los puertos debe pagar aranceles, impuestos y costos de aduana y de transporte interno. Estos han sido incluidos en la Tabla 36, considerando que todo el equipo que se utiliza debe pagar impuestos y aranceles. Esto aumenta el costo en un 24.43%, un valor considerable respecto del costo original de todo el equipo.

Los costos de instalación son parte fundamental a la hora de tomar en consideración el diseño de un proceso de producción. Por eso, y tomando en cuenta todo lo anterior, debemos considerar que todos los costos tomados en cuenta anteriormente no incluyen la instalación del equipo y todos los elementos necesarios para hacer que las líneas de producción funcionen. Por eso es que se utiliza el factor de instalación – en la Tabla 36 – para tomar en cuenta este aspecto y dejar funcionando de manera real una línea de producción y no solamente tener el equipo ahí en planta sin funcionar. Éste es un aspecto fundamental, porque aquí se incluye el cableado eléctrico, las tuberías necesarias, estructuras de acero y/o reforzamiento de concreto, instrumentación,

excavación – si fuera necesario – y preparación del lugar en donde irá el equipo, la ingeniería de diseño dentro de la propia planta – lo cual se debe hacer una vez se va a iniciar el proyecto – así como un pago a un contratista si este es contratado para la ejecución de la obra civil, y un monto de contingencia, para todas aquellas situaciones no previstas que pueden surgir en la construcción de la planta y en la instalación de cada una de las líneas de proceso que se van a instalar.

El costo de la obra física que se incluye para la planta está dado en base a una estimación realizada por el estudiante de ingeniería civil, tomando en cuenta que se realiza una obra que no es subcontratada, por lo que hay que realizar todas las contrataciones, compras y estudios como parte del proyecto. De esta manera nos garantizamos la calidad de la obra y ahorramos el costo. Sin embargo, la desventaja de esto es la cantidad de trabajo adicional que implica para el equipo que esté a cargo de la ejecución del proyecto.

En la Tabla 37 observamos el costo de la energía eléctrica tomando como base la segmentación de precios, en base al consumo, vigente para el período de agosto a octubre de DEOCSA-DEORSA, las empresas responsables de suministrar la energía eléctrica a la mayor parte de personas, empresas e industria en el interior del país. Se utiliza el consumo energético determinado por el estudiante de Ingeniería Química que forma parte del proyecto. Este consumo, dado en kw, debe multiplicarse por la cantidad de tiempo de trabajo que se tendrá de parte de las máquinas al día. Para determinar el tiempo de trabajo se utilizó la capacidad de cada una de las maquinarias que se cotizó, y se le agregó un factor adicional de tiempo, para poder procesar lo que se procesa no sólo por día, sino para poder procesar lo que se acumula de basura en los días que no se procese la misma. Luego de determinar el consumo de los kilowatts a consumir y el tiempo que se trabaja, entonces debe multiplicarse por la cantidad de días laborados al mes, los cuales son 22 días. El costo por último se determina multiplicando el consumo en kwh por la cantidad que cuesta ese kwh. Por último, se incluyen los cargos fijos cada mes, así como los cargos adicionales por consumo y el IVA que se debe para en cada factura al mes. Las tarifas están sujetas a cambio, dependiendo de la estacionalidad, pero en el largo plazo tienden a estabilizarse, con una mínima tendencia al alza durante los últimos 4 períodos, desde octubre 2010 a octubre 2011. Hay que considerar que esta tabla también incluye el costo del consumo de equipo de oficina y una bomba de

agua, para estabilizar el flujo del agua que se va a utilizar. El consumo energético de esta oficina se muestra en la Tabla 38, en la cual se usan los 22 días laborales para la iluminación, ordenadores, sistema de climatización y la bomba de agua. En la Tabla 39 se muestra el consumo total, tomando en cuenta el área administrativa y de producción, con los costos de cada uno y los costos adicionales que se deben pagar cada mes.

El consumo de agua para proceso, Tabla 40, sólo incluye la cantidad de agua necesaria para que el proceso funcione. Sin embargo, ésta no toma en cuenta todo el consumo o desperdicio de agua que se puede dar durante el mes. Por lo tanto, se agrega el consumo de agua para limpieza, el cual puede incluir el desperdicio que esta tenga, así como el consumo de agua para el área administrativa y los servicios sanitarios. Todo esto, para obtener un análisis correcto de factibilidad sin dejar a un lado estos costos que se dan mes a mes.

En la Tabla 41 observamos el costo anual del personal y las prestaciones laborales del mismo. Es importante considerar que el costo de personal incluye todas las prestaciones laborales que por ley un trabajador debe tener, como sus vacaciones, derecho a IGSS, Irtta, Intecap, etc. La diferencia en el costo de personal administrativo y de producción se ve reflejada, tanto por la cantidad de personas que laboran 100% en el área administrativa, así como por el costo anual de cada una de estas personas. El costo del personal del área de planta es del 823% del costo del personal administrativo, sin embargo el personal de planta es el 1800% respecto del personal administrativo, lo que nos indica que el costo del salario y prestaciones no varía de manera unitaria con el aumento en los porcentajes de personal. Este análisis más completo, así como los cálculos y rubros utilizados, se puede ver en la Tablas 71 y Tabla 72, en las cuales se incluyen todos los gastos que conlleva la utilización del personal en cada área, y cuántos trabajadores pertenecen a estas áreas

El costo de personal de seguridad se hace tomando en cuenta el costo promedio que se tiene cuando se terceriza este servicio, esto es cuando se contrata a una empresa de seguridad, la cual brinda personal de seguridad adecuado, y por lo tanto no hay que realizar pagos adicionales más que la cuota mensual, que ya incluyen los sistemas de seguridad necesarios en países como Guatemala.

Es importante analizar la proporción de costos fijos y los que poseen un componente variable dentro de la solución planteada en forma de planta de procesamiento de desechos. Los costos fijos anuales – que se presentan en Tabla 42 – incluyen solamente el personal administrativo y de seguridad. Estos se han clasificado aquí, ya que en ningún momento se ven afectados por el nivel de producción, y solo laboran las horas diarias, semanales y mensuales descritas en la Tabla 71. Los costos semi variables anuales – presentados en la Tabla 43– incluyen a todo el personal de planta, porque todos estos se ven afectados por la cantidad de desechos sólidos a procesar. Aunque deben trabajar un máximo de 48 horas semanales y 8 horas diarias, la cantidad de horas extraordinarias pueden variar, y todo esto depende de la cantidad de desechos sólidos que se deban procesar cada día. Sin embargo, se determinó una estructura de trabajo que permite tener dos turnos que se mezclan durante el día. Los trabajadores del primer turno, trabajan 8 horas diarias y empiezan su horario de trabajo a las 7 de la mañana. A las 9 de la mañana ingresa el segundo turno de trabajo, y en ese momento es cuando la carga de trabajo aumenta para todos, por lo que los trabajadores de ambos turnos trabajan juntos. Los integrantes del primer turno van a almorzar a las 12 y los del segundo turno a la 1, de esta manera se aseguran continuar trabajando durante la hora de almuerzo. Al final del día, los trabajadores que entran a las 7 de la mañana salen a las 4 de la tarde, mientras las personas que entran a las 9 de la mañana salen a las 6 de la tarde, lo que nos da un horario efectivo de trabajo de 11 horas cada día, tomando en cuenta que la productividad varía en los momentos en los cuales los operarios trabajan solo con los de su turno y cuando trabajan los dos turnos a la vez.

Si comparamos la cantidad de costos que pertenecen a un fijo y una parte semi variable, observamos que el 81.72% de los costos son costos semi variables y tan solo el 18.28% de los costos totales anuales son costos fijos – ver la Tabla 44. Esto se podría considerar como un aspecto positivo, sin embargo hay que tomar en cuenta un factor muy importante. Los costos semi variables son mayoría, pero incluyen un gran componente fijo, porque están determinados en mayor medida por los salarios de los empleados que trabajan bajo un concepto de un salario mínimo que se debe pagarle a un empleado en Guatemala. Por lo tanto, a pesar que el 81.72% de los costos son semi variables, se puede suponer que gran parte de los costos que componen esta categoría son fijos y la menor parte es variable, algo que tomar en cuenta a la hora de querer tomar en cuenta la reducción de los costos, o una re estructuración de los mismos.

Los costos directos anuales – Tabla 45 – han sido tomados en cuenta para observar que proporción de los costos están directamente relacionados con la producción. En esta categoría no se incluyó todo el personal de planta, ya que los supervisores y los de limpieza no realizan ninguna labor directamente sobre el proceso. Así mismo, sólo se utiliza la energía eléctrica que va directamente relacionada con el proceso, y no la energía eléctrica que se utiliza para oficinas. Se ve el mismo caso los costos del agua. Los costos indirectos anuales – Tabla 46 - incluyen al personal de supervisión y limpieza de planta, así como al personal administrativo, los consumos de agua que no es para proceso, así como el consumo de energía eléctrica que no está dentro de la fábrica, y que por lo tanto, no posee un efecto directo en el proceso productivo.

El porcentaje de los costos totales que se utilizan en costos directos es de 68.03%, mientras que el de costos indirectos es de 31.97%. Aquí se puede observar el efecto que tiene el costo de personal real, sobre una estructura de costos de una fábrica. En muchos casos no se considera un análisis de costos de personal y de sus prestaciones de la manera adecuada, lo que tiende a disminuir el costo de este rubro. Esta estructura de costos es adecuada para una planta de este tipo. Una proporción adecuada para la distribución de los costos sugiere tener una mayor proporción de costos directos que costos indirectos. Esto se ve influenciado de gran manera por los costos de personal. La gran cantidad de personal que tiene un manejo directo de la materia prima y en proceso, tiene un gran peso en esta proporción. Los componentes de consumo energético y de agua no presentan un gran efecto en este tipo de estructura de costos, ya que son muy pequeños si los consideramos con el costo del personal que trabaja en la planta.

F. Análisis de factibilidad

Una vez que se han realizado todos los cálculos se deben describir los parámetros bajo los cuales se considerará la factibilidad de la planta de tratamiento y se debe analizar cada uno de los resultados obtenidos. En el Tabla 48 se observa la cantidad de desechos sólidos que se puede vender. Esta cantidad de producto que se puede comercializar difiere de la cantidad de desechos que se obtienen de la recolección, ya que todo proceso posee deficiencias y por lo tanto no toda la materia prima se puede convertir en un producto a comercializar – todo esto se puede observar en el balance de

masa que el estudiante de Ingeniería Química desarrolló como parte de su proyecto. Cada año debe tomarse en cuenta el incremento en los desechos sólidos, los cuales son la materia prima de la planta, y es por eso que se refleja el incremento en esa tabla. En esta tabla se incluye también la cantidad de vidrio que se puede vender durante cada año.

Según el análisis mercadológico, y una serie de conversiones realizadas de los precios encontrados del papel, PET, compost y vidrio, se determinó el precio por kilogramo de cada producto procesado en la planta. Todo esto se ve reflejado en el Tabla 51, tomando en cuenta que el vidrio se vende por kilogramo tomando en cuenta que este no se procesa, sólo se selecciona y se alista para despacharlo.

En proyectos de desarrollo social, que se desean hacer auto sostenibles, es necesario obtener préstamos los cuales se pueden conseguir a una tasa considerablemente menor a las tasas que ofrece la banca nacional. En el Tabla 49 y Tabla 50 se observa la cantidad de intereses a pagar cada año así como la cuota de capital en los mismos. Esto se hace considerando que es un préstamo blando, el cual permite tener una serie de ventajas respecto de un préstamo regular.

En el Tabla 52 se observa un estado de resultados, en el que se consideran todos los costos generados por el consumo de energía eléctrica y agua, así como la mano de obra que trabaja en la planta. En el mismo se presenta la depreciación, utilizando el método SMARC que se encuentra en el Tabla 54 con los porcentajes que se aplicaron y en el Tabla 55 con los valores de depreciación cada año. Se calcula los impuestos que debe pagar una empresa privada tomando como base el régimen del 31% del ISR. Luego de esto, se calcula el flujo de efectivo neto que las operaciones generan, considerando los pagos de capital del préstamo obtenido, así como no se considera un valor de venta de los equipos al final del período, para no limitar la vida del proyecto total y dejar la posibilidad de continuidad del proyecto, reconsiderando todas las opciones de inversión al término de este período y comenzar uno nuevo. Se vuelve a considerar la depreciación en este caso, ya que la depreciación es un costo no desembolsable, por lo que aunque se toma como un costo en el estado de resultados para obtener una disminución en los impuestos a pagar, se debe sumar nuevamente ya que es un costo que no sale en ningún momento del efectivo de la empresa.

En el Tabla 53 se observa un segundo escenario del estado de resultados. La modificación que se realiza en este caso se encuentra en la depreciación utilizada. En el caso anterior se utilizó una depreciación SMARC, sin embargo en este caso se considera una depreciación lineal, la que considera flujos de depreciación iguales en cada año. Esto se realiza con la finalidad de tener una comparación del efecto que tiene cada depreciación en el estado de resultados y flujo de efectivo. Se esperaría que se obtengan resultados distintos, ya que la depreciación SMARC castiga más a los proyectos en los primeros años y luego en los últimos permite mejores beneficios. Los resultados de la depreciación lineal de cada equipo y la total se encuentran en el Tabla 56.

Los valores que se utilizan como comparación son el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto. En el Tabla 57 se presentan estos valores para el primer escenario, que se calcula con la depreciación SMARC. En el Tabla 58 se presentan los valores obtenidos en el segundo escenario, en el cual se calcula usando la depreciación lineal. Como se puede observar, se obtienen mejores resultados en ambos casos con la primera alternativa – en la que se utiliza una depreciación SMARC – y esto se debe a que a pesar que en el estado de resultados se ven castigados más los primeros años y menos los últimos, por el ajuste realizado en el flujo de efectivo estos se ven beneficiados de una mejor manera en esos primeros años también, lo que compensa el efecto descrito anteriormente. En estos datos se utilizó una tasa mínima atractiva de retorno – TMAR – del 11.65% para el cálculo del VPN, ya que se tiene una tasa de inflación alrededor del 6.65% anual y el costo del dinero como inversionista se tasa en un 3% y la utilidad del mismo se tasa en 2%.

Una vez se ha determinado que es más conveniente utilizar la depreciación SMARC en lugar de la lineal, se debe considerar el efecto que los cambios en los parámetros del estado de resultados, previo a las utilidades antes de intereses e impuestos – poseen en el flujo de efectivo y sobre todo en el VPN y la TIR. Estos parámetros se presentan en el Tabla 59, la cual nos indica el valor original de cada uno de ellos y el porcentaje al cual se presentan en los escenarios originales, el cual es 0%. En el caso de las materias primas, se modificará el precio por kilogramo presentado anteriormente. En el caso de los costos de energía eléctrica y agua, se considerará un cambio drástico en los precios por kwh y m³ respectivamente. Por último, en el caso de la mano de obra,

se considerará como afectaría una reducción o aumento en los salarios, ya sea por la cantidad de personas que trabajen o por un aumento en los salarios mínimos que sea muy exagerado a partir del próximo año.

La variación de los precios del papel – presentado en Tabla 60 – tiene un efecto considerablemente significativo en la rentabilidad y viabilidad del proyecto. Un descenso del precio de la pasta de papel reciclado por más del 15% haría que este proyecto no sea rentable, en términos del VPN; sin embargo, la TIR no llega a un valor negativo aun cuando exista un decremento del 25% de los costos. Esto implica que aun cuando existan pérdidas, la tasa de retorno permanecerá positiva. Por el caso contrario, aumentos del 5% representan casi Q 500,000.00 a favor en el caso del VPN y aumentos del 1.5% en la TIR. Éste es sin duda el factor más determinante en el caso que los precios de los productos sufran variaciones drásticas en los próximos años.

El caso de las variaciones de los precios en el PET molido –Tabla 61– no representa un factor de riesgo a tomar en cuenta, en comparación con las variaciones del precio de la pasta de papel. Las variaciones del VPN y la TIR no son considerables, ya que cada 5% de variación en el precio representa alrededor de Q 275,000.00 en el VPN y alrededor de un 1.25% en el caso de la TIR. Para las variaciones presentadas, se presentan dos casos en los cuales se obtienen valores negativos para el VPN, lo cual nos indica que existe una frontera en el precio, el cual se encuentra alrededor del 20% en una reducción del precio de venta del PET molido en el mercado.

Para los precios del Compost – Tabla 62 – se observa que las variaciones en el mismo constituyen un factor de riesgo mayor que la variación del precio del PET molido y que la pasta de papel. Esto se debe a que este desecho representa la mayor cantidad de los desechos a procesar, por lo que su impacto en los ingresos, y por lo tanto en el estado de resultados y flujo de efectivo neto, se debe al gran volumen que posee. Una disminución de alrededor del 15% del precio de este producto genera un VPN negativo. Sin embargo, se puede observar que una disminución del 25% en el precio del compost significaría una pérdida de dinero real, ya que la TIR se hace menor a cero. De la misma manera, un aumento considerable en el precio del compost, el proyecto será beneficiado de manera significativa. Los cambios en el precio del vidrio se ven reflejados en la Tabla 63.

La variación del costo de los recursos como la energía eléctrica y el agua no poseen un efecto considerable en el VPN y el TIR del proyecto. Para el caso de la energía eléctrica – Tabla 64 – se puede observar que un incremento del 25% en el valor del kwh solo tendrá un efecto de alrededor de Q 2500,000.00 menos en el VPN y una reducción de la TIR de tan solo un 2% aproximadamente. El caso de la variación en los costos de agua – Tabla 65– es inclusive más insignificante, ya que las variaciones en la TIR son menores a 0.09% cuando se varía el precio del metro cúbico (m^3) en un 25%, y el VPN solo sufre variaciones de Q 15,000.00 aproximadamente.

Dentro de los costos, el que posee un mayor efecto en los flujos de efectivo y estado de resultados – y por lo tanto en la factibilidad del proyecto – es el costo de la mano de obra. En el Tabla 66 se puede observar que cuando la mano de obra sufre un aumento del 10% aproximadamente, entonces el VPN llega a ser un valor negativo. La estructura de los flujos de efectivo y de los costos operativos del proyecto permite que un aumento del 15% en la mano de obra a partir del próximo año, haga que la TIR obtenga un valor negativo, lo que hace que se descarte por completo el proyecto, a menos que se modifiquen los costos de personal o se aumenten los ingresos. Se plantea el caso a su vez de la disminución de salarios y prestaciones pagadas, pero solo se hace con fines comparativos, ya que es poco probable que en la estructura política y económica actual, el costo de los salarios y prestaciones se vea reducido, a menos que sea a través de un recorte de personal.

Se debe considerar que en todos los casos mencionados anteriormente se utiliza solamente la variación de un factor a la vez, y el efecto que este tiene en el modelo que se planteó. Se tomaron en cuenta los valores que se consideran los más adecuados para realizar estas modificaciones. Hay que recalcar que aun cuando las TIR's no den resultados negativos, la toma de decisiones se debe realizar en comparación a la TMAR, por lo que toda situación en la cual la TIR sea menor a la TMAR debe tomarse como una situación no favorable y por ende rechazarse el proyecto. Esta medida debe tomarse en cuenta para no confundir la viabilidad del proyecto.

G. Análisis mercadológico de los subproductos

Actualmente, existen muchas presiones ambientales, se recibe la influencia tanto de Europa como de Estados Unidos, de tener mucho más control sobre el medio ambiente. Lamentablemente, en Guatemala existe interés por el tema del reciclaje de desechos sólido, el impacto ambiental negativo que estos desechos provocan y la contaminación de la cual derivan enfermedades para la población; pero se está adaptando y todavía no está mentalizada ni capacitada para realizar un manejo integral de los desechos sólidos.

La población guatemalteca todavía no ha asumido una responsabilidad ambientalista, en cuanto a ser un poco más pro-recicladores. Se ha observado que los precios de los productos y materias primas han aumentado y se determina que el consumo ha ido incrementándose. Sin embargo, los niveles de reciclado de los otros países, son muchos más altos que el de Guatemala ya que no llega ni siquiera al 5% de lo que se produce. Básicamente sólo se recicla los desperdicios que se producen en las fábricas, post industrial, y el PET que ya tiene un sistema, aunque informal, de recolección.

La maximización del aprovechamiento de los residuos generados y en consecuencia la minimización de las basuras, contribuye a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir sus costos, así como a reducir la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final o que simplemente son dispuestos en cualquier sitio contaminando el ambiente.

Para conocer mejor los productos que se comercializaran es necesario analizarlos de manera individual. En el caso del papel se observa una tendencia mediante la cual el uso del papel reciclado ha aumentado sus aplicaciones en la vida diaria. En los últimos años ha habido un crecimiento en el uso de papel en los países subdesarrollados aproximadamente de un 6% y un 2% en los países desarrollados, estos últimos son los que han estado más involucrados en el reciclaje de papel consumido de forma masiva.

En el mundo existe un número alto de empresas que se dedican a la fabricación de papel, las cuales dentro de su proceso incluyen el uso de pasta de papel reciclado, sin embargo por la necesidad que tienen de cubrir determinada cantidad de papel en el

mercado mundial optan por utilizar madera para la producción por lo difícil que les ha resultado el poder impulsar el reciclaje. Provocando con esto manifestaciones contrarias al medio ambiente de parte de los ciudadanos de las localidades donde estas se encuentran, y que se puede mencionar muy recientemente el caso de América del sur donde la población está en contra de las industrias papeleras.

En Guatemala existen barreras las cuales impiden el crecimiento y el desarrollo a una mayor escala de empresas que fabriquen pasta de papel reciclado, como las siguientes: impuestos y aranceles, el reducido mercado de venta, la falta de apoyo de empresas medio ambientalistas o entidades gubernamentales que faciliten el proceso de reciclaje en Guatemala. Sin embargo, aun con todas estas circunstancias actualmente en Guatemala se logra reciclar aproximadamente 25% del total de papel que es consumido.

Algunas ventajas que se pueden recalcar a la hora de comercializar los productos del proceso de reciclado de papel son las siguientes: el consumo de agua y de energía se reduce, ya que el papel reciclado solo requiere el 10% del agua y el 55% de energía.

Según el documento *Perfil Ambiental de Guatemala*, elaborado por la Universidad Rafael Landívar y el Instituto de Incidencia Ambiental, en el año 2010, se estima que la generación per cápita de residuos domiciliarios está entre 0,25 y 0,75 kg/hab/día para todo el país, que representa diferentes estratos socioeconómicos y diferentes regiones del país. Dado el alto porcentaje de hogares en situación de pobreza crónica en todo el país, con excepción de la región metropolitana, es de esperar una generación de residuos sólidos domiciliarios promedio, a nivel nacional, del orden de los 0,3 kg/hab/día, en promedio según el criterio establecido en el Perfil Ambiental. Tomando en cuenta ésta tasa de generación de basura domiciliar, se estimaría una producción de 1, 523 077 toneladas anuales, tomando en cuenta una población total del país de 13, 909 384 habitantes, estimada por el INE a julio 2003. Si consideramos que la generación de papel y cartón oscila entre un 12,9 y 20,4%, según Tabla 67, se tiene una generación entre 19,6477 y 31,0707 toneladas anuales de papel y cartón, tomando en cuenta que la generación total de residuos domiciliarios es de 1, 523,077 toneladas anuales en el país.

Durante el desarrollo de la Encuesta del Inventario de Residuos sólidos en Guatemala, del Centro guatemalteco de producción Más Limpia, en el año 2010, determinó que una de las desventajas más relevantes para el reciclaje de papel, era el bajo volumen de generación que presentan las pequeñas y medianas empresas. Con volúmenes bajos, las compañías de acopio no recogen el material. En muchos casos las empresas no cuentan con espacio disponible para el acopio en planta y no existen centros intermedios de acopio. Otra de las dificultades encontradas es la limitación de recibir únicamente papel y cartón limpio, sin residuos.

En la Tabla 68, se puede observar la cantidad de empresas que se encuentran en el negocio del papel y productos relacionados. Se puede determinar la ubicación de las empresas que fabrican papel y de los posibles mercados objetivos en donde se podría comercializar el papel.

El precio de la pasta de papel en Europa ha ido en aumento a partir de ciertos factores, como lo son el terremoto de Chile, ya que Chile representa el 8% de la fabricación mundial de pasta de papel.

El costo de la tonelada de pasta de papel en Europa en el año 2010 se ubico entre 600 y 650 euros. En otros países se observa una tendencia similar, como por ejemplo en Chile en donde este ha variado entre US\$850 y US\$900 por tonelada en el año 2010.

Estos son precios que se utilizan para pasta de papel de fibra corta de primera-no reciclada. Por lo tanto, hay que tomar en consideración que la pasta que se va a comercializar es de papel reciclado. También, hay que tomar en cuenta que estos precios son para culturas en donde existe una mayor conciencia ambiental y por lo que los procesos son más complejos y costos. Es por esto que se determinó un precio de Q3.00/kg. Este precio se debe a la economía del país, ya que se buscan precios competitivos en el mercado, la pasta puede que no cumpla con la homogeneidad de Europa y sea de menor calidad.

Actualmente Guatemala exporta más de 2.7 millones de kilos de PET reciclado hacia Costa Rica, El Salvador, China, Estados Unidos y México. En este amplio Sector existen varias empresas recicladoras, las cuales realizan exportaciones de plástico comprimido, desperdicios y recortes de plásticos, sumando a mayo del 2010, \$1.5

millones de kilos de etileno; \$45,000 kilos de vinilo y \$1.1 millones de los demás plásticos.

Como se puede ver en la Tabla 69 anterior el plástico tiene varios usos después del reciclado ya que se transforman en productos de uso cotidiano. Se determinó para su comercialización un precio de venta de Q2.00/kg para el PET molido limpio. Este precio es competitivo en el mercado.

El compost según su composición y sus características, puede tener diferentes usos. Cuando el compost muestra contenidos relativamente altos de metales pesados, puede utilizarse como abono en parques y jardines urbanos, pero si se presenta cierto exceso de sales se puede utilizar con las debidas precauciones en la recuperación de suelos degradados. Además, se puede utilizar como abono en los cultivos para la alimentación humana o animal. También, se puede utilizar como abono en el cultivo de plantas ornamentales. Para su comercialización se determinó, en base a algunos precios del mercado, que su precio de venta sería de Q0.50 el kilogramo.

En la Gráfica 2 muestra que el porcentaje promedio de generación de residuos sólidos orgánicos es de 52% en la mayoría de lugares del mundo y se puede observar que Guatemala ocupa el segundo lugar en esta grafica con un 63.3% de generación de residuos orgánicos. Esto nos demuestra que Guatemala es un país de los que más genera desechos orgánicos y esto da lugar a que se pueda utilizar todos estos desechos para generar compost.

Con el compost, se pueden lograr las siguientes ventajas económicas: Extensión de la vida útil del relleno sanitario municipal (no es necesario la inversión en un terreno para un nuevo relleno prematuramente), venta o uso del compost como abono y el remplazo de fertilizadores artificiales por un producto más económico y natural. Además, se obtienen las siguientes ventajas ecológicas: la producción de menos aguas lixiviadas y gases contaminados, menos consumo de terreno, menor impacto al paisaje, al suelo y a las aguas subterráneas (porque se disminuye el volumen de basura que se va al relleno), producción de humus que puede servir como estabilizador contra la erosión y el compost es un fertilizador natural que no produce sobrecarga química al suelo.

Los mercados más comunes para la comercialización del compost son las municipalidades, proyectos ambientales, comunidades pequeñas, cultivadores individuales, proyectos gubernamentales y empresas agrícolas.

A lo largo de su historia, el vidrio ha demostrado ser uno de los envases más respetuosos con el medio ambiente. No sólo por el hecho de ser 100% reciclable un número indeterminado de veces.

De todos los envases existentes en el mercado, los de vidrio son los que más contribuyen a conservar el medio ambiente. El vidrio tiene la característica especial de inertibilidad, pero lo más importante es que el 100% de su composición es mineral, lo cual le da la posibilidad de ser altamente resistente al medio ambiente.

El vidrio en sí mismo no constituye una amenaza para el medio ambiente porque es inerte, aunque no es biodegradable. Si se expone a las fuerzas de la erosión, el vidrio se rompe en pequeños trozos de sílice, arena de playa, uno de los elementos más comunes en la tierra. A nivel industrial, la Vidriera Guatemalteca –VIGUA- es la única empresa que realiza el proceso de fabricación y reciclado de vidrio en su totalidad. Sílices de Centroamérica, S.A.

SICASA es otra empresa del grupo VICAL, es la encargada de proveer a VIGUA todas las materias primas para el proceso de fabricación, incluido el residuo de vidrio, por lo cual son los responsables de la logística de recolección y transporte de éste material hacia la planta de VIGUA.

La única empresa recicladora que se dedica a la comercialización de residuo de vidrio es RECIPA. Esta empresa exporta a Panamá aproximadamente 110 toneladas de vidrio quebrado, molido y seleccionado por color. Indica que debido a que SICASA, la empresa del grupo VICAL encargada de la recuperación del residuo de vidrio, ha fijado precios muy bajos al residuo por ser un monopolio, es más rentable para ellos exportarlo. Los precios para éste vidrio pueden ser de \$35 por tonelada de vidrio transparente y \$30 por tonelada de vidrio de color. Guatemala es centro de acopio para el área de Guatemala, El Salvador y San Pedro Sula del grupo VICAL.

Otras fuentes de vidrio también importantes lo constituyen casi todos los vertederos municipales más importantes del país; de igual forma las empresas que fabrican puertas y ventanas de vidrio con marco de aluminio y hierro.

Para asegurar un porcentaje alto de recuperación de vidrio, el grupo VICAL cuenta además con una red de 90 centros de acopio organizada por ellos en todo el territorio nacional. Estos centros de acopio generalmente se encuentran ubicados en los vertederos de los principales municipios y en cada uno trabajan entre dos a diez personas recolectando y acopiando el material para reciclar. El vertedero municipal de la zona 3 de la capital es el mayor centro de acopio de esta naturaleza, en él trabajan aproximadamente 60 personas que se dedican exclusivamente a la recolección de vidrio.

A nivel artesanal, existen dos empresas que reciclan cierta cantidad de vidrio. Las empresas son Coopavic, R.L. y Vitra, S.A. ubicadas ambas en el departamento de Quetzaltenango. Estas empresas aprovechan el vidrio para reciclar en la fabricación de vasos, floreros, ceniceros y artículos decorativos por medio de un procedimiento manual conocido como vidrio soplado.

Debido a que el vidrio representa un 30% en los desechos municipales con base en las encuestas realizadas se determinó que se podría comercializar a un precio de venta de Q0.10/kg.

IX. CONCLUSIONES

1. La topografía del lugar es propensa a cambios causados por aspectos climáticos y susceptibilidad geográfica.
2. La planta de tratamiento correría riesgos de construcción, ya que el área disponible está en las cercanías de un barranco.
3. La planta de tratamiento fue diseñada para un periodo de vida útil de diez años, tomando en cuenta el crecimiento poblacional y la consecuente generación de desechos para este período de tiempo.
4. Los parámetros específicos de la estructura, tales como uniones y tipos de apoyos, fueron de suma importancia ya que establecieron el comportamiento de la estructura.
5. El pre-diseño de la estructura se realizó tomando en cuenta un sismo ordinario con una probabilidad del 10% de ser excedida en 50 años.
6. Los costos de la inversión inicial de la estructura diseñada son bajos en comparación con construcciones similares.
7. La construcción de la planta de tratamiento es factible desde el punto de vista de Ingeniería Civil, considerando los aspectos mostrados en este trabajo.
8. El estudio de desechos sólidos realizados contribuye a la determinación de la cantidad de desechos que la comunidad de Zaragoza, Chimaltenango genera en una base diaria, de manera tal que esta información puede ser utilizada para diseñar un plan de tratamiento de desechos sólidos a través de la construcción de una fábrica para estos usos.
9. El estudio de desechos sólidos realizados cuenta con un error, como toda muestra estadística tomada. Este error puede ser considerado como aceptable si se toman en cuenta la cantidad de recursos financieros, de mano de obra y equipo especializado para realizar un estudio de este tipo.
10. Las proyecciones realizadas, con base al estudio de los desechos sólidos del municipio de Zaragoza, Chimaltenango, son reflejo del crecimiento poblacional

promedio en Guatemala. Así mismo, estas proyecciones están hechas con base en un período de diez años, para tomar en cuenta la factibilidad de proyectos de tipo comercial, que se trabajan en su mayoría a este período de tiempo.

11. La media y la desviación estándar en la proyección aumentan, debido al aumento proporcional de las personas que conforman la población de Zaragoza, Chimaltenango. Sin embargo, no se le realiza un ajuste a la desviación estándar para aumentar la variabilidad, porque esta variabilidad debe ser reflejada en un estudio de factibilidad posterior.
12. Establecer el costo de una planta de tratamiento de desechos sólidos con equipo moderno y adecuado es una tarea, que desde el punto de vista de un análisis de pre factibilidad, puede realizarse a través de los índices de costo adecuados.
13. Debe considerarse, a la hora de importar un equipo o maquinaria, todos los costos asociados con esta opción, como lo son el flete, los aranceles, impuestos y los gastos aduanales e internos del puerto.
14. Cuando se obtiene el costo de una maquinaria o equipo, deben considerarse todos los costos de instalación asociados, para obtener un monto de inversión en el cual podamos cubrir todos los gastos necesarios para hacer operar las líneas de proceso o planta, en este caso la planta de tratamiento de desechos sólidos.
15. La estructura de costos de una fábrica de este tipo contiene un gran componente fijo, que aunque no se ve reflejado en los porcentajes presentados debido a que el componente fijo es mayoritario en los componentes semi variables, este debe ser tomado en consideración y con especial atención en todo análisis de factibilidad y de reducción de costos que se podría afrontar.
16. La composición de los costos directos e indirectos, permite asociar todos los costos relacionados con el proceso de tratamiento de desechos sólidos. Para el caso planteado, se consideraron todos aquellos aspectos relevantes en la producción, pero debido a la estructura propia de los costos, según esta caracterización, estos no llegan al 50%. Esto implica que debe tenerse especial cuidado con los costos indirectos, ya que afectan más de lo que se espera, y

debe tenerse un control importante sobre los mismos al momento de empezar a trabajar la fábrica.

17. El costo inicial de una planta de tratamiento de desechos sólidos de este tipo, así como los costos anuales de fabricación y proceso son elevados, por lo que una sola municipalidad difícilmente podrá realizar el desembolso.
18. En Guatemala existen barreras que impiden el crecimiento y el desarrollo a una mayor escala de empresas que fabriquen papel reciclado, compost y PET como las siguientes: impuestos y aranceles, el reducido mercado de venta, la falta de apoyo de empresas medio ambientalistas o entidades gubernamentales que faciliten el proceso de reciclaje en Guatemala. Por todas estas razones no se ha podido impulsar el reciclaje de una manera positiva a los ciudadanos.
19. Las empresas guatemaltecas de reciclaje no cuentan con espacio disponible para el acopio en planta y no existen centros intermedios de acopio. Además, limitan su mercado ya que sólo reciben papel y PET sin residuos, grasa, entre otros. Es por esto que la mayoría de las empresas envían sus residuos de basura para que sean reciclados al extranjero. Por lo que el mercado guatemalteco está perdiendo en ese segmento del mercado.
20. La maximización del aprovechamiento de los residuos generados y en consecuencia la minimización de las basuras, contribuye a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía y agua, preservar los sitios de disposición final y reducir sus costos, así como a reducir la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final o que simplemente son dispuestos en cualquier sitio contaminando el ambiente.
21. La cantidad de producto a comercializar se utiliza considerando las ineficiencias del proceso y el crecimiento que éstas tendrán con el tiempo al incrementarse la población del municipio.
22. El uso de un préstamo para financiar parte de la compra del equipo tiene dos objetivos. El primero es reducir el monto de inversión inicial que se debe conseguir. El segundo objetivo es brindar una mayor rentabilidad a la empresa que invierte en el proyecto al obtener una mejor rentabilidad por los recursos

- puestos a disposición, los cuales son menores a medida que aumenta el préstamo.
23. El monto del préstamo no se puede realizar sobre el total de la inversión inicial ya que el grado de apalancamiento financiero sería demasiado alto y eso incurriría en una situación de riesgo demasiado alto para una empresa.
 24. La TMAR utilizada es de 11.65%. Todos los valores de la TIR calculada para el proyecto, cuyo valor esté por debajo de la TMAR deben ser rechazados, aún y cuando estas TIR de proyecto sean positivas. En los casos del análisis de sensibilidad en los que el VPN es negativo, la TIR se encuentra a su vez por debajo de la TMAR, y por lo tanto, no se debe aceptar el proyecto.
 25. El escenario más favorable para la realización del proyecto se encuentra utilizando una depreciación SMARC y no una depreciación lineal. Este método de depreciación es válido por la ley, siempre y cuando se expliquen los motivos por los cuales se debe adoptar el método SMARC y no el lineal.
 26. Los factores que se varían en el análisis de sensibilidad son todos aquellos que se obtienen del análisis de costos realizados por el compañero. El único costo a considerar adicional es el de depreciación. El costo de la materia prima no se incluye como tal, debido a que al ser un proyecto que involucra a la municipalidad, entonces se usarán los desechos de la misma y el beneficio para la comunidad es el manejo integral de los desechos.
 27. El precio de venta de la pasta de papel es uno de los factores que posee un mayor efecto en el estado de resultados y flujo de efectivo neto, y por lo tanto en el VPN y la TIR. Este es uno de los dos precios de venta del mercado que se debe regular.
 28. El precio de venta del compost es otro factor a considerar que puede reducir e influir de manera drástica en el VPN y la TIR.
 29. El costo de la mano de obra es el único costo que puede generar un cambio considerable en el VPN y la TIR si sufre cambios muy drásticos o aumentos considerables, sin cambiar el tamaño de la producción. Los otros costos no tienen efectos considerables sobre el VPN y la TIR.

30. La construcción de la planta junto con sus tres líneas de producción no resolverán el problema de los desechos sólidos municipales en Zaragoza, Chimaltenango si no existe un adecuado proceso de sensibilización de la población y las autoridades.
31. La línea de mayor producción en peso es la línea de compostaje, seguido por la línea de PET y por último la línea de papel.
32. Para que los beneficios de un adecuado manejo de desechos sólidos sean tangibles para la comunidad de Zaragoza, Chimaltenango, es necesario tener un programa de sensibilización y concientización acerca de los beneficios del reciclaje y el adecuado manejo de desechos municipales adicional al funcionamiento de la planta de reciclaje.
33. Las pérdidas de materia prima en los tres procesos calculadas son de 408 kg/día, 250.98 kg/día y 5,626.66 kg/día para las líneas de Reciclaje de Papel, Reciclaje de PET y la línea de Compostaje respectivamente.
34. La construcción y la implementación de un programa de reciclaje de ninguna manera va a eliminar la necesidad de un relleno sanitario en la localidad.
35. En Guatemala existen barreras las cuales impiden el crecimiento y el desarrollo a una mayor escala de empresas que fabriquen papel reciclado, compost y PET como las siguientes: impuestos y aranceles, el reducido mercado de venta, la falta de apoyo de empresas medio ambientalistas o entidades gubernamentales que faciliten el proceso de reciclaje en Guatemala. Por todas estas razones no se ha podido impulsar el reciclaje de una manera positiva a los ciudadanos.
36. Las empresas guatemaltecas de reciclaje no cuentan con espacio disponible para el acopio en planta y no existen centros intermedios de acopio. Además, limitan su mercado ya que solo reciben papel y PET sin residuos, grasa, entre otros. Es por esto que la mayoría de las empresas envían sus residuos de basura para que sean reciclados al extranjero. Por lo que el mercado guatemalteco está perdiendo en ese segmento del mercado.
37. La maximización del aprovechamiento de los residuos generados y en consecuencia la minimización de las basuras, contribuye a conservar y reducir la

demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía y agua, preservar los sitios de disposición final y reducir sus costos, así como a reducir la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final o que simplemente son dispuestos en cualquier sitio contaminando el ambiente.

38. La cantidad de producto a comercializar se utiliza considerando las ineficiencias del proceso y el crecimiento que estas tendrán con el tiempo al incrementarse la población del municipio.

X. RECOMENDACIONES

39. Para próximas investigaciones en el tema o continuación en el proyecto, es recomendable realizar un estudio adecuado del suelo en donde se construiría la planta de tratamiento.
40. Al tener los estudios correspondientes de suelo, hacer el diseño de la cimentación corrida para muros y zapatas aisladas para columnas de los marcos.
41. Se recomienda hacer el estudio de ingeniería sanitaria y de impacto ambiental para lograr que la planta de tratamiento cumpla con los aspectos de salud.
42. Un estudio de factibilidad de esta planta de tratamiento permitiría considerar la posibilidad de utilizarla no sólo para el área en donde está construida – Zaragoza, Chimaltenango – sino también para otras comunidades cercanas.
43. Realizar un estudio de desechos sólidos en una etapa posterior del proyecto, para corroborar si se mantiene la tendencia y el ritmo de crecimiento de desechos sólidos según lo esperado. Este estudio debería realizarse dos años después del estudio original, para considerar un espacio de tiempo adecuado entre ambos estudios.
44. Con base en un nuevo estudio, realizar una proyección hacia el año 2011 y hacia diez años después de la realización del segundo estudio, que certifique los valores encontrados en el estudio que se presentó en este trabajo de graduación, y hacer los ajustes necesarios antes de iniciar la etapa de construcción y compra del equipo.
45. Se puede llevar a cabo una re estructuración de los costos, de manera tal que la estructura de costos directos e indirectos no sea tan equitativa, sino que se enfoquen más recursos en los procesos que son de tratamiento de los desechos, y que pueden brindar mayor valor a los productos que se pueden comercializar.

46. Con la misma re estructuración de costos se puede obtener una estructura de costos fijos y variables que posea una mayor flexibilidad y que tenga un mejor margen de maniobra para operar en los casos que sea necesario, especialmente si existen cambios drásticos en la generación de desechos sólidos en el municipio de Zaragoza, Chimaltenango.
47. Atraer la inversión de capitales privados, mediante la figura de una empresa mixta – entre la municipalidad y una empresa privada – o ya sea solamente la empresa privada que opere la planta de tratamiento de desechos sólidos, mediante el uso del terreno que la municipalidad puede dar en concesión, para el beneficio de los pobladores de Zaragoza, Chimaltenango.
48. Importar modelos de tratamiento de desechos sólidos, mediante los cuales en el momento en el que se realiza la recolección de basura, se le hace el cobro por recolección como a su vez, un cobro por el tratamiento de la misma, según a la cantidad de basura que se va a desechar y a tratar. Esto permitiría a la municipalidad asumir la operación completa de la planta de tratamiento propuesta como solución en este trabajo.
49. Buscar alianzas con otras municipalidades de los alrededores, para conocer la factibilidad de establecer una planta de tratamiento que pueda permitir el tratamiento de sus desechos, siempre y cuando éstas puedan aportar tener su sistema de recolección y transporte dentro de sus comunidades y hacia la planta de tratamiento, y considerar un monto a cobrar de acuerdo a la cantidad de desechos, por el tratamiento que se le dará a los mismos.
50. Se recomienda disponer de un espacio y capacidad óptima para la recepción de los desechos sólidos, así mismo un centro de acopio fuera de la planta para ir almacenando los residuos y que no se exceda la capacidad dentro de la planta.
51. Se recomienda comercializar los productos reciclados obtenidos con empresas que lo exporten al mercado exterior, ya que la demanda de estos productos reciclados es mucho más alta que en nuestro país.
52. Se recomienda para los grupos posteriores realizar un cálculo del costo de transporte, el cual a pesar que no se consideró en este estudio, si poseerá un efecto en la factibilidad financiera del proyecto.

53. Se recomienda considerar un costo de inversión inicial un poco más bajo, y si el equipo puede procesar más desechos, entonces buscar fuentes de desecho para tener proyecto con mejores resultados financieros.
54. Se recomienda utilizar una depreciación SMARC para la valuación de la depreciación de los activos, ya que esta es la que nos brinda mejores resultados financieros para el proyecto de la planta de tratamiento de desechos sólidos.
55. Se recomienda investigar sobre otras líneas de reciclaje o de tratamiento a los desechos sólidos que se puedan implementar en la planta.
56. Se recomienda que en los centros educativos y escuelas de Zaragoza se impartan clases acerca de la importancia de cuidar el medio ambiente y del trabajo que se está realizando con la municipalidad para el bien de la comunidad.
57. Se recomienda firmar un convenio de trabajo mutuo entre todas las partes involucradas además de la generación de un cronograma de trabajo específico con metas y alcances definidos con fecha y objetivos.
58. Se recomienda la continuación de este proyecto en sus siguientes fases para que la comunidad de Zaragoza, Chimaltenango pueda observar los beneficios reales del proyecto.
59. Se recomienda utilizar los resultados de esta fase del proyecto para conseguir los fondos necesarios para la construcción de la planta y la continuación de las siguientes fases del proyecto.
60. Se recomienda hacer un estudio en la población para medir su nivel de conocimiento acerca de los beneficios del reciclaje y el problema del manejo de desechos sólidos en la salud de las personas y en el daño al medio ambiente.
61. Se recomienda buscar un lugar adecuado para la disposición final de los desechos que no se pueden reciclar de ninguna manera. Este lugar no debe representar daños al medio ambiente ni a la salud de las personas.

62. Se recomienda disponer de un espacio y capacidad óptima para la recepción de los desechos sólidos, así mismo un centro de acopio fuera de la planta para ir almacenando los residuos y que no se exceda la capacidad dentro de la planta.
63. Se recomienda comercializar los productos reciclados obtenidos con empresas que lo exporten al mercado exterior, ya que la demanda de estos productos reciclados es mucho más alta que en nuestro país.

XI. BIBLIOGRAFÍA

EPA. (26 de Julio de 2011). *Non-Hazardous Waste*. Recuperado el 4 de Octubre de 2011, de Página web de United States Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov/epawaste/basic-solid.htm>

House of Lords Science and Technology Committee. (20 de Agosto de 2008). *Waste Reduction Volume I: Report*. Londres, Inglaterra.

IARNA. (2006). *Perfil Ambiental de Guatemala: tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental*. Guatemala.

Ministerio de comunicaciones, t. y. (1992). *Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehiculos automore y sus combinaciones*. Guatemala.

Ministerio de Desarrollo Urbano de India. (2010). *Principles of Municipal Solid Waste Management*. India.

Ministerio de Salud de Costa Rica. (s.f.). *Disposición Correcta de basura: el relleno sanitario*. Recuperado el 10 de Octubre de 2011, de BINASSS: Biblioteca Nacional de Salud y Seguridad Social: <http://www.binasss.sa.cr/poblacion/rellenosanitario.htm>

NYSDEC. (2011). *What is Solid Waste*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2011, de Department of Environmental Conservation: <http://www.dec.ny.gov/chemical/8732.html>

Procter & Gamble. (2005). *Integrated Solid Waste Management*. Recuperado el 11 de Octubre de 2011, de Science in the box Project: http://www.scienceinthebox.com/en_UK/sustainability/solid_waste_management_en.htm

Perry, Robert y D. Green. 2001. *Manual del Ingeniero Químico*. 7ª Edición. Prologuista, Storch, José. Madrid, McGraw-Hill. 4 vols.

Betancourt Pineda, Lázaro, Pichs Herrera, Luis. 2004. *Plan de Manejo de desechos sólidos en la gestión ambiental empresarial*. Cien fuegos. Ministerio de ciencia, tecnología y ambiente. 10 págs.

Sapag Chain, Nassir; Reinaldo Sapag Chain. 2008. *Preparación y evaluación de proyectos*. 5ª Ed. México, D.F. Mc Graw Hill. 445 págs.

Tyler Miller, George. 2002. *Ciencia ambiental. Preservemos la Tierra*. 5ª edición. México D.F., Thompson. 456 págs.

Brown Salazar, Doreen. 2004. *Guía para la Gestión del manejo de residuos sólidos municipales*. Programa Ambiental Regional para Centro América. 78 págs.

Tchobanoglous, G., H. Theisen y S. Vigil. 1994 *Gestión integral de residuos sólidos*. México, D.F., McGraw-Hill. 2 vols.

Alegre, Marco. 1997. *Guía para el manejo de residuos sólidos en las ciudades pequeñas y zonas rurales*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Organización Panamericana de la Salud, cooperación Española, 73 págs.

Webster, Allen L. 2000. *Estadística aplicada a los negocios y economía*. 3ª Ed. Colombia. Mc Graw Hill. 640 págs.

XII. APÉNDICES

A. Características y especificaciones de las herramientas e instrumentos utilizados


1. Odómetro utilizado

Nombre del equipo	Odómetro de precisión T593
Tolerancia	< 0.02%
Rango de medición	9,999.9 m
Lectura	1 cm
Diámetro de la rueda	318.5mm
Perímetro de la rueda	1 m
Tipo de rueda	De metal
Peso	4100 g
Representación fotográfica	

2. GPS utilizado

Nombre del equipo	GPS Garmin eTrex Vista
Tamaño de pantalla	2.8*5.4cm
Tipo de pantalla	4 level gray LCD
Frecuencia de actualizado	1 segundo
Precisión en elevación	± 0.5 m
Precisión general	Sub-métrico
Representación fotográfica	 A photograph of a silver and black Garmin eTrex Vista GPS device. The screen displays a topographic profile with a peak labeled '6035'. Below the profile, it shows 'Total Ascent 3500' and 'Peak Elev 11778'. The device has a lens at the top, a speaker, and several buttons on the side.

3. Balanza de resorte

Nombre del equipo	Balanza de resorte
Rango de medidas	0-110 Lb
Representación fotográfica	

4. Guantes

Nombre del equipo	Guantes de látex
Recomendados para	Manipulación de desechos, fluidos corporales y otros
Representación fotográfica	

5. Mascarillas

Nombre del equipo	Mascarillas quirúrgicas
Recomendado para	Filtración de bacterias y partículas en el aire
Eficiencia	Alta entre el 95-98%
Representación fotográfica	

B. Información del lugar y datos topográficos obtenidos

La distancia ente la municipalidad de Zaragoza y el actual basurero, es de un total de 6.97km; de los cuales, 4km lineales son con pavimento en buen estado y 2.97 son de terracería en mal estado. Los puntos topográficos tomados con el GPS se muestran en la tabla a continuación.

Tabla 67: Puntos de topografía medidos con el GPS en Zaragoza, Chimaltenango

Número de punto	Elevación del punto	Longitud	Latitud
1	2053.624m	W90° 52' 38.44"	N14° 39' 42.57"
2	2053.000m	W90° 52' 38.41"	N14° 39' 42.81"
3	2052.000m	W90° 52' 38.35"	N14° 39' 43.09"
4	2051.000m	W90° 52' 38.27"	N14° 39' 43.38"
5	2051.000m	W90° 52' 38.32"	N14° 39' 43.69"
6	2051.000m	W90° 52' 38.34"	N14° 39' 43.96"
7	2051.000m	W90° 52' 38.34"	N14° 39' 44.18"
8	2050.000m	W90° 52' 38.25"	N14° 39' 44.43"
9	2050.000m	W90° 52' 38.26"	N14° 39' 44.75"
10	2049.000m	W90° 52' 38.17"	N14° 39' 45.03"
11	2049.000m	W90° 52' 38.19"	N14° 39' 45.34"
12	2049.000m	W90° 52' 38.19"	N14° 39' 45.65"
13	2049.000m	W90° 52' 38.19"	N14° 39' 45.96"
14	2049.000m	W90° 52' 38.19"	N14° 39' 46.26"
15	2048.000m	W90° 52' 38.10"	N14° 39' 46.56"
16	2047.000m	W90° 52' 38.05"	N14° 39' 46.91"
17	2046.321m	W90° 52' 38.01"	N14° 39' 47.13"
18	2044.000m	W90° 52' 37.73"	N14° 39' 47.17"
19	2042.373m	W90° 52' 37.54"	N14° 39' 47.20"
20	2041.000m	W90° 52' 37.37"	N14° 39' 47.23"
21	2038.650m	W90° 52' 37.13"	N14° 39' 47.28"
22	2035.000m	W90° 52' 36.77"	N14° 39' 47.35"
23	2032.000m	W90° 52' 36.51"	N14° 39' 47.41"
24	2028.677m	W90° 52' 36.26"	N14° 39' 47.47"
25	2027.905m	W90° 52' 36.20"	N14° 39' 47.48"
26	2027.875m	W90° 52' 36.20"	N14° 39' 47.22"

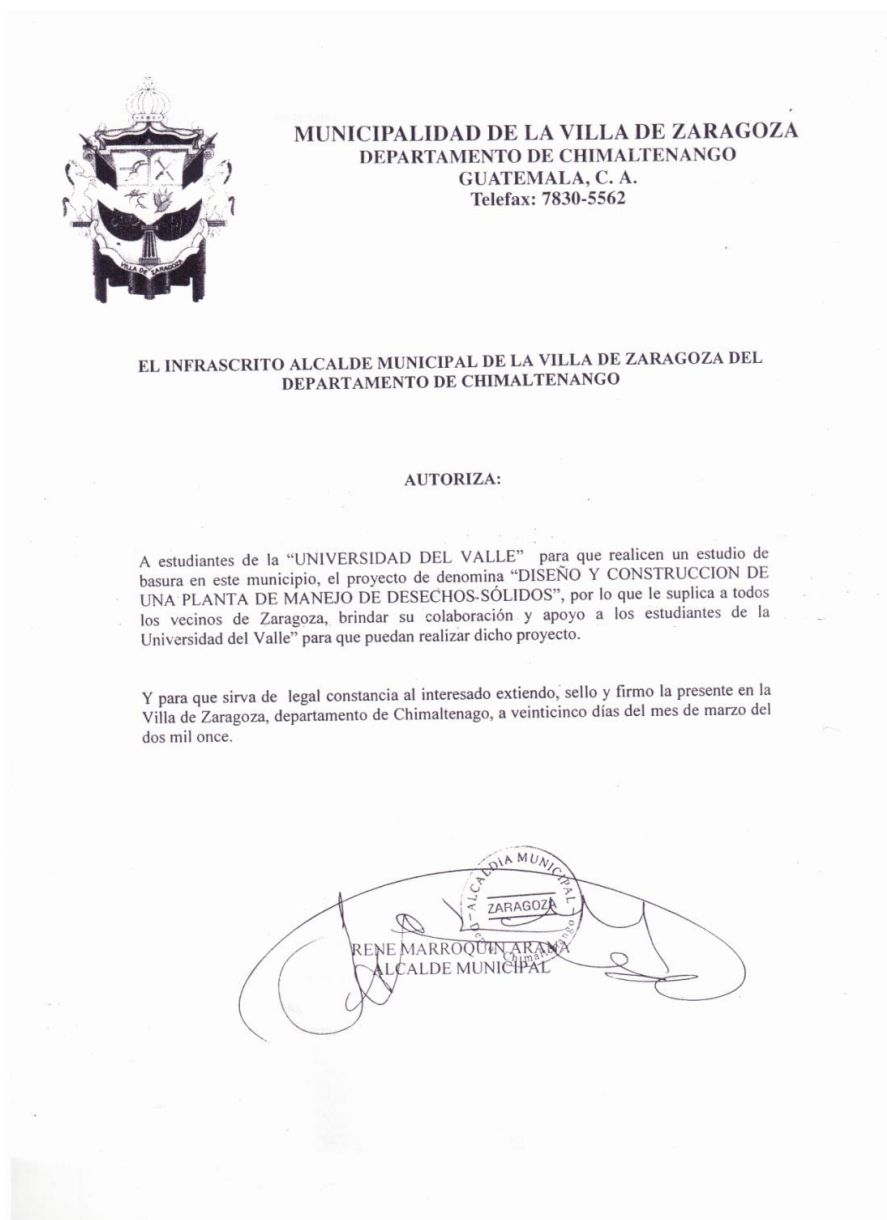
Número de punto	Elevación del punto	Longitud	Latitud
27	2027.814m	W90° 52' 36.20"	N14° 39' 46.68"
28	2028.000m	W90° 52' 36.21"	N14° 39' 46.43"
29	2028.000m	W90° 52' 36.21"	N14° 39' 46.08"
30	2027.581m	W90° 52' 36.19"	N14° 39' 45.78"
31	2027.294m	W90° 52' 36.18"	N14° 39' 45.51"
32	2027.758m	W90° 52' 36.18"	N14° 39' 45.06"
33	2028.226m	W90° 52' 36.19"	N14° 39' 44.70"
34	2028.691m	W90° 52' 36.19"	N14° 39' 44.35"
35	2029.268m	W90° 52' 36.19"	N14° 39' 43.90"
36	2029.611m	W90° 52' 36.19"	N14° 39' 43.64"
37	2030.205m	W90° 52' 36.20"	N14° 39' 43.29"
38	2031.085m	W90° 52' 36.20"	N14° 39' 42.95"
39	2032.404m	W90° 52' 36.21"	N14° 39' 42.62"
40	2033.737m	W90° 52' 36.23"	N14° 39' 42.30"
41	2034.067m	W90° 52' 36.23"	N14° 39' 42.22"
42	2037.000m	W90° 52' 36.49"	N14° 39' 42.27"
43	2040.000m	W90° 52' 36.78"	N14° 39' 42.32"
44	2041.544m	W90° 52' 36.97"	N14° 39' 42.35"
45	2044.424m	W90° 52' 37.37"	N14° 39' 42.40"
46	2046.672m	W90° 52' 37.63"	N14° 39' 42.44"
47	2048.842m	W90° 52' 37.88"	N14° 39' 42.48"
48	2050.593m	W90° 52' 38.09"	N14° 39' 42.51"
49	2051.959m	W90° 52' 38.25"	N14° 39' 42.54"
50	2047.000m	W90° 52' 37.76"	N14° 39' 42.95"
51	2047.000m	W90° 52' 37.82"	N14° 39' 43.32"
52	2047.000m	W90° 52' 37.85"	N14° 39' 43.57"
53	2047.000m	W90° 52' 37.91"	N14° 39' 43.99"

Número de punto	Elevación del punto	Longitud	Latitud
54	2047.000m	W90° 52' 37.94"	N14° 39' 44.31"
55	2045.000m	W90° 52' 37.74"	N14° 39' 44.54"
56	2047.000m	W90° 52' 37.96"	N14° 39' 44.83"
57	2044.000m	W90° 52' 37.67"	N14° 39' 45.19"
58	2046.000m	W90° 52' 37.88"	N14° 39' 45.46"
59	2043.000m	W90° 52' 37.57"	N14° 39' 45.83"
60	2046.000m	W90° 52' 37.88"	N14° 39' 46.16"
61	2044.000m	W90° 52' 37.68"	N14° 39' 46.47"
62	2045.000m	W90° 52' 37.80"	N14° 39' 46.89"
63	2041.000m	W90° 52' 37.37"	N14° 39' 46.88"
64	2039.000m	W90° 52' 37.16"	N14° 39' 46.61"
65	2041.000m	W90° 52' 37.37"	N14° 39' 46.15"
66	2039.000m	W90° 52' 37.16"	N14° 39' 46.28"
67	2038.000m	W90° 52' 37.06"	N14° 39' 45.82"
68	2042.000m	W90° 52' 37.47"	N14° 39' 45.43"
69	2038.000m	W90° 52' 37.04"	N14° 39' 45.12"
70	2042.000m	W90° 52' 37.44"	N14° 39' 44.78"
71	2038.000m	W90° 52' 36.99"	N14° 39' 44.69"
72	2043.000m	W90° 52' 37.50"	N14° 39' 44.30"
73	2039.000m	W90° 52' 37.04"	N14° 39' 44.24"
74	2043.000m	W90° 52' 37.46"	N14° 39' 44.00"
75	2040.000m	W90° 52' 37.11"	N14° 39' 43.92"
76	2043.000m	W90° 52' 37.41"	N14° 39' 43.64"
77	2037.000m	W90° 52' 36.74"	N14° 39' 43.68"
78	2043.000m	W90° 52' 37.34"	N14° 39' 43.14"
79	2039.000m	W90° 52' 36.90"	N14° 39' 43.17"
80	2039.000m	W90° 52' 36.95"	N14° 39' 43.57"

Número de punto	Elevación del punto	Longitud	Latitud
81	2041.000m	W90° 52' 37.05"	N14° 39' 42.76"
82	2045.000m	W90° 52' 37.49"	N14° 39' 42.68"
83	2039.000m	W90° 52' 36.73"	N14° 39' 42.60"
84	2035.000m	W90° 52' 36.48"	N14° 39' 42.91"
85	2035.000m	W90° 52' 36.55"	N14° 39' 43.43"
86	2034.000m	W90° 52' 36.53"	N14° 39' 44.02"
87	2034.000m	W90° 52' 36.57"	N14° 39' 44.54"
88	2036.000m	W90° 52' 36.80"	N14° 39' 44.96"
89	2032.000m	W90° 52' 36.50"	N14° 39' 45.39"
90	2037.000m	W90° 52' 36.96"	N14° 39' 45.49"
91	2033.000m	W90° 52' 36.57"	N14° 39' 46.13"
92	2036.000m	W90° 52' 36.85"	N14° 39' 46.48"
93	2033.000m	W90° 52' 36.57"	N14° 39' 46.87"
94	2036.000m	W90° 52' 36.85"	N14° 39' 46.92"

C. Documentos utilizados para la encuesta realizada

1. Carta de autorización del estudio



2. Muestra de la encuesta realizada

Universidad del Valle de Guatemala
Megaproyecto
Año 2011

Encuesta

Tema: Medición de Desechos Sólidos

Lugar: Zaragoza, Chimaltenango

Objetivo: Medición de los distintos tipos de desechos sólidos de la comunidad, así como de la recolección de los mismos y conocer hábitos de consumo y de vida.

1. Personas que habitan el inmueble:

7

2. ¿Poseen servicios de recolección de basura? Si No

a. ¿Cuántos días?

3

b. ¿Qué días?

Lunes, miércoles, sábado

c. ¿posee algún costo? Sí es así ¿cuál es?

Q. 30⁰⁰

3. Descripción del inmueble (casa, comercial, etc.)

4. Descripción de los desechos sólidos

Descripción	Peso
Desecho Orgánico	
Papel	7
Plástico	7
Vidrio	
Desecho Inorgánico	
Otros Desechos	3
TOTAL	5

D. Crecimiento poblacional estimado

Tabla 68: Estimación de crecimiento poblacional, con una tasa de crecimiento del 2.80% anual

Año	Total Personas
2002	17,908
2003	18,409
2004	18,925
2005	19,455
2006	20,000
2007	20,560
2008	21,135
2009	21,727
2010	22,335
2011	22,961
2012	23,604
2013	24,265
2014	24,944
2015	25,642
2016	26,360
2017	27,098
2018	27,857
2019	28,637
2020	29,439
2021	30,263

E. Volúmenes de diseño

Tabla 69: Estimación de producción de desechos para el año 2021, en kilogramos

Tipos de basura	Orgánico por día	Papel por día	Plástico por día	Vidrio por día	Desecho inorgánico por día	Otros desechos por día	Total por día
TOTALES	696.56	222.96	243.13	138.50	253.95	122.69	1677.78
PROMEDIOS POR INMUEBLE	3.83	1.23	1.34	0.76	1.40	0.67	9.22
DESV. POR INMUEBLE	6.11	1.78	2.55	3.68	3.00	2.28	12.84
CAPACIDAD ESTIMADA DIARIA	15,308.9	4,900.2	5,343.52	3,043.9	5,581.32	2,696.37	36,874.2
DESV. TOTAL	386.15	112.62	161.08	232.51	189.67	143.92	812.14
DESECHOS AÑO 2021	20,177.8	6,458.7	7,043.01	4,012.0	7,356.44	3,553.95	48,602.0
DESV. AÑO 2021	443.32	129.29	184.93	266.94	217.76	165.23	932.39

Tabla 70: Tasas de recuperación aplicadas al precio inicial método SMARC

Tasa de depreciación (%) para cada periodo de recuperación SMARC en años						
Año	n = 3	n = 5	n = 7	n = 10	n = 15	n = 20
1	33.33	20.00	14.29	10.00	5.00	3.75
2	44.45	32.00	24.49	18.00	9.50	7.22
3	14.81	19.20	17.49	14.40	8.55	6.68
4	7.41	11.52	12.49	11.52	7.70	6.18
5		11.52	8.93	9.22	6.93	5.71
6		5.76	8.92	7.37	6.23	5.29
7			8.93	6.55	5.90	4.89
8			4.46	6.55	5.90	4.52
9				6.55	5.91	4.46
10				6.55	5.90	4.46
11				3.28	5.91	4.46
12					5.90	4.46
13					5.91	4.46
14					5.90	4.46
15					5.91	4.46
16					2.95	4.46
17 - 20						4.46
21						2.23

Ilustración 7: Forma general de la curva en valor en libros para diferentes modelos de depreciación

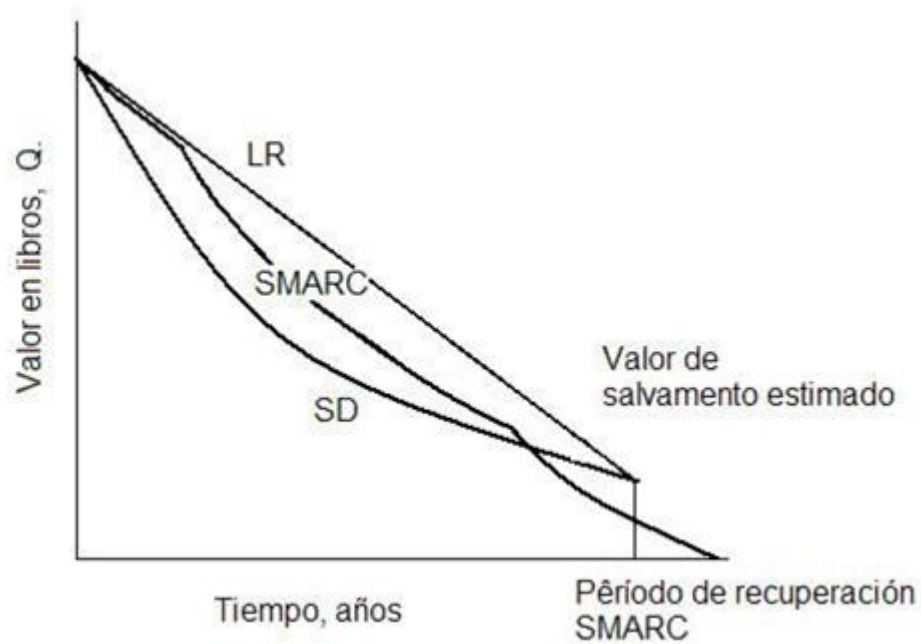
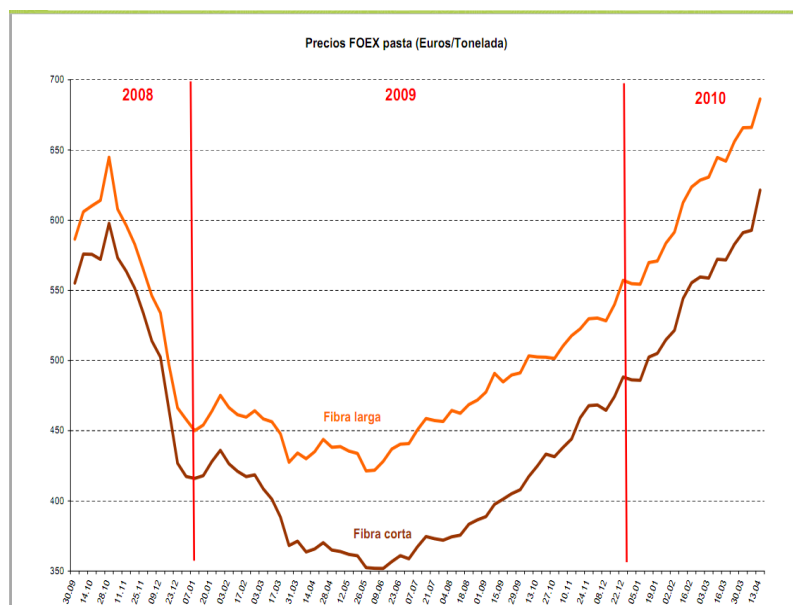


Ilustración 8: Precios de venta de pasta de papel en Europa



F. Fotografías e ilustraciones

Ilustración 9: Geografía del terreno propuesto para la construcción de la planta de tratamiento



Ilustración 10: Otro punto de vista de la geografía del terreno propuesto para la nueva planta



Ilustración 11: Vista de la forma topográfica del terreno a trabajar



Ilustración 12: Situación actual del botadero en el pueblo de Zaragoza



Ilustración 13: Basurero actual en el pueblo de Zaragoza, Chimaltenango



Ilustración 14: Vista de algunos tipos de desechos dispuestos en el basurero actual



Ilustración 15: Algunos de los desechos en el basurero actual



Ilustración 16: Vista del basurero actual extendiéndose hacia el río que corre al final del barranco



Ilustración 17: Personal contratado para la realización de la encuesta, utilizando el equipo de seguridad proveído



Ilustración 18: Fotografía durante la capacitación del personal para llevar a cabo la encuesta



Ilustración 19: Carta de autorización de la municipalidad de Zaragoza, Chimaltenango que autoriza la realización de los estudios

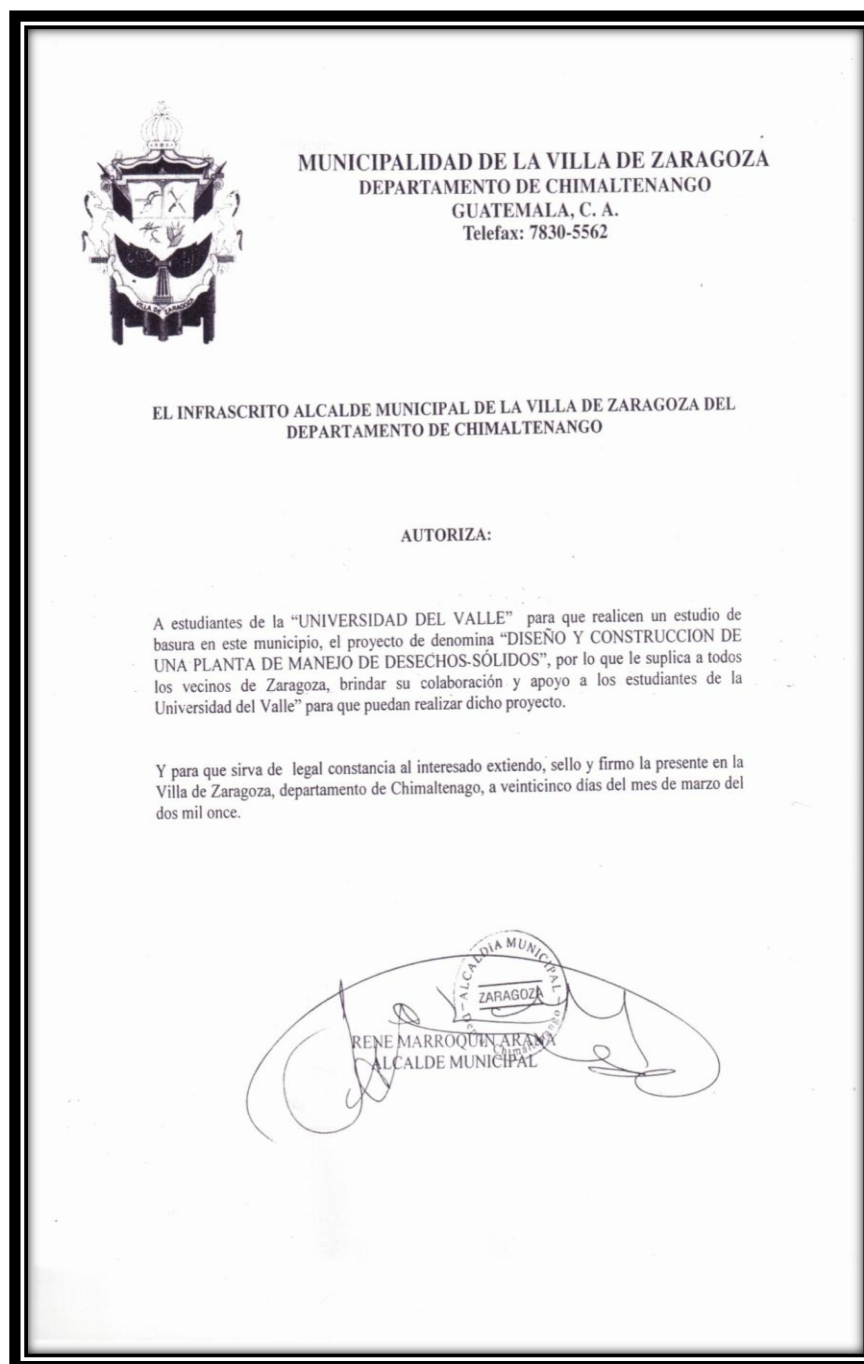


Tabla 71: Costo personal administrativo

COSTOS MESAUALES														
PERSONAL ADMINISTRATIVO	PUESTO	CANTIDAD	DÍAS TRABAJADOS	SUELDO ORDINARIO	HORA ORDINARIA	HORAS EXTRAS	SUELDO EXTRA	HORA EXTRA ORDINARIA	SUELDO EXTRA ORDINARIO	SÉPTIMO DÍA	BONIFICACIÓN INCENTIVO	TOTAL MES	SUELDO AFECTO	IGSS Laboral
	Secretaria	1	22	Q 2,500.00	Q 14.20	0	Q -	0	Q -	Q 333.33	Q 250.00	Q2,750.00	Q2,500.00	Q 120.75
	Encargado de planta	1	22	Q 10,000.00	Q 56.82	0	Q -	0	Q -	Q 1,333.33	Q 250.00	Q 10,250.00	Q 10,000.00	Q 483.00
	Mantenimiento	1	22	Q 1,937.54	Q 11.01	0	Q -	0	Q -	Q 258.34	Q 250.00	Q2,187.54	Q1,937.54	Q 93.58
	TOTAL PERSONAL	3												

CUOTAS PATRONALES			CUOTAS PATRONALES								
IGSS Patronal (10.67%)	CUOTA IRTRA (1%)	INTECAP (1%)	VACACIONES (4.17%)	AGUINALDO (8.33%)	BONO 14 (8.33%)	INDEMNIZACIÓN (8.33%)	CAPACITACIONES (8.33%)	SUELDO ANUAL	COSTOS UNA PERSONA	COSTO ANUAL	COSTOS TOTALES
Q 266.75	Q 25.00	Q 25.00	Q 104.25	Q 208.25	Q 208.25	Q 208.25	Q 208.25	Q 37,998.00	Q 3,883.25	Q 46,599.00	Q 46,599.00
Q 1,067.00	Q 100.00	Q 100.00	Q 417.00	Q 833.00	Q 833.00	Q 833.00	Q 833.00	Q 142,992.00	Q 14,783.00	Q 177,396.00	Q 177,396.00
Q 206.74	Q 19.38	Q 19.38	Q 80.80	Q 161.40	Q 161.40	Q 161.40	Q 161.40	Q 30,124.01	Q 3,065.83	Q 36,789.92	Q 36,789.92
										TOTAL ANUAL	Q 260,784.92

Tabla 72: Costo personal de planta

COSTOS MENSUALES														
PERSONAL DE PLANTA	PUESTO	CANTIDAD	DÍAS TRABAJADOS	SUELDO ORDINARIO	HORA ORDINARIA	HORAS EXTRAS	SUELDO EXTRA	HORA EXTRA ORDINARIA	SUELDO EXTRA ORDINARIO	SÉPTIMO DÍA	BONIFICACIÓN INCENTIVO	TOTAL MES	SUELDO AFECTO	IGSS Laboral
	Supervisor de líneas	3	22	Q 3,500.00	Q 19.89	0	Q -	0	Q -	Q 466.67	Q 250.00	Q 3,750.00	Q 3,500.00	Q 169.05
	Operarios línea compostaje	5	22	Q 2,200.00	Q 12.50	0	Q -	0	Q -	Q 293.33	Q 250.00	Q 2,450.00	Q 2,200.00	Q 106.26
	Operarios línea PET	5	22	Q 2,200.00	Q 12.50	0	Q -	0	Q -	Q 293.33	Q 250.00	Q 2,450.00	Q 2,200.00	Q 106.26
	Operarios línea papel	5	22	Q 2,200.00	Q 12.50	0	Q -	0	Q -	Q 293.33	Q 250.00	Q 2,450.00	Q 2,200.00	Q 106.26
	Auxiliares	10	22	Q 1,937.54	Q 11.01	0	Q -	0	Q -	Q 258.34	Q 251.00	Q 2,188.54	Q 1,937.54	Q 93.58
	Auxiliares vidrio	4	22	Q 1,937.54	Q 11.01	0	Q -	0	Q -	Q 258.34	Q 251.00	Q 2,188.54	Q 1,937.54	Q 93.58
	Mantenimiento	2	22	Q 2,200.00	Q 12.50	0	Q -	0	Q -	Q 293.33	Q 250.00	Q 2,450.00	Q 2,200.00	Q 106.26
	Limpieza	4	22	Q 1,937.54	Q 11.01	0	Q -	0	Q -	Q 258.34	Q 250.00	Q 2,187.54	Q 1,937.54	Q 93.58
	Clasificación inicial	8	22	Q 1,937.54	Q 11.01	0	Q -	0	Q -	Q 258.34	Q 250.00	Q 2,187.54	Q 1,937.54	Q 93.58
	Despacho final	8	22	Q 1,937.54	Q 11.01	0	Q -	0	Q -	Q 258.34	Q 250.00	Q 2,187.54	Q 1,937.54	Q 93.58
	TOTAL PERSONAL	54												

Tabla 73: Costo personal de planta (continuación)

CUOTAS PATRONALES			CUOTAS PATRONALES									
IGSS Patronal (10.67%)	CUOTA IRTRA (1%)	INTECAP (1%)	VACACIONES (4.17%)	AGUINALDO (8.33%)	BONO 14 (8.33%)	INDEMNIZACIÓN (8.33%)	CAPACITACIONES (8.33%)	SUELDO ANUAL	COSTOS UNA PERSONA	COSTO ANUAL	COSTOS TOTALES	
Q 373.45	Q 35.00	Q 35.00	Q 145.95	Q 291.55	Q 291.55	Q 291.55	Q 291.55	Q 51,997.20	Q 5,336.55	Q 64,038.60	Q 192,115.80	
Q 234.74	Q 22.00	Q 22.00	Q 91.74	Q 183.26	Q 183.26	Q 183.26	Q 183.26	Q 33,798.24	Q 3,447.26	Q 41,367.12	Q 206,835.60	
Q 234.74	Q 22.00	Q 22.00	Q 91.74	Q 183.26	Q 183.26	Q 183.26	Q 183.26	Q 33,798.24	Q 3,447.26	Q 41,367.12	Q 206,835.60	
Q 234.74	Q 22.00	Q 22.00	Q 91.74	Q 183.26	Q 183.26	Q 183.26	Q 183.26	Q 33,798.24	Q 3,447.26	Q 41,367.12	Q 206,835.60	
Q 206.74	Q 19.38	Q 19.38	Q 80.80	Q 161.40	Q 161.40	Q 161.40	Q 161.40	Q 30,136.01	Q 3,066.83	Q 36,801.92	Q 368,019.23	
Q 206.74	Q 19.38	Q 19.38	Q 80.80	Q 161.40	Q 161.40	Q 161.40	Q 161.40	Q 30,136.01	Q 3,066.83	Q 36,801.92	Q 147,207.69	
Q 234.74	Q 22.00	Q 22.00	Q 91.74	Q 183.26	Q 183.26	Q 183.26	Q 183.26	Q 33,798.24	Q 3,447.26	Q 41,367.12	Q 82,734.24	
Q 206.74	Q 19.38	Q 19.38	Q 80.80	Q 161.40	Q 161.40	Q 161.40	Q 161.40	Q 30,124.01	Q 3,065.83	Q 36,789.92	Q 147,159.69	
Q 206.74	Q 19.38	Q 19.38	Q 80.80	Q 161.40	Q 161.40	Q 161.40	Q 161.40	Q 30,124.01	Q 3,065.83	Q 36,789.92	Q 294,319.38	
Q 206.74	Q 19.38	Q 19.38	Q 80.80	Q 161.40	Q 161.40	Q 161.40	Q 161.40	Q 30,124.01	Q 3,065.83	Q 36,789.92	Q 294,319.38	
										TOTAL ANUAL	Q 2,146,382.21	