



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS POR MEDIO DE OXIDACIÓN TÉRMICA, EN EL  
CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO**

**Edgar Leonel Escobar Marroquín**

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, enero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS POR MEDIO DE OXIDACIÓN TÉRMICA, EN EL  
CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**EDGAR LEONEL ESCOBAR MARROQUÍN**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ENERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

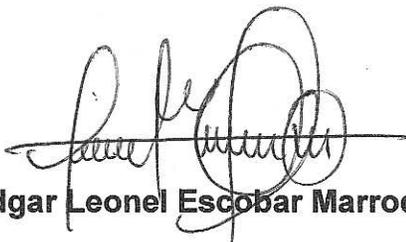
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford de Hernández
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS POR MEDIO DE OXIDACIÓN TÉRMICA, EN EL  
CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 25 de febrero de 2011.



**Edgar Leonel Escobar Marroquín**

Guatemala, 21 de Septiembre de 2011

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Director de Escuela Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Señor Director:

Por este medio informo, como Asesor del estudiante Edgar Leonel Escobar Marroquín, quien se identifica con número de carné universitario 2006-11098 de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, tuve a bien revisar el trabajo de Graduación con el tema: **“ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS POR MEDIO DE OXIDACIÓN TÉRMICA, EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO”**, el cual a mi criterio cumple con los requerimientos de un trabajo de esta índole.

Sin otro particular, me suscribo de Usted

Atentamente,



*Carlos Humberto Pérez Rodríguez*  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL  
Colegiado 3071

**CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ**

Ingeniero Mecánico Industrial

Colegiado No. 307



REF.REV.EMI.086.012

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS POR MEDIO DE OXIDACIÓN TÉRMICA, EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Leonel Escobar Marroquín**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



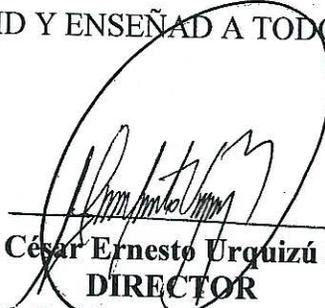
Guatemala, mayo de 2012.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS POR MEDIO DE OXIDACIÓN TÉRMICA, EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Leonel Escobar Marroquín**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2013.

/mgp

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 015.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS POR MEDIO DE OXIDACIÓN TÉRMICA, EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario: **Edgar Leonel Escobar Marroquin**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 22 de enero de 2013

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por la sabiduría, por guiarme, protegerme y acompañarme en el camino para poder alcanzar una meta más en mi vida.
- Mis padres** Olga Marina Marroquín Pérez y Rolando Antonio Escobar Recinos, seres a los que debo su esfuerzo, inmenso amor, dedicación en todo lo que realizan y apoyo que incondicionalmente me han brindado.
- Mi hermano** Pedro Escobar, por ser un ejemplo durante estos veinticuatro años y por el apoyo incondicional que me ha brindado.
- Mis abuelos** Por ser un ejemplo vivo de una familia unida, por su amor y sabios consejos.
- Mi abuela** Elsira (q.e.p.d.) por guiarme, aconsejarme, pero sobre todo confiar en mí siempre y dedico este logro a ella que está a mi lado, porque nunca se ha ido y nunca se irá.
- Mis tíos** Por su apoyo en todo momento, cariño y cuidado durante toda mi vida, especialmente a Leonel Escobar (q.e.p.d.) por ser un ejemplo de vida y lucha para toda mi familia.

- Mis primos** Por todos los momentos felices que hemos compartido, por el cariño brindado, para que esto sea un ejemplo y puedan alcanzar sus metas.
- Mi familia** Por su gran apoyo.
- Amigos y amigas** Por todo el cariño, por todas las alegrías que hemos vivido juntos y por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida.
- Compañeros** Por su amistad brindada en todos los momentos de lo que fue nuestra vida estudiantil.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Alma mater
<b>La Facultad de Ingeniería</b>	Por ser una fuente de sabiduría y conocimientos.
<b>Mis catedráticos</b>	Por brindar sus conocimientos y en especial a los que se merecen ser un ejemplo a seguir para todos nosotros estudiantes y profesionales.
<b>Ingeniero Carlos Humberto Pérez Rodríguez</b>	Por su valiosa amistad, por compartir sus conocimientos, apoyo y por su valiosa asesoría.
<b>La Municipalidad de Chimaltenango</b>	Por la colaboración prestada en la realización de este trabajo.





	2.1.1.3.	Desechos de los servicios municipales.....	17
	2.1.1.4.	Desechos industriales.....	18
	2.1.1.5.	Desechos agrícolas.....	18
	2.1.2.	Composición de los desechos sólidos.....	18
	2.1.3.	Materiales recuperables.....	19
2.2.		Análisis de la demanda .....	19
	2.2.1.	Análisis de la proyección .....	21
	2.2.2.	Características de la población demandante .....	21
	2.2.3.	La demanda actual .....	22
	2.2.3.1.	Distribución geográfica de la demanda.....	23
	2.2.3.2.	Volúmenes de basura	
	2.2.3.3.	Producción promedio diaria de basura.....	24
	2.2.3.4.	Volúmenes de basura por año.....	24
	2.2.4.	La demanda futura.....	25
2.3.		Análisis de la oferta .....	27
	2.3.1.	Definición .....	27
	2.3.2.	Desarrollo histórico de la oferta .....	27
	2.3.3.	Características de la oferta .....	28
	2.3.3.1.	Situación actual de la oferta.....	28
	2.3.3.2.	Participación en el mercado.....	29
	2.3.3.3.	Situación futura de la oferta.....	29
2.4.		Parámetros de una red de recolección selectiva de desechos sólidos.....	30
	2.4.1.	Situación de los puntos de recolección.....	30
	2.4.2.	Dimensiones de los puntos de recolección.....	31

2.4.3.	Trazado de itinerario .....	33
2.5.	Comercialización del producto obtenido del proceso de oxidación térmica.....	35
2.5.1.	Producto.....	35
2.5.2.	Plaza .....	39
2.5.3.	Precio.....	40
2.5.4.	Promoción .....	41
3.	ESTUDIO TÉCNICO .....	43
3.1.	Tamaño del proyecto .....	43
3.1.1.	Horizonte de diseño del proyecto.....	43
3.1.2.	Consideraciones del volumen, proporcionados por la demanda .....	44
3.2.	Ingeniería de proyecto .....	44
3.2.1.	Estado inicial .....	45
3.2.2.	Proceso de transformación .....	46
3.2.2.1.	Definición del proceso de oxidación térmica.....	49
3.2.2.2.	Diagrama del proceso de oxidación térmica.....	51
3.2.3.	Estado final del producto.....	53
3.3.	Análisis de la capacidad de producción.....	55
3.4.	Especificaciones técnicas de la maquinaria .....	56
3.5.	Localización del proyecto .....	59
3.5.1.	Macro localización.....	60
3.5.1.1.	Área total.....	60
3.5.1.2.	Colindancias.....	60
3.5.1.3.	Vías de acceso.....	60
3.5.2.	Micro localización.....	61

	3.5.2.1.	Abastecimiento de agua.....	62
	3.5.2.2.	Energía eléctrica.....	63
3.6.		Distribución de la planta.....	64
	3.6.1.	Área administrativa.....	66
	3.6.2.	Área de producción.....	67
	3.6.3.	Área de carga y descarga.....	67
	3.6.4.	Área de servicio.....	68
	3.6.5.	Distribución de la maquinaria.....	69
3.7.		Cronograma.....	70
4.		ESTUDIO LEGAL Y ADMINISTRATIVO.....	73
	4.1.	Figura legal.....	73
	4.2.	Aspectos legales y fiscales.....	74
	4.3.	Estudio administrativo.....	80
	4.3.1.	Calculo del personal necesario.....	81
	4.3.2.	Planilla de salarios del personal.....	82
	4.3.3.	Organigrama general.....	84
	4.3.4.	Descripción y perfil de puestos.....	84
	4.4.	Resumen estudio legal y administrativo.....	94
5.		ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	95
	5.1.	Identificación y valoración de los impactos.....	95
	5.1.1.	Impactos positivos.....	96
	5.1.2.	Impactos negativos.....	97
	5.2.	Control ambiental.....	99
	5.2.1.	Manejo y destino final de los residuos que serán generados.....	99
	5.2.1.1.	Residuos líquidos.....	99
	5.2.1.2.	Residuos sólidos.....	99

5.2.2.	Emisiones a la atmosfera .....	100
5.2.3.	Descarga de aguas residuales .....	100
5.2.4.	Ruidos .....	100
5.2.5.	Contaminación visual .....	100
5.3.	Medidas de mitigación .....	101
5.3.1.	Reutilización de componentes .....	102
5.3.2.	Restauración y mejora de suelos .....	103
5.3.3.	Preservación de aéreas verdes circundantes .....	105
5.4.	Programa de contingencia y prevención de accidentes .....	106
6.	ESTUDIO ECONÓMICO – FINANCIERO .....	115
6.1.	Costo general del proyecto .....	115
6.1.1.	Costo de la inversión .....	120
6.1.1.1.	Gastos .....	120
6.1.1.2.	Activos fijos .....	120
6.1.1.3.	Capital de trabajo .....	128
6.1.2.	Costos anuales .....	130
6.1.2.1.	Costos de mano de obra .....	131
6.1.2.2.	Costos de mantenimiento .....	132
6.1.2.3.	Costos de operación .....	133
6.1.2.4.	Costos de insumos .....	134
6.1.3.	Proyección de los ingresos .....	135
6.1.2.5.	Proyección por venta de materiales obtenidos del proceso .....	137
6.1.2.6.	Proyección por total de ingresos .....	138
6.1.4.	Financiamiento .....	139
6.2.	Evaluación financiera .....	141

6.2.1.	Valor Presente Neto .....	141
6.2.2.	Tasa Interna de Retorno .....	141
6.2.3.	Relación beneficio costo .....	142
CONCLUSIONES.....		145
RECOMENDACIONES.....		147
BIBLIOGRAFÍA.....		149
APÉNDICES.....		151
ANEXOS.....		161

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Distribución geográfica de la demanda.....	23
2.	Factor temperatura.....	47
3.	Residuos vitrificados a partir del plasma.....	48
4.	Demostración de reducción del volumen de los desechos .....	49
5.	Proceso del sistema de oxidación térmica .....	52
6.	Sistemas auxiliares .....	53
7.	Micro localización 1 .....	61
8.	Micro localización 2.....	62
9.	Distribución de planta.....	66
10.	Distribución de maquinaria.....	69
11.	Cronograma de inversión.....	72
12.	Planilla del personal para la planta de tratamiento.....	83
13.	Organigrama de la planta de tratamiento.....	84
14.	Perfil del puesto de asesor externo.....	85
15.	Perfil del puesto de jefe de planta.....	86
16.	Perfil del puesto de jefe de producción.....	87
17.	Perfil del puesto de jefe de comunicación.....	88
18.	Perfil del puesto de secretaria.....	89
19.	Perfil del puesto de guardia de seguridad.....	90
20.	Perfil del puesto de recolector.....	91
21.	Perfil del puesto de personal de disposición final.....	92
22.	Perfil del puesto de comunicadores.....	93
23.	Etapas para la restauración de suelos.....	104

24.	Activos (A).....	126
25.	Activos (B).....	127
26.	Costos anuales de mano de obra.....	131
27.	Costos anuales de mantenimiento.....	132
28.	Costos anuales de operación.....	133
29.	Costos anuales de insumos.....	134
30.	Proyección de los ingresos.....	136
31.	Proyección por venta de materiales.....	137
32.	Proyección total de los ingresos.....	138
33.	Análisis de VPN, TIR y relación beneficio-costo.....	143

## TABLAS

I.	Total de viviendas.....	1
II.	Población total.....	2
III.	Población económicamente activa.....	2
IV.	Población económicamente inactiva.....	2
V.	Población por grupo étnico.....	2
VI.	Manejo y transporte de desechos sólidos.....	6
VII.	Forma de eliminar la basura.....	7
VIII.	Población por grupos de edad.....	10
IX.	Población por pertenencia étnica.....	10
X.	Hogares económicamente activos según área geográfica.....	11
XI.	Asistencia a centros educativos.....	11
XII.	Causa de inasistencia escolar.....	11
XIII.	Hogares según tipo de vivienda.....	12
XIV.	Población según sexo.....	12
XV.	Población según nivel de escolaridad.....	12
XVI.	Población alfabeta.....	13
XVII.	Población según tipo de hogares.....	13

XVIII.	Población según estado conyugal.....	13
XIX.	Hogares según tipo de ocupación.....	14
XX.	Hogares según tipo de local.....	14
XXI.	Estimación de la basura domiciliar toneladas diarias.....	24
XXII.	Estimación de la basura domiciliar toneladas por año.....	25
XXIII.	Proyección de basura diaria.....	26
XXIV.	Especificaciones técnicas del horno rotativo.....	56
XXV.	Especificaciones técnicas del recuperador de CO <sub>2</sub> .....	57
XXVI.	Especificaciones técnicas del sistema de condensado .....	58
XXVII.	Especificaciones técnicas del sistema de oxidación térmica.....	59
XXVIII.	Consumo de agua potable.....	63
XXIX.	Demanda de energía eléctrica.....	64
XXX.	Personal requerido para la planta de tratamiento.....	81
XXXI.	Riesgo de mercado para empresas dedicadas al tratamiento de desechos sólidos.....	140



## **GLOSARIO**

<b>Accidente laboral</b>	Cualquier suceso no esperado que origina pérdidas de salud o lesiones a los trabajadores.
<b>Aguas residuales</b>	Son aquellas procedentes de actividades domésticas, comerciales, industriales y agropecuarias que presentan características físicas, químicas o biológicas que causen daño a la calidad del agua, suelo, flora, fauna y a la salud humana.
<b>Ambiente</b>	Es el sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con los individuos y con la comunidad en la que viven determinando su relación y supervivencia.
<b>Capital de trabajo</b>	Activos circulantes que representan la porción de la inversión que circula de una forma a otra en la conducción ordinaria de la empresa. Inversión que debe hacerse para que la planta de tratamiento de desechos sólidos empiece a funcionar, este costo debe cubrirse durante el tiempo necesario, hasta que pueda tener ingresos y sea sostenible.

<b>Capm (<i>capital asset pricing model</i>)</b>	Modelo para evaluación de activos de capital, el cual indica que la tasa exigida de rentabilidad es igual a la tasa libre de riesgo, más una prima por el riesgo.
<b>Ciclo de Rankine</b>	Es un ciclo termodinámico que tiene como objetivo la conversión de calor en trabajo, constituyendo lo que se denomina un ciclo de potencia.
<b>Cocode (consejo comunitario de desarrollo)</b>	Grupo de personas organizadas en grupos para proponer y solicitar las mejoras de su colonia, aldea, caserío, etc.; evaluadas como prioridad y dirigidas a la municipalidad local.
<b>Contaminación</b>	La presencia y/o introducción de elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna, o que degrade la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general.
<b>Decreto ley</b>	Disposición de carácter legislativo que, sin ser sometido a órgano adecuado, se promulga por el poder ejecutivo, en virtud de alguna excepción circunstancial o permanente, previamente determinada.

<b>Demanda</b>	La cantidad de bienes y servicios que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica a un precio determinado.
<b>Demografía</b>	Es la ciencia que tiene como objetivo el estudio de las poblaciones humanas y que trata de su dimensión, estructura, evolución y características generales.
<b>Deocsa (Distribuidora de Energía Eléctrica de Occidente, S.A.)</b>	Empresa de servicios encargada de producir, transportar y distribuir energía a todo el occidente del país.
<b>Desechos sólidos</b>	Son los materiales generados por cualquier actividad en los núcleos de población o sus zonas de influencia, ya sea doméstico o de otras actividades generadoras. Generalmente dentro de la población se le conoce como basura.
<b>Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	Es un gas incoloro, denso y poco reactivo. Las plantas lo consumen en el proceso de fotosíntesis y es transferido desde la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la tierra) a los océanos. Su ciclo en la naturaleza está vinculado al del oxígeno.

<b>Equipo</b>	Cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizada en cualquier proceso de producción.
<b>Escoria</b>	Desecho que es el resultado de la fundición de algún metal.
<b>Estructura organizacional</b>	Disposición de las líneas de responsabilidad dentro de una entidad.
<b>Impacto ambiental</b>	Cualquier alteración significativa positiva (beneficiosa) o negativa (dañina) de uno o más de los componentes bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos del ambiente.
<b>Legislación</b>	Conjunto o cuerpo de leyes que integran el derecho positivo vigente en un estado.
<b>Lixiviados</b>	Sustancia compleja formada por partes solubles e insolubles.
<b>Medida de mitigación</b>	Acción destinada a prevenir y evitar los impactos negativos ocasionados por la ejecución de un proyecto o reducir la magnitud de los que no puedan ser evitados.

<b>Oferta</b>	La cantidad de bienes o servicios que cierto número de oferentes (productores) dispone al mercado a un precio determinado.
<b>Oxidación térmica</b>	La oxidación térmica ó gasificación, es un procesos termodinámico mediante el cual, toda sustancia sólida o líquida a la que, en una atmósfera reductora, se le aporta una cantidad de energía suficiente como para romper los enlaces moleculares, se transforma en un gas de síntesis orgánico de bajo poder calorífico o bien en una lava fundida que al enfriarse se transforma en un producto vítreo inerte.
<b>Plan de contingencia</b>	Plan elaborado para contrarrestar las emergencias tales como incendios, desastres naturales, derrames de combustible, etc., que pudieran suceder durante la construcción u operación del proyecto.
<b>Proyecto</b>	Es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendente a resolver, entre muchas, una necesidad humana.

<b>Salario</b>	Retribución laboral que como cantidad mínima, se fija en los convenios colectivos de condiciones de trabajo.
<b>Tasa de descuento</b>	Representa una medida de la rentabilidad mínima que se exigirá al proyecto, según su riesgo, de manera tal que el retorno esperado permita cubrir la totalidad de la inversión inicial, los egresos de la operación, los intereses que deberán pagarse por aquella parte de la inversión financiada con préstamos y la rentabilidad que el inversionista le exige a su propio capital invertido.
<b>TIR (Tasa Interna de Retorno)</b>	Tasa de descuento en la que el valor actual esperado de los ingresos de efectivo de un proyecto igualan el valor actual esperado de los egresos de efectivo de dicho proyecto.
<b>VPN (Valor Presente Neto)</b>	Método de cálculo de flujo de efectivo que determina la utilidad o pérdida neta monetaria esperada de un proyecto. En éste método se descuentan todos los ingresos y egresos futuros esperados de efectivo al momento actual, usando la tasa requerida de rendimiento.

## RESUMEN

Este proyecto consiste en la implementación de una planta de tratamiento de desechos sólidos, que satisfaga las necesidades de manejo y tratamiento apropiado de la basura; así como de orientar a la población sobre los beneficios de un ambiente limpio.

El proceso de tratamiento de los desechos sólidos por medio de oxidación térmica, está orientado hacia la transformación de la materia orgánica e inorgánica no reciclable en una especie de escoria reduciendo así drásticamente el volumen de los desechos, además de algunos materiales inorgánicos en material para reciclaje.

El estudio de mercado permite analizar los principales factores que influyen con el producto y servicio en el mercado, se analiza la demanda a través de una encuesta que aporta datos cualitativos y cuantitativos muy importantes para la realización de este proyecto.

Para que el estudio técnico fuera efectivo se consideraron diferentes aspectos operacionales como la separación de materiales inorgánicos reciclables, y los subproductos que se pueden obtener a partir del sistema de oxidación térmica, la planta de tratamiento permitirá aprovechar al máximo lo que otros consideran desechos y que en lugar de ser eliminado completamente será procesado para asegurar la sostenibilidad del proyecto y mejorar la calidad de vida de la población.

En el estudio legal y administrativo no se perdieron de vista los aspectos legales que se relacionan con el proceso administrativo (salarios, prestaciones, contratos, etc.), por lo que se elaboró una estructura organizativa con los perfiles requeridos para el reclutamiento de personal.

Algo que se debe destacar es la formación autónoma de la administración a través de un fideicomiso de administración por medio de alguno de los bancos del sistema, quien se encargará de realizar los pagos de salarios y deudas que la entidad haya adquirido en cualquiera de sus fases, así mismo administrará los ingresos para reinversión y operación.

Se plantearon las medidas de mitigación y el plan de manejo ambiental para los posibles impactos negativos que pueda generar el proyecto. Así mismo, se elaboraron los planes de contingencia, de seguridad industrial y normas de seguridad e higiene para fortalecer la salubridad y garantizar la seguridad humana.

Todos los factores recopilados a través de los estudios anteriores, finalmente se interrelacionaron para efectuar la evaluación financiera del proyecto. Los resultados obtenidos de la evaluación de la alternativa, determinaron que no resulta ser financieramente atractiva, a pesar de que si es sostenible y supera el interés que se estableció al inicio como margen de ganancia, pero no supera la tasa de descuento en donde se toma en cuenta el riesgo en el mercado para las empresas internacionales de tratamiento de desechos sólidos.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Determinar la pre-factibilidad de la instalación de una planta de tratamiento de desechos sólidos por medio de oxidación térmica en el casco urbano del municipio de Chimaltenango.

### **Específicos**

1. Analizar por medio de un diagnóstico en el casco urbano del municipio la oferta, la demanda, precios y la comercialización de los productos obtenidos a través del proceso de oxidación térmica.
2. Evaluar las materias primas, así como los insumos auxiliares y servicios que se requieran en la producción, para conocer las características, los requerimientos, la disponibilidad y otros aspectos importantes para el proyecto de inversión.
3. Realizar un estudio de mercado para obtener, analizar y comunicar información acerca de los clientes, el producto, el precio, el mercado al que se va a dar el servicio y el tipo de distribución.
4. Realizar un estudio técnico para identificar el proceso, localización y maquinaria para la producción de los materiales reciclables y para el correcto funcionamiento de la planta.

5. Realizar un estudio de impacto ambiental para identificar e interpretar los impactos ambientales que producirá el proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que pueda ser aceptado, rechazado o modificado.
  
6. Realizar un estudio financiero para ordenar y sistematizar la información de carácter monetario de las etapas anteriores para obtener un diagnóstico actual y una predicción de los eventos futuros.

## INTRODUCCIÓN

En la última década, en el casco urbano del municipio de Chimaltenango se han establecido sistemas de control para la gestión de los desechos sólidos, prestando especial atención a las estrategias de prevención. Sin embargo, a pesar de este énfasis en la prevención, la cantidad de desechos generados ha ido en aumento. El vertimiento y la incineración, en lugar del reciclaje, siguen siendo las prácticas predominantes en la gestión de desechos.

En tal sentido, se ha desarrollado el presente trabajo dentro del municipio de Chimaltenango, llamado: Estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta de tratamiento de desechos sólidos por medio de oxidación térmica, en el casco urbano del municipio de Chimaltenango.

Por lo tanto este estudio contempla la realización de un diagnóstico de la situación actual y la implementación de un sistema de disposición final y tratamiento de los desechos sólidos, que satisfagan la necesidad de mejorar la calidad del ambiente y disminuir la proliferación de plagas y enfermedades.

En general el trabajo está compuesto de seis capítulos. El capítulo I, comprende los datos de la situación actual de los desechos sólidos del casco urbano del municipio de Chimaltenango, datos demográficos, limitaciones, estadísticas de generación de basura, entre otros.

El capítulo II, comprende el estudio de mercado, se definen los productos, oferta y demanda a lo que se refiere la gestión de desechos sólidos del casco urbano del municipio de Chimaltenango.

El capítulo III, es el estudio técnico; presenta los datos relacionados con tamaño; localización y capacidad de una planta de tratamiento de desechos sólidos; proceso de tratamiento de desechos por medio de oxidación térmica; distribución de planta; maquinaria y un cronograma de inversión que indicará el tiempo estimado del funcionamiento de la planta.

El capítulo IV, se refiere al estudio legal y administrativo, hace un análisis de la legislación guatemalteca, que puede influir directa o indirectamente en el correcto y legal funcionamiento de la planta de tratamiento de desechos sólidos. El estudio administrativo propone un organigrama y una cuantificación correcta de recurso humano necesario, las descripciones de los puestos y los perfiles necesarios.

El capítulo V, es el estudio de impacto ambiental, permite determinar e identificar los diferentes factores en materia de gestión ambiental y definir las respectivas medidas de mitigación, controles ambientales y los planes de contingencia necesarios que el proyecto pueda originar en el entorno o medio ambiente con el fin de que el proyecto cumpla con todos los estándares ambientales para su posible funcionamiento.

El capítulo VI, presenta el estudio financiero, se efectúan los cálculos de los diferentes costos e ingresos respectivos necesarios para la ejecución del proyecto. Finalmente se evaluará la aceptación o rechazo del proyecto, a través de los indicadores VPN, TIR y relación beneficio-costos.

# 1. SITUACIÓN ACTUAL DEL CASCO URBANO

En este capítulo se presentan datos de la situación actual del casco urbano del municipio, demografía, limitaciones, estadísticas de generación de basura, entre otros.

## 1.1. Información demográfica del casco urbano

La Municipalidad de Chimaltenango ha estimado que la población actual del casco urbano es del 85% del total del área urbana del municipio y de viviendas en el casco urbano, es del 80% del total de viviendas, por lo tanto los datos que se presentan en el trabajo es en base a una proporción de los datos obtenidos del INE (Instituto Nacional de Estadística) que están dados para todo el municipio.

Tabla I. **Total de viviendas**

Total locales de habitación particulares según viviendas ocupadas con personas presentes	
Lugar	Viviendas ocupadas con personas presentes
Municipio de Chimaltenango	13 649,00
Casco urbano	10 919,00

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla II. **Población total**

Municipio	Población total	Sexo		Área	
		Hombres	Mujeres	Urbana	Rural
Chimaltenango	74 077,00	36 652,00	37 425,00	62 917,00	11 160,00
Casco urbano	53 479,00	26 460,00	27 018,00	53 479,00	0

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla III. **Población económicamente activa**

Población Económicamente Activa			
Municipio	Hombre	Mujer	Total
Chimaltenango	17 072,00	7 617,00	24 689,00
Casco urbano	14 511,00	6 474,00	20 985,00

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla IV. **Población económicamente inactiva**

Población Económicamente Inactiva			
Municipio	Hombre	Mujer	Total
Chimaltenango	12 063,00	22 264,00	34 327,00
Casco urbano	10 253,00	18 924,00	29 178,00

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla V. **Población por grupo étnico**

Población total por Grupo Étnico			
Municipio	Indígena	No Indígena	Población Total
Chimaltenango	48 093,00	25 984,00	74 077,00
Casco urbano	40 879,00	22 086,00	62 965,00

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

### 1.1.1. Densidad poblacional

La densidad de población o poblacional es un indicador estadístico que mide el volumen de población con respecto al territorio, es decir, relaciona la cantidad de personas existentes en un lugar y el espacio que ocupan en el mismo. Se calcula dividiendo el número de habitantes entre el área o unidad territorial considerada, y se expresa de manera habitual en habitantes por kilómetro cuadrado ( $\text{hab}/\text{km}^2$ ), es una medida promedio. La densidad poblacional del municipio de Chimaltenango es:

$$\rho = \frac{\# \text{ de habitantes}}{\text{área}} = \rho = \frac{74\,077 \text{ habitantes}}{212 \text{ Km}^2} = 349,42 \text{ (hab/Km}^2\text{)}$$

Ya que el casco urbano ocupa un área aproximada del 60% del área total del municipio ( $127 \text{ Km}^2$ ) y una población estimada de 53 479 habitantes, entonces la densidad poblacional es:

$$\rho = \frac{\# \text{ de habitantes}}{\text{área}} = \rho = \frac{53\,479 \text{ habitantes}}{127 \text{ Km}^2} = 421,09 \text{ (hab/Km}^2\text{)}$$

Fuente: datos de acuerdo al censo oficial del INE (Instituto Nacional de Estadística) de 2002 y al Departamento de Planificación del municipio de Chimaltenango.

### 1.1.2. Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento de la población es el aumento de la población de un país o región en un período determinado, generalmente un año, expresado como porcentaje de la población al comenzar el período.

Esta tasa supone que para el final de cada año se añade un incremento a la suma original, que guarda una proporción fija con el valor de esa suma al principio de cada año.

En el municipio de Chimaltenango se puede encontrar un grado de crecimiento de la población igual al 1,044% anual según el INE (Instituto Nacional de Estadística), esto se refleja en los nuevos asentamientos, a continuación se muestran las aldeas, parcelamientos y caseríos que actualmente hay en el municipio.

- Aldeas:
  - Bola de oro
  - Buena vista
  - San Jacinto
  - Santa Isabel
  
- Parcelamiento:
  - Alameda
  
- Caseríos:
  - Cerro alto
  - El Rosario
  - San Marcos Pacoc
  - Tonajuyu Buenos Aires
  - Tonajuyu
  - Monte Cristo
  - Ciénaga Grande
  - El Socorro
  - Hierba Buena
  - San Antonio las Minas
  - El Jordán
  - Monte de los Olivos

## **1.2. Situación actual de los desechos sólidos**

En la actualidad el municipio de Chimaltenango cuenta con nueve basureros clandestinos, siendo estos:

- La Alameda sector A y B
- Km. 58 Carretera Interamericana
- Astillero Municipal
- Monte los Olivos
- Fabrica No. 2 continuo a colonia Primavera
- Camino a San Martin, aldea Ciénaga Grande
- Chuachucajay
- Comunidad San Bernardino
- Aposentos

El municipio de Chimaltenango, en especial el casco urbano, al no contar con un sistema de recolección y tratamiento adecuado para los desechos sólidos da paso a los basureros clandestinos a cielo abierto a los alrededores del mismo, generando así una cadena de problemas de mayor envergadura y difíciles de solucionar para las autoridades municipales.

### **1.2.1. Recolección**

El municipio de Chimaltenango cuenta actualmente con tres empresas recolectoras de basura, los sistemas de recolección de desechos sólidos, método de acera (recolección manual casa por casa), de esquina (recolección manual por bloques), forman la parte dentro del proceso para el manejo integral de los desechos sólidos.

Los distintos métodos de recolección que se pueden aplicar a los ya establecidos, estos dan amplias posibilidades en el buen manejo de los desechos de acuerdo a las características de las poblaciones a servir, tomando en cuenta los accesos, la distribución de las viviendas, la población a servir y la capacidad económica y de recurso humano de la empresa destinada a proporcionar el servicio.

### 1.2.2. Manejo y transporte

El manejo y el transporte domiciliario de los desechos cuenta con un servicio privado muy limitado para la población, y el servicio municipal dirige los recursos humanos y de maquinaria a la recolección y transporte de desechos en los mercados, parques, calles principales, así como instalaciones municipales.

La falta de cobertura de los servicios de recolección y transporte de desechos, combinada con los costos que implica llegar a las comunidades más lejanas, dan como resultado un incremento al riesgo que los lotes baldíos, quebradas y los accesos vecinales se conviertan en sitios de disposición final, tal como sucede actualmente en varias comunidades.

Tabla VI. **Manejo y transporte de desechos sólidos**

Lugar	Recolección	Transporte	Vehículos	Volumen (Ton)/mes
Casco urbano	Municipal	Camiones	2	544
	Privada	Camiones	3	7 547

Fuente: Departamento de Planificación del municipio de Chimaltenango, 2011.

### 1.2.3. Disposición final

El destino final de los desechos sólidos es un barranco ubicado en la 4ta. Av. final de la zona 3 de Chimaltenango, ver anexo 1. En dicho basurero no se da ningún tratamiento a los desechos, existe un grado de contaminación por el mal uso de los desechos que se llevan al lugar, a tal punto que existe una cantidad elevada de llantas, las cuales en algunos casos se queman, al mismo tiempo los desechos sólidos son quemados, y con esto se produce una columna densa de humo que se visualiza a grandes distancias.

La única información oficial y actual sobre la calidad y cobertura del servicio de aseo urbano y rural es la del Anuario Estadístico Ambiental del INE para el 2010. El censo incluyó una pregunta sobre la disposición final de basura en los hogares en las áreas urbanas y rurales y a partir de dicha formulación el análisis a nivel municipal fue desarrollado. La pregunta fue, ¿de qué forma elimina regularmente la basura?

Tabla VII. **Forma de eliminar la basura**

Forma de eliminar la basura	Censo 2010	
	Total (Ton/día)	%
Total	14 367	100%
Servicio municipal	514	3,58%
Servicio privado	7 129	49,62%
La queman	3 900	27,15%
La tiran en cualquier lugar	1 372	9,55%
La entierran	1 452	10,1%

Fuente: Anuario Estadístico Ambiental INE 2010, residuos y desechos sólidos.

Se puede observar que casi el 50% de la población utiliza servicios de extracción privada, y casi el 4% utiliza servicio de extracción municipal, con estos datos se puede suponer que ese 4% son áreas de mercado o calles, donde la gente que vive a los alrededores aprovecha el servicio municipal para botar su basura, el resto utiliza métodos que no son amigables con el medio ambiente, además, los pocos lotes baldíos que se encuentran en el casco urbano son utilizados como basureros y esto genera malestar entre los vecinos y las quejas llegan hasta las autoridades municipales.

### **1.3. Personas afectadas**

Entre las entidades, personas, instituciones y organismos que podrían verse afectadas negativamente por la supresión del problema de los residuos se puede mencionar:

- Familias que habitan basureros: la alimentación, el vestido e incluso el techo de estas familias dependen de lo que encuentran en los basureros.
- Actuales asociaciones y entidades recolectoras de residuos: implica ajustar sus procesos a nuevas leyes y normas, lo que representa inversiones y cambio a su actual modo de trabajo.

Entre las que se podrían ver afectadas positivamente se pueden mencionar:

- Empleados de la industria de manejo integral de residuos: el crecimiento y la modernización de las empresas de este sector, equivale a una mejor fuente de empleo, con mejores prestaciones y con posibilidad de desarrollo para el empleado.

- Población en general: al existir un sistema de manejo integral, es reducido considerablemente el impacto al ambiente.
- Habitantes de áreas urbanas: disminución de basureros clandestinos en las cercanías y recursos hídricos no contaminados.
- Empresas dedicadas al reciclaje de materiales: aumenta la cantidad de materiales recuperados para el reciclaje.

#### **1.4. Limitaciones para la solución**

A continuación se identifican las limitaciones que podrían afectar el desarrollo e implementación de una posible solución, considerando como restricciones, a las limitaciones ajenas posibles de modificar, y como constricciones las que no se pueden modificar.

- Constricciones:
  - El clima, la humedad y la topografía de la zona donde se implemente el proyecto.
  - Localización de comunidades en zonas geográfica y topográficamente inaccesibles.
- Restricciones:
  - Voluntad y cooperación en la separación de residuos por parte de los ciudadanos, dada su cultura.
  - Fuentes de financiamiento para las fases del proyecto.

- La obtención de terrenos para la construcción de la planta de tratamiento de desechos.
- Accesibilidad a la maquinaria adecuada y en buenas condiciones, y la existencia de equipo en el mercado para los procesos necesarios en cada función.

### 1.5. Información estadística

Los datos que se presentan a continuación son fuente del INE (Instituto Nacional de Estadística) censos 2002: XI de Población y VI de Habitación Guatemala. Y representan al municipio de Chimaltenango.

Tabla VIII. **Población por grupos de edad**

Población total por grupos de edad							
Municipio	0 a 6	7 a 14	15 a 17	18 a 59	60 a 64	65 y Más	Total
Chimaltenango	15 061	15 697	4 821	34 657	1 094	2 747	74 077

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla IX. **Población por pertenencia étnica**

Población por pertenencia étnica					
Municipio	Maya	Xinka	Garífuna	Ladino	Otro
Chimaltenango	47 738	18	12	26 035	274

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla X. **Hogares económicamente activos según área geográfica**

Hogares que tienen actividad económica según área geográfica		
Municipio	Urbana	Rural
Chimaltenango	179	109

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla XI. **Asistencia a centros educativos**

Asistencia a un establecimiento de educación según tipo de asistencia				
Municipio	Publico	Privado	No Asistió	Total
Chimaltenango	15 886	4 898	38 232	59 016

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla XII. **Causa de inasistencia escolar**

Causa de inasistencia escolar (población de 7 a 14 años de edad) por tipos de inasistencia	
Municipio	Chimaltenango
Falta de dinero	387
Trabajo	89
No hay escuela	9
Padres no quieren	58
Quehaceres del hogar	63
No le gusta, no quiere Ir	365
Ya termino sus estudios	10
Otra	340
Total	1 321

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla XIII. **Hogares según tipo de vivienda**

Hogares según condición de tenencia del local de habitación particular.					
Municipio	En propiedad	En alquiler	Cedido	Otro	Total
Chimaltenango	11 384	1 898	943	142	14 367

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla XIV. **Población según sexo**

Población de 7 Años y más según sexo			
Municipio	Hombre	Mujer	Total
Chimaltenango	29 135	29 881	59 016

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla XV. **Población según nivel de escolaridad**

Población de 7 años y más según nivel de escolaridad	
Municipio	Chimaltenango
Ninguno	10 788
Preprimaria	513
Primaria 1 - 3 Grado	15 066
Primaria 4 - 6 Grado	16 310
Media 1 - 3 Grado	6 827
Media 4 - 7 Grado	7 047
Superior	2 465
Total	59 016

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla XVI. **Población alfabeta**

Población Alfabeta de 7 años y más de edad según sexo			
Municipio	Hombre	Mujer	Total
Chimaltenango	25 078	22 876	47 954

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla XVII. **Población según tipo de hogares**

Población en locales de habitación según tipos de locales				
Municipio	Particulares	Colectivos	Sin Local	Total
Chimaltenango	73 148	927	2	74 077

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla XVIII. **Población según estado conyugal**

Estado conyugal (Población de 12 años y más de edad)						
Municipio	Unidos	Casados	Divorciado(a) o Separado(a)	Viudos	Solteros	Total
Chimaltenango	6 409	19 426	903	1 661	20 759	49 158

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla XIX. **Hogares según tipo de ocupación**

Locales de habitación particulares (viviendas) según condiciones de ocupación	
Municipio	Chimaltenango
Ocupados con personas presentes	13 649
Ocupados con personas ausentes	188
Ocupados de uso temporal	220
Total ocupados	14 057
Desocupados para alquilar o vender	616
Desocupados en construcción o reparación	746
Desocupados abandonados	588
Total desocupados	1 950

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla XX. **Hogares según tipo de local**

Total locales de habitación particulares (viviendas) según tipo de local	
Municipio	Chimaltenango
Casa formal	14 769
Apartamento	121
Cuarto en casa de vecindad (palomar)	80
Rancho	280
Casa improvisada	664
Otro	93
Total locales de habitación particulares (viviendas)	16 007

Fuente: censo 2002 INE (Instituto Nacional de Estadística).

## **2. ESTUDIO DE MERCADO**

En este capítulo se presentan y analizan datos relevantes para la situación que afronta la actual administración municipal, además se definen los productos, oferta y demanda de la gestión de desechos sólidos.

### **2.1. Descripción del producto**

Es importante describir los productos que se clasificarán y se reprocesarán, es por ello que a continuación se definirán los tipos de producto que se clasificarán para su reproceso y su posible reutilización.

#### **2.1.1. Origen y clasificación de los desechos**

Se define desecho como cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse. Los orígenes de los desechos sólidos en un casco urbano están, en general relacionados con el uso del suelo y su localización. Aunque pueden desarrollarse un número variable de clasificaciones sobre los orígenes, se diferencian por: 1) domésticos y comerciales, 2) institucionales, 3) de los servicios municipales, 4) industriales y 5) agrícolas.

##### **2.1.1.1. Desechos domésticos y comerciales**

Consisten en desechos sólidos orgánicos (combustibles) e inorgánicos (incombustibles) de zonas residenciales y de establecimientos comerciales.

La fracción orgánica de los desechos sólidos domésticos y comerciales está formada por materiales como residuos de comida, papel de todo tipo, cartón, plásticos de todos los tipos, textiles, goma, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica está formada por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio, metales férreos, suciedad.

Si los componentes de los desechos no se separan cuando se desechan, entonces la mezcla de estos desechos se conoce como desechos domésticos y comerciales no seleccionados.

Los desechos especiales incluyen:

- Artículos voluminosos, que son artículos domésticos comerciales e industriales grandes ya sean gastados o rotos, tales como muebles, lámparas, archivadores, etc.
- Electrodomésticos de consumo, incluyendo artículos gastados o rotos ya no queridos, como radios, estéreos, televisores, etc.
- Productos de línea blanca, como los grandes electrodomésticos comerciales, domésticos o industriales gastados o rotos como lavadoras, lavavajillas, refrigeradoras, secadoras, etc.
- Productos de línea gris como computadoras, monitores, impresoras, fotocopadoras, etc.

Las principales fuentes de baterías son las viviendas y los talleres mecánicos. Las baterías domésticas pueden ser alcalinas, de mercurio, plata, cinc, níquel y cadmio.

Los materiales contenidos en las baterías domésticas pueden causar contaminación de las aguas subterráneas, también pueden contaminar las emisiones gaseosas y las cenizas de instalaciones de incineración de desechos.

La principal fuente de aceites usados es en la revisión de los carros. El aceite no recogido para el reciclaje, suele ser tirado al suelo o a los drenajes contaminando las aguas y suelo. Si se deposita en el mismo contenedor junto a otros desechos, los contamina e impide su reciclaje.

Los neumáticos no se compactan bien, su evacuación es un proceso costoso y ocupa mucho espacio ya que no se puede compactar. Provoca problemas estéticos y pueden ser causa de incendios difíciles de extinguir.

#### **2.1.1.2. Desechos institucionales**

Las fuentes incluyen centros administrativos, escuelas, cárceles y hospitales, excluyendo a los desechos de fabricación de las industrias y los desechos sanitarios de los hospitales. En la mayoría de los hospitales, los desechos sanitarios son manipulados y procesados separadamente de los otros desechos.

#### **2.1.1.3. Desechos de los servicios municipales**

Derivan de las operaciones de mantenimiento de las instalaciones municipales, incluyendo desechos barridos de las calles, mercados, desechos de jardinería, animales muertos y vehículos abandonados. Por la dificultad de una ubicación en el lugar de generación se denominan desechos de orígenes difusos.

#### **2.1.1.4. Desechos industriales**

Incluye los desechos establecidos en los procesos industriales y cualquiera de los residuos peligrosos que pudiesen ser generados.

#### **2.1.1.5. Desechos agrícolas**

Los desechos que se obtienen de las actividades relacionadas con la agricultura se llaman desechos agrícolas. La gestión de los mismos no es responsabilidad de las administraciones locales, sin embargo en muchas zonas, la eliminación del estiércol animal se ha convertido en un problema crítico, sobre todo en la ganadería intensiva y los centros lecheros.

### **2.1.2. Composición de los desechos sólidos**

La composición de los desechos sólidos depende básicamente de los siguientes factores:

- Modo y nivel de vida de la población: el consumo de productos alimenticios ya preparados hace que aumente el contenido de envases y embalajes de todo tipo, pero por otra parte se produce una disminución de restos vegetales, carnes y grasas, por emplearse como alimento animal o fertilizante orgánico. El mayor uso del gas y la electricidad hace disminuir el contenido de escorias y cenizas de los desechos.
- Climatología general de la zona y estacionalidad: los desechos recogidos en verano presentan un mayor contenido de restos de frutas y verduras, mientras que las escorias y cenizas procedentes de las calefacciones domésticas por medio de leña aumentan en invierno.

Se debe tener en cuenta a la hora de diseñar los sistemas de tratamiento que la mitad, como mínimo, del total de los desechos urbanos está constituida por desechos orgánicos procedentes de restos alimenticios.

### **2.1.3. Materiales recuperables**

El conocimiento de los materiales potencialmente recuperables dentro de los desechos sólidos, es importante para el manejo de la generación de estudios. Los materiales más comunes que son susceptibles de recuperar son aluminio, papel, plásticos, vidrio, metales férreos, metales no férreos, desechos de jardín y desechos de la construcción y de la demolición.

## **2.2. Análisis de la demanda**

Identificando un problema o una necesidad social, es necesario su análisis para conocer adecuadamente a la población asociada a dicha necesidad y determinar el tipo y cantidad del producto (bienes o servicios) requerido para su satisfacción, para lo cual se presenta el estudio de mercado.

Para este estudio, se utilizó el muestreo aleatorio basándose en el censo de vivienda, de una investigación de campo. Los componentes de la investigación de campo incluyeron entrevistas y encuestas. Para determinar el número de encuestas se realizó un plan de muestreo. El plan de muestreo utilizado, consistió en un muestreo aleatorio simple, ya que se seleccionó una muestra de tamaño  $n$  de una población de  $N$  unidades.

El método seleccionado también consideraba un tamaño muestral idóneo, que permite comprobar la seguridad y precisión fijadas.

Específicamente, la población objeto del estudio fue el número de viviendas del casco urbano del municipio de Chimaltenango, ya que éstos serán los parámetros que se utilizarán para determinar las dimensiones y características del proyecto.

El procedimiento fue el siguiente:

n= Tamaño de la muestra

N= 10 919 viviendas

Z= Nivel de confianza al 95% ó  $\alpha=0.05 = 1,96$

p= Prevalencia esperada del parámetro a evaluar =0,5

q= (1-p) = 0,5

i= 10% (Error que se prevé cometer)

Tamaño de la muestra de casas del casco urbano de Chimaltenango:

$$n = Z^2 \frac{Npq}{i^2 (N - 1) + (Z^2 pq)}$$
$$n = 1,96^2 \frac{(10\ 919)(0,5)(0,5)}{0,10^2 (10\ 919 - 1) + ((1,96)^2(0,5)(0,5))}$$

Al sustituir los valores tenemos como resultado:

$$n = 95 \text{ viviendas}$$

Este cálculo determinó que se deben de encuestar a 95 viviendas al azar en el casco urbano del municipio de Chimaltenango, sin embargo por motivos prácticos se encuestaron a 100 viviendas y la distribución de las encuestas fue proporcional a la cantidad de habitantes en cada una de sus zonas, cumpliendo con conocer la opinión del 100% de la población del casco urbano.

### **2.2.1. Análisis de la proyección**

Será necesario realizar una proyección del nivel de demanda total por el servicio bajo estudio. El crecimiento de la demanda en el tiempo se produce por dos motivos: por una parte, el crecimiento de la población provoca un aumento en la demanda total; por otra parte, el consumo individual (per cápita o por familia) generalmente también aumenta en el tiempo, pudiendo incrementarse durante todo el proyecto.

Por lo tanto, la proyección de la demanda implica calcular la demanda total para cada uno de los períodos  $t$  que se desea proyectar la demanda, en este caso son 10 años de evaluación.

De ahí se desprende que su estudio sea de vital importancia para justificar una posible inversión ya que la misma está muy interrelacionada con el objetivo básico del proyecto y con la determinación de su tamaño.

### **2.2.2. Características de la población demandante**

Conocer las características de la población permitirá prestarles un mejor servicio, estableciendo la estrategia a seguir para que se cubran sus necesidades y que el proyecto sea amigable con la comunidad. Lo referente a estas características se determinó por medio de la encuesta hecha en el casco urbano del municipio y se complementó con la información recopilada en la monografía del municipio investigada por la municipalidad y datos estadísticos del INE (Instituto Nacional de Estadística).

El promedio de edad para la población masculina es de 27,33 años, mientras que para la femenina es de 29,22 años.

La educación en la población del municipio, está caracterizada como se presenta a continuación: el 65.10% de la población sabe leer y escribir de los cuales el 65.05% tiene nivel primario, el 28.76% nivel medio y el 5.11% nivel superior.

El 34,90% de la población es analfabeta, de los cuales el 43,17% son hombres adultos, el 26,55% son mujeres adultas, el 18,95% son niños y el 11,33% son niñas.

El estado civil poblacional es: el 42,23% de la población es soltera, mientras el 39,52% es casada, el 13,03% es unido de hecho y el 5,22% se distribuye entre los viudos y divorciados.

Las religiones que más se profesan son la católica y la evangélica distribuida de la siguiente forma 50,44% de la población pertenece a la religión católica, el 38,45% evangélica y el 11,11% se distribuye entre otras religiones y no profesan ninguna.

En cuanto a disposición de pago la mayoría que representa el 59% actualmente paga Q. 25,00 mensuales, un 22% paga Q20,00, el 17% paga Q 15,00; el 2% paga Q. 30,00 y por último nadie estaría dispuesto a pagar más de Q. 30,00 por el servicio. Para saber más sobre los resultados de la encuesta ver el apéndice 1 de esta investigación.

### **2.2.3. La demanda actual**

Por demanda actual se define tanto a todas las viviendas que gozan de un servicio de extracción de basura como a las que no, esencialmente a toda la población del casco urbano que genera basura ya que se pretende llegar a prestar un servicio a todo el casco urbano del municipio.

A través de las encuestas, investigación de campo y estadísticas, se logró determinar la información necesaria, que permitiría calcular los volúmenes de basura generados en el casco urbano del municipio de Chimaltenango. En la figura 1 se puede observar la distribución geográfica de la demanda actual.

### 2.2.3.1. Distribución geográfica de la demanda

La demanda se distribuye geográficamente en el casco urbano del municipio.

Figura 1. Distribución geográfica de la demanda



Fuente: Departamento de Planificación del municipio de Chimaltenango año 2011.

### 2.2.3.2. Volúmenes de basura generados

Se determinó por medio del Compendio Estadístico Ambiental 2010 del INE (Instituto Nacional de Estadística) los siguientes datos de generación de basura a nivel municipal y a nivel de casco urbano por medio del equivalente porcentual que le fue asignado por dicha dirección municipal.

### 2.2.3.3. Producción promedio diaria de basura

Se estima la producción promedio diaria de basura generada en el casco urbano del municipio en la siguiente tabla.

Tabla XXI. **Estimación de la basura domiciliar toneladas diarias**

Municipio	Disposición final						
	Total	Servicio municipal	Servicio privado	La queman	La tiran en cualquier parte	La entierran	Otra
Chimaltgo.	507	18	252	138	48	39	12
Casco urbano	431	15	214	117	41	33	10

Fuente: anuario estadístico ambiental INE 2010, residuos y desechos sólidos.

### 2.2.3.4. Volúmenes de basura por año

Se estima la producción promedio anual de basura generada en el casco urbano del municipio en la siguiente tabla, clasificándola dependiendo del medio por el cual las personas se deshacen de ella, esta información será útil para saber a qué segmento de la población es a la que se debe abordar y satisfacer las necesidades con el servicio que se pretende prestar a la población chimalteca.

Tabla XXII. **Estimación de basura domiciliar toneladas por año**

Municipio	Disposición final						
	Total	Servicio municipal	Servicio privado	La queman	La tiran en cualquier parte	La entierran	Otra
Chimaltgo.	185 055	6 570	91 980	50 370	17 520	14 235	4 380
Casco urbano	157 297	5 585	78 183	42 815	14 892	12 100	3 723

Fuente: anuario estadístico ambiental INE 2010, residuos y desechos sólidos.

#### 2.2.4. La demanda futura

A través del análisis de composición de la basura en el casco urbano del municipio de Chimaltenango, se encontró que la densidad de la basura tiene un valor de 0,40 TM/m<sup>3</sup>. Este valor corresponde a la composición característica de la basura generada en el casco urbano, ver tabla XXIII. En promedio se producen 0,4 (Kg/habitante/día) esto permite calcular el volumen ocupado por dicha basura con la relación entre el peso y la densidad de la basura.

Dónde:

1 TM = 1 000 kg.

Kg/habitante/día =0,4

Densidad= 0,40Tm/m<sup>3</sup>

Tabla XXIII. **Proyección de basura diaria**

Proyección de generación de basura diaria				
Año	Población	Casco urbano	TM/día	m <sup>3</sup> /día
2000	74 223	63 090	25,24	63,09
2001	77 508	65 882	26,35	65,88
2002	80 957	68 813	27,53	68,81
2003	84 568	71883	28,75	71,88
2004	88 341	75 090	30,04	75,09
2005	92 274	78 433	31,37	78,43
2006	96 360	81 906	32,76	81,91
2007	100 621	85 528	34,21	85,53
2008	105 058	89 299	35,72	89,30
2009	109 663	93 214	37,29	93,21
2010	114 440	97 274	38,91	97,27
2011	119 624	101680	40,67	101,68
2012	124 925	106 186	42,47	106,19
2013	130 460	110 891	44,36	110,89
2014	136 241	115 805	46,32	115,80
2015	142 278	120 936	48,37	120,94
2016	148 582	126 295	50,52	126,29
2017	155 166	131 891	52,76	131,89
2018	162 042	137 736	55,09	137,74
2019	169 222	143 839	57,54	143,84
2020	176 720	150 212	60,08	150,21
2021	184 551	156 868	62,75	156,87

Fuente: del año 2000 a 2010 INE características de la población y de los locales de habitación censados 2010. Del año 2011 al 2021 proyección propia a través de la regresión exponencial  $Y \approx (1,6261 \times 10^{-33}) e^{0,04335715 X}$ . ver apéndice 2.

### **2.3. Análisis de la oferta**

Para este análisis, se definió el comportamiento de la oferta, en función del tiempo; específicamente se plantearon dos escenarios los cuales se refieren a la situación actual y la futura. Es decir ¿cómo se cubre actualmente el servicio de extracción de la basura? Y ¿cómo se cubrirá el servicio de extracción de la basura con la puesta en marcha del proyecto?

#### **2.3.1. Definición**

Es la cantidad de bienes y servicios que un cierto número de oferentes están dispuestos a ofrecer en el mercado, a un precio determinado.

#### **2.3.2. Desarrollo histórico de la oferta**

En el casco urbano del municipio de Chimaltenango se tiene información que el procedimiento empleado por la población para deshacerse de sus desechos sólidos era por medio de incineración.

Los primeros vertederos de basura no autorizados surgen en los márgenes de los barrancos o en los drenajes aledaños a mercados, en un principio no sufrieron daños ocasionados por estas prácticas.

Los volúmenes de basura que se generan en el casco urbano del municipio van ligados directamente al crecimiento de la población y desde hace dos décadas se ha visto la evolución de las empresas de recolección de basura, que en un principio eran guiadas por animales y carretas para su recolección en costales. Hoy en día existen tres empresas recolectoras de basura, que cuentan con bolsas plásticas para la recolección de basura y con camiones para su transporte, teniendo distintos itinerarios para las distintas zonas del casco urbano.

### **2.3.3. Características de la oferta**

El manejo de los desechos sólidos del casco urbano del municipio de Chimaltenango está constituido por un servicio público y uno privado, es esencial contar con los dos ya que beneficia a todos los residentes urbanos, y a toda la sociedad, ya que el aseo público y la disposición final adecuada de los desechos sólidos son esenciales para la salud pública y para la protección del medio ambiente.

Debido a estas características, el manejo de los desechos sólidos debe ser un servicio público, del cual es generalmente responsable el gobierno municipal. Esto sin embargo no significa que el gobierno municipal está obligado a prestar los servicios de recolección de desechos sólidos exclusivamente con su propio personal, equipo y recurso económico. En realidad, este es un campo donde la participación del sector privado puede ser una buena alternativa.

#### **2.3.3.1. Situación actual de la oferta**

Se determinó a través de la investigación de campo, que la mayoría de los habitantes del casco urbano del municipio de Chimaltenango pagan por concepto de extracción una cuota de Q. 25,00 al mes, incluyendo 8 bolsas negras de plástico, la cuota y la entrega de bolsas se efectúa al inicio del mes, siendo el tiempo de recolección de basura más común de dos veces por semana.

El 59% paga Q. 25,00 al mes y solamente el 2 % paga más de Q. 25,00 al mes por el servicio prestado, el margen de comercialización respecto al precio actual será de 20% cada cinco años ya que un incremento significativo a partir de Q 25,00 puede ocasionar rechazo en los usuarios.

El servicio de extracción de desechos sólidos se realiza de puerta en puerta para cada vivienda, el personal contratado para ello recoge las bolsas, que posteriormente son llevadas al camión que las transporta hacia el basurero municipal. Para los servicios requeridos por comercios o instituciones se aplica el mismo concepto que el anterior servicio, a esta fase se le llama recolección.

### **2.3.3.2. Participación en el mercado**

Se pretende llegar a todas las personas que habitan en el casco urbano del municipio de Chimaltenango, una de las opciones es subcontratar a las empresas existentes para que formen parte de la flotilla municipal, con esto se tendrá un mejor y completo control de los desechos sólidos generados por la población y en un futuro poder abarcar todo el municipio.

### **2.3.3.3. Situación futura de la oferta**

Para realizar un buen manejo de los desechos sólidos generados por cada uno de los hogares del casco urbano del municipio de Chimaltenango, se sugieren diferentes modos de recolección de la basura, entre los cuales se mencionan:

- Recolección de puerta a puerta o al nivel del hogar: el usuario puede separar los diferentes materiales a valorizar y los coloca juntos para posteriormente poder ser clasificados y acondicionados en los sectores de reciclaje.
- La recolección por aportación voluntaria: el usuario deposita los diferentes materiales en contenedores colocados en puntos estratégicos del municipio o los lleva al lugar donde se encuentra la planta de clasificación.

En resumen, existe un campo bastante amplio para desarrollar las tareas de recolección y clasificación de los desechos sólidos, para lo cual se recomienda que se utilice ambos métodos antes presentados, ya que se debe de recolectar en las casas y a la vez se deben de colocar la recolección voluntaria ya que en el área del mercado, parque, canchas, etc., se deben de colocar contenedores.

## **2.4. Parámetros de una red de recolección selectiva de desechos sólidos**

Para dimensionar una red de recogida y transporte de residuos sólidos hay que calcular un conjunto de instalaciones y equipos adecuados para tales fines. Las redes de recogida que pueden darse en una población dependen del tipo de residuo, por lo que existen diferentes redes (domiciliarios, voluminosos, vidrio, papel, etc.). Al sistema que abarca a todos ellos es el sistema integral de recogida.

### **2.4.1. Situación de los puntos de recolección**

Dependiendo del tipo de pre-recogida elegida, se siguen unos determinados criterios en la instalación de los puntos en el área de estudio. Los criterios de diseño en la situación de puntos de recogida son:

- Recogida puerta a puerta: situación de cada punto en cada puerta o portal.
- Recogida por contenedor: la distancia máxima de cualquier patio al punto de depósito debe ser de 30 metros como máximo.

- Recogida en áreas de aportación: la situación de los puntos con un radio de acción en función del grado de recuperación que se desea alcanzar, la distancia máxima es de 250 metros.
- Recogida en establecimiento: la situación de los puntos se realiza en función del grado de recuperación que se quiera alcanzar.
- Recogida en instalación: la situación de los puntos se realiza en función del grado de recuperación que se quiera alcanzar.

Hay que tener en consideración las particularidades urbanas en el casco urbano, ya que éstas pueden afectar la situación de los puntos como plazas, instituciones, hospitales, calles, zonas verdes, colegios, etc. Dependiendo de esto, el número total de puntos de recogida estará en función de:

- Superficie del sector
- Kilómetros de calle en el sector
- Número de viviendas por kilómetro de calle
- Distancia entre puntos de recogida

Una vez conocidos todos los datos enunciados se puede elaborar un plano de la zona en el que quedarán reflejados los puntos de recogida.

#### **2.4.2. Dimensiones de los puntos de recolección**

Para el cálculo del número de contenedores en la recogida puerta a puerta se ha de investigar los siguientes datos:

- Número de personas por vivienda
- Número de personas por metro de calle

- Longitud de calle que abarca un punto de recogida
- Tasa de recogida, en volumen, por persona y día de recogida
- Factor de utilización
- Volumen del contenedor

El factor de utilización representa el porcentaje de llenado del contenedor. Este factor depende de la frecuencia de la recogida y del número de veces que se desee que haya desbordamientos. La tasa de recogida depende de la frecuencia de la recogida elegida.

En la recogida de establecimiento, el número de contenedores depende de:

- Número de locales de recogida
- Número de habitantes en el área aporte
- Tasa de recogida por habitante y día de recogida, en volumen
- Volumen del contenedor

A nivel de instalación, el número de contenedores depende de:

- Número de habitantes en el área de influencia
- Tasa de recogida por habitantes en el área de influencia
- Número de materiales recogidos separadamente
- Volumen del contenedor

La tasa de recogida dependerá del número de viajes por mes a la instalación y del volumen que se lleve en cada viaje.

### **2.4.3. Trazado de itinerario**

El objetivo fundamental para diseñar itinerarios de recolección es optimizar la recolección, es decir, que se elaborarán recorridos con la menor longitud que trasladen todos los puntos. Previamente se deberán conocer:

- Ordenanzas municipales relativas a la recogida, como la frecuencia, horarios y sistema.
- Coordinación de las características del sistema existente como el número de operarios y los tipos de vehículos de los que se dispone.
- Los itinerarios deben empezar y terminar cerca de las calles principales, utilizando las barreras topográficas y físicas como límites de los itinerarios.
- En zonas de pendientes, los itinerarios deben empezar en las zonas altas para ir cargando el vehículo cuesta abajo.
- Se deben diseñar para que el último contenedor esté lo más cerca posible del lugar de evacuación.
- Los desechos generados en zonas de congestión vial se deben recoger en horarios en los que sea más baja dicha congestión.
- En aquellos casos que las zonas de recogida sean pequeñas, un mismo itinerario puede abarcar varias, siempre y cuando el camión sea compatible.

Los itinerarios no deben ser estáticos y pueden variar en función de las variaciones semanales de producción, variaciones estacionales, variaciones con respecto a un incremento de la población o variaciones urbanísticas, como pasos peatonales, cambios de sentido de la vía, como fue en el caso de la calle principal del municipio que debido a la construcción y utilización de un paso a desnivel a principios del año 2010 se tuvo que cambiar la vía.

Para el trazado de los itinerarios se recomienda seguir la siguiente metodología:

- Preparación de mapas zonales: estos mapas representan las características más importantes desde el punto de vista de la recogida de desechos, como localización de los núcleos de generación, vías de comunicación, etc.
- Análisis de los datos: como cantidades generadas, frecuencias, números de puntos de toma y números de contenedores por punto.
- Trazado preliminar de itinerarios: una vez puesta toda la información en el plano, se procede al trazado de los itinerarios en el casco urbano. Empezando en el punto de partida de los camiones, se debe proponer una ruta que conecte todos los puntos de recogida hasta completar el itinerario.
- Evaluación de los itinerarios preliminares: finalmente, cuando se conocen los tiempos de cada itinerario, se reajustan para equilibrar la carga de trabajo. Después de establecer definitivamente los itinerarios, éstos deben ser dibujados en el mapa del casco urbano. Posteriormente se ponen en práctica y se señalan los posibles errores.

## **2.5. Comercialización del producto obtenido del proceso de oxidación térmica**

Al ser este un programa de manejo integral de desechos sólidos se debe tener un programa de comercialización, la mercadotecnia requiere incluir los cuatro componentes clave que se presentan a continuación.

### **2.5.1. Producto**

El proyecto viene dado por dos fases de obtención de productos. La primera es la preclasificación de los materiales que sí se pueden reciclar, esta preclasificación la harán los usuarios que cuenten con el servicio de extracción de basura y entre los materiales principales están:

Latas de aluminio: el aluminio es el más ligero de los metales, su temperatura de fusión es relativamente baja, tiene miles de usos industriales, médicos y en la construcción. Además, por su ligereza, maleabilidad y por ser neutro, se usa para envases de bebidas y alimentos. Como es muy flexible y ligero, además de que su resistencia permite hacer envases muy delgados, el reciclaje de envases de aluminio es muy fácil para el consumidor, tanto en su separación, su almacenaje y su transporte.

Por ser un material multiusos, es posible reciclarlo para varias industrias y no sólo para orientado para la industria refresquera. El envase de aluminio más característico, son las latas de bebida, todos alguna vez consumimos productos envasados en aluminio. Para su reciclaje, sólo hace falta comprimir las latas y almacenarlas hasta tener una cantidad razonable para llevarla al centro de reciclado.

- Baterías
  - Botón: baterías que se utilizan en relojes, calculadoras, etc. A pesar de su reducido tamaño son las más contaminantes, éstas se utilizan en los relojes de pulsera y calculadoras de bolsillo.
  - Cilíndricas: contienen menos metales pesados, pero se producen en mayor cantidad. Cuando incorrectamente son tiradas con el resto de los desechos van a parar al vertedero o a la incineradora y es cuando el mercurio y otros metales pesados tóxicos llegan al medio ambiente.
  - Baterías normales: salinas de carbón-zinc, también llamadas pilas secas. Se utilizan para linternas, juguetes y aparatos mecánicos. Además contaminan durante muchos años porque van liberando los metales pesados poco a poco. Pequeñas cantidades de metales pueden contaminar grandes cantidades de agua.

Papel y cartón: estos materiales representan el 20% del peso y un tercio del volumen de la bolsa de basura. Además, los sobre empaquetados dan lugar a gran cantidad de envoltorios elaborados con estos y otros materiales.

Aunque son de fácil reciclaje, y de hecho se reciclan en buena parte, la demanda creciente de papel y cartón obliga a fabricar más y más pasta de celulosa, lo que provoca la tala de millones de árboles, las plantaciones de especies de crecimiento rápido como el eucalipto o el pino, en detrimento de los bosques autóctonos y la elevada contaminación asociada a la industria papelera. Además, no todo el papel puede ser reciclado, los plastificados, los adhesivos, los encerados, los de fax no son aptos para su posterior reciclaje.

Concreto: los materiales factibles de reciclar son los que provienen de demoliciones y desechos de la industria de la construcción (edificaciones, excavaciones, vialidades, urbanizaciones, caminos, etc.)

Es importante recalcar el cuidado que se debe tener al no contaminar los productos a reciclar, ya que para poder llevar a cabo esta actividad, estos deberán entregarse libres de materiales tales como: basura, papel, madera, plástico, textiles y materiales tóxicos.

Materiales que pueden ser recibidos para su reciclaje:

- Arcillas
- Blocks
- Tabiques
- Ladrillos
- Concreto simple
- Concreto armado
- Mamposterías
- Cerámicos
- Fresado de carpeta asfáltica

Neumáticos: los neumáticos viejos, se acostumbran a verse quemar en alguna manifestación, podrían tener mejor uso. Una mezcla de neumáticos de desecho y concreto, se puede usar para pavimentar calles que, aseguran, puede durar 20 años con un mínimo de mantenimiento y condiciones de seguridad promedio.

Vidrio: todos los recipientes de vidrio para alimentos y bebidas se pueden reciclar, pero es importante no mezclar botellas de vidrio con otros tipos de vidrio tales como ventanas, espejos, cristal de mesa, pyrex o vidrio para autos. La cerámica contaminaría al vidrio y tendría que separarse con cuidado.

La mayor parte del vidrio que se recupera se usa en nuevos recipientes de vidrio, hay parte que también se utiliza en fibra de vidrio.

Plásticos: existen más de 50 tipos diferentes de plásticos, dentro de los cuales 6 son los más comunes:

- Polietileno tereftalato (Pet)
- Polietileno alta densidad (Pead)
- Cloruro de polivinilo (Pvc)
- Polietileno baja densidad (Pebd)
- Polipropileno (Pp)
- Poliestireno (Ps)

El número que indica la clasificación de todo envase plástico se localiza en el fondo del mismo, los envases plásticos que no son reciclables tienen el número de clasificación 7 en el fondo.

Comúnmente las bolsas de plástico de supermercados y las bolsas para vegetales se elaboran de plástico de los tipos 2 ó 4, y con frecuencia se recolectan en supermercados.

Pero muchos fabricantes todavía no han agregado a las bolsas los códigos de reciclaje, comúnmente, los tipos 2 y 4 se pueden mezclar, aunque no siempre.

Las bolsas de plástico para otros productos tales como pan, pasta, bombones, etc., con frecuencia son de los tipos 2 ó 4, pero no lo sabrá a menos que se les marque. Si las bolsas no son reciclables, se les debe marcar tipo 7.

La segunda fase es cuando no ha sido posible la preclasificación de los materiales reciclables y es el sub producto del proceso de oxidación térmica el que se comercializara.

Los principales productos resultantes del proceso son:

- El dióxido de carbono puro: un uso importante es en la carbonatación de bebidas gaseosas, en la producción de bicarbonato para hornear, en extintores de fuego y en estado sólido, como enfriador (hielo seco).
- Agua destilada: al ser el vapor de agua un sub producto generado por la oxidación térmica, este vapor se puede utilizar en un condensador para la obtención de agua pura, esta será exclusivamente para el consumo de la planta de tratamiento.

### **2.5.2. Plaza**

El lugar en donde se comercializará estos productos será la misma planta de tratamiento ya que el objetivo principal del proyecto es disminuir los desechos sólidos de una mejor manera. La preclasificación será muy importante ya que por medio de los programas de educación ambiental será más fácil su clasificación final y así las personas interesadas en comprar el material no tendrán porqué ir por las calles tratando de conseguir la materia prima para los procesos de reciclaje.

Por el contrario los subproductos obtenidos por la oxidación térmica, se deberá considerar empresas que estén interesadas en estos subproductos ya que no son comunes en el mercado.

### 2.5.3. Precio

Al contar con una estrategia de preclasificación como lo es educar a la población, es mucho más fácil poder separar los componentes reciclables de los desechos sólidos, a continuación se hace énfasis a los precios actuales en los que oscilan y que son los precios a los que se pueden vender los productos obtenidos de la recolección de desechos sólidos.

Latas de aluminio: Q 4,40 / libra

Baterías: Q 1,40 / libra

Papel: ¢ 30/ libra de periódico en buen estado  
¢ 30 / libra papel de color

Neumáticos: Q 2,00 / unidad

Botellas de vidrio: litro Q 1,75  
botella Q 1,50  
¼ de litro Q 1,00  
½ botella ¢ 80  
1/8 botella ¢ 40

Plástico: ¢ 30/ libra de botellas

Si al encontrar empresas que estén interesadas en la compra de CO<sub>2</sub> se está cotizando a los siguientes precios:

- Precio del CO<sub>2</sub> sólido (hielo seco): Q 7,05/kg
- Precio del CO<sub>2</sub> líquido: Q 2,35/kg

Sera cuestión de negociar con las empresas un precio que sea justo para las dos partes. El agua destilada como se especificó anteriormente será únicamente para uso interno de la planta.

#### **2.5.4. Promoción**

Al ser éste un proyecto municipal que involucra todo el casco urbano del municipio de Chimaltenango, además que los productos obtenidos de la recolección y tratamiento de los desechos sólidos no se comercializan de igual manera que otros productos, el Departamento de Comunicación se encargará de contactar empresas que trabajen con este tipo de materiales ya que no es necesario crear campañas de promoción de productos que la mayoría de gente considera como basura, y será este mismo departamento el encargado de campañas de concientización para la población.



### **3. ESTUDIO TÉCNICO**

En este capítulo se definirá el tamaño del proyecto, localización, proceso de tratamiento de desechos por medio de oxidación térmica, distribución de planta, maquinaria y un cronograma que indicará el tiempo estimado para el funcionamiento de la planta.

#### **3.1. Tamaño del proyecto**

El tamaño del proyecto está definido por su capacidad física o real de producción de bienes o servicios, durante un período establecido. El objetivo de este punto consiste en determinar el tamaño o dimensionamiento que deben de tener las instalaciones, así como la capacidad de la maquinaria y equipos requeridos por el proceso de conversión del proyecto.

La importancia del dimensionamiento, en el contexto del estudio de pre-factibilidad, radica en que sus resultados se constituyen en una parte fundamental para la determinación de las especificaciones técnicas sobre los fondos que habrán de adquirirse.

##### **3.1.1. Horizonte de diseño del proyecto**

El proyecto se diseñó para que pudiera dar servicio a la población por un periodo de 10 años, con este parámetro se definió el tamaño de los terrenos que albergaran la planta y la tecnología que se usara para tratar los desechos sólidos.

### **3.1.2. Consideraciones del volumen, proporcionados por la demanda**

El volumen de basura que se generará durante los 10 años de duración del proyecto, determina la capacidad tecnológica que se necesita para su tratamiento. Se proyectó la producción de basura, TM/día y m<sup>3</sup>/día, para lograr obtener el volumen de basura del casco urbano del municipio de Chimaltenango, se descartó el uso de dos tecnologías para tratar los desechos sólidos las cuales se conocen como vertedero controlado y relleno sanitario, debido a que en las mismas no existe una separación de los desechos orgánicos e inorgánicos, los cuales son depositados por igual en el terreno.

La solución a este problema consistió en la utilización de la tecnología de oxidación térmica que más adelante se especifica todo el proceso.

Se analizaron los resultados de caracterización de la basura, en donde se identificó que aproximadamente el 60% del total de basura es orgánica, siendo esta la materia prima para la elaboración del compost. Con estos datos se hace importante considerar esta tecnología en el tratamiento de los desechos sólidos si no es posible satisfacer la demanda de basura por medio de la oxidación térmica.

### **3.2. Ingeniería de proyecto**

Se entiende por ingeniería de proyecto, la etapa dentro de la formulación de un proyecto de inversión donde se definen todos los procesos necesarios para llevar a cabo el proyecto.

En el desarrollo de un proyecto de inversión a la ingeniería le corresponde:

- Definir:
  - Todas las máquinas y equipos necesarios para el funcionamiento del establecimiento productivo.
  - Lugar de implantación del proyecto
  - Las actividades necesarias para el suministro de los insumos y de los productos.
  - Los requerimientos de recursos humanos
  - Las cantidades requeridas de insumos y productos
- Diseñar el plano funcional y material de la planta productora
- Planear el desarrollo del proyecto durante la instalación y operación

### **3.2.1. Estado inicial**

El sistema de oxidación térmica está diseñado para la disposición de los siguientes desechos sólidos:

- Desechos sólidos domésticos e industriales
- Llantas usadas
- Desechos hospitalarios
- Pinturas, solventes y productos de desecho derivados del petróleo
- Desechos generados por la agricultura
- Basura municipal

La aplicación del sistema de oxidación térmica para el proceso de desechos sólidos, resulta un proceso muy eficiente para generar energía eléctrica o agua purificada.

El proceso de oxidación recupera un gran porcentaje de la energía reutilizable debido a la naturaleza del proceso, más que otros sistemas que utilizan aire del ambiente en el proceso de combustión. Asimismo, el proceso ofrece ventajas en cuanto a los costos de operación debido a que no se tiene que procesar ni controlar grandes cantidades de contaminantes de gas.

### **3.2.2. Proceso de transformación**

Esta tecnología está basada en la oxidación térmica, la cual comprende el proceso en donde se alteran químicamente compuestos añadiendo un átomo de oxígeno electropositivo a la molécula del compuesto. Este proceso es diferente al proceso de incineración, el cual es el proceso que reduce todos los compuestos a cenizas. La diferencia fundamental de este proceso de oxidación se basa en el balance de masa total. Esto significa que ningún producto del proceso es emitido a la atmósfera. Todos los productos de la combustión son captados y utilizados en el proceso.

El sistema de oxidación térmica elimina el uso de chimeneas. Al no haber emisiones al ambiente, el sistema se vuelve una alternativa al proceso de incineración puesto que solo opera como un proceso de oxidación térmica.

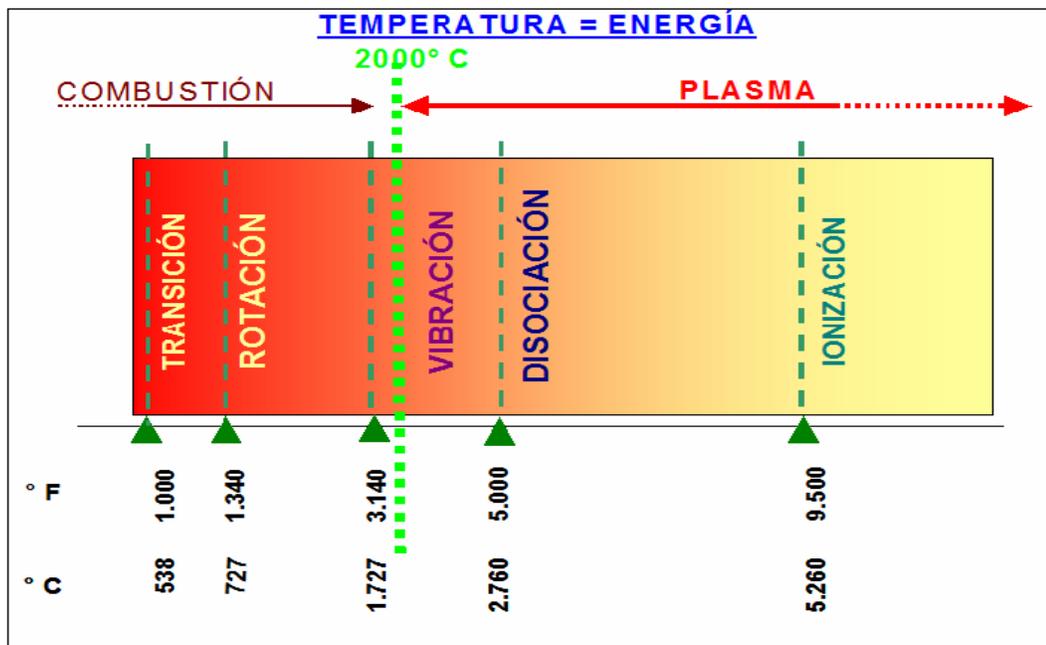
Es un proceso termodinámico ampliamente conocido mediante el cual, toda sustancia sólida o líquida a la que, en una atmósfera reductora, se le aporta una cantidad de energía suficiente como para romper los enlaces moleculares, se transforma en un gas de síntesis orgánico de bajo poder calorífico o bien en una lava fundida que al enfriarse se transforma en un producto vítreo inerte conocido como escoria.

Esta gasificación convencional al trabajar a temperaturas que en ningún caso superan los 1 700 °C es incompleta y puede dar lugar a subproductos residuales (alquitranes, escorias y cenizas). La alta temperatura necesaria para una gasificación de este tipo se consigue mediante antorchas de plasma.

El plasma: es el cuarto estado de la materia. Es un gas ionizado que existe en la naturaleza en los rayos o en las auroras boreales. La característica principal de un gas ionizado es facilitar una masa de baja transmisión de calor y generar temperaturas extremas de hasta 14 000 °C.

Una antorcha de plasma es un equipo industrial que permite producir un gas ionizado (generalmente aire) a altísimas temperaturas mediante la generación controlada de un arco voltaico.

Figura 2. **Factor temperatura**

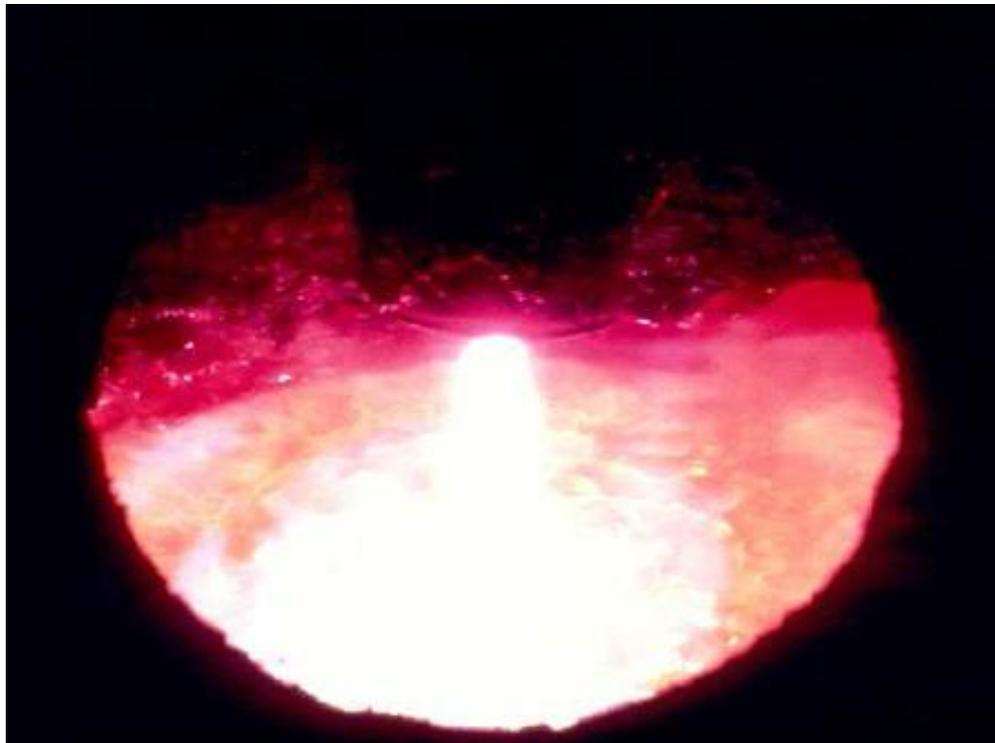


Fuente: <http://www.fundacionenergia.es/PDFs/Biomada%2006/J.Hidalgo.pdf>. Consulta: 14 de enero de 2012.

En el proceso de gasificación, además del consumo energético hay que considerar los factores temperatura y presión tanto en cuanto la velocidad de las reacciones (cinética) como al grado de cumplimiento de las mismas (termodinámica). La formación de monóxido de carbono y de hidrogeno aumenta a medida que se incrementa la temperatura.

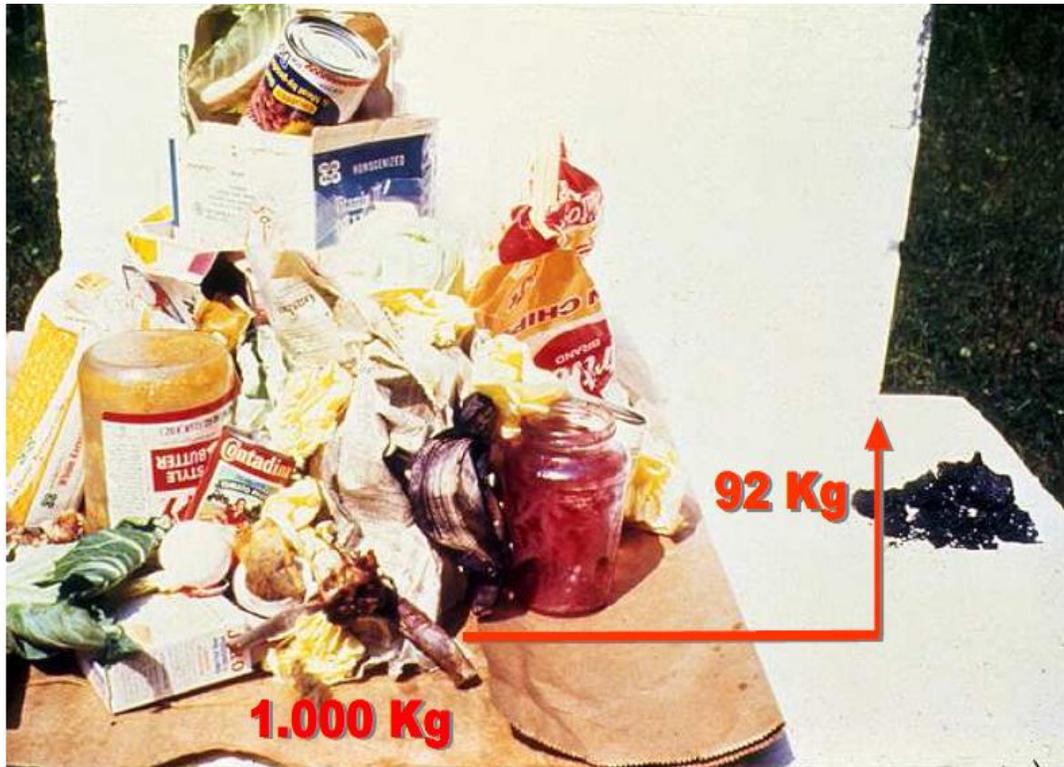
En general, al desarrollarse el proceso de gasificación entre 4 000°C (en la zona plasmática) y 1 700 °C (temperatura de salida del gas de síntesis), se pueden conseguir una cinética alta de reacción, reducir el tamaño del gasificador y trabajar a presión atmosférica lo que permite reducir los costes de construcción del mismo.

Figura 3. **Residuos vitrificados a partir del plasma**



Fuente:<http://www.fundacionenergia.es/PDFs/Biomada%2006/J.Hidalgo.pdf>. Consulta: 14 de enero de 2012.

Figura 4. **Demostración de reducción del volumen de los desechos**



Fuente:<http://www.fundacionenergia.es/PDFs/Biomada%2006/J.Hidalgo.pdf>. Consulta: 14 de enero de 2012.

### 3.2.2.1. Definición del proceso de oxidación térmica

La oxidación de combustible para producir energía se pueden resumir de la siguiente manera: el combustible y el oxígeno son reunidos en la cámara de combustión primaria a alta temperatura y en consecuencia, la descomposición molecular de los compuestos principalmente de hidrógeno en el combustible y monóxido de carbono se produce.

Esta oxidación inicial libera el poder calorífico del combustible tradicional, este hidrógeno y este monóxido de carbono de los subproductos del proceso de oxidación primaria son entonces re-oxidados en la cámara de combustión secundaria con la adición de cantidades de oxígeno puro para formar agua (vapor de alta temperatura) y el dióxido de carbono.

Este proceso de re-oxidación de hidrógeno y monóxido de carbono es una reacción exotérmica (libera el calor de la combustión (Btu /lbm)<sup>1</sup>, tanto para la formación de agua a partir de hidrógeno y la formación de dióxido de carbono). La cantidad específica de energía adicional liberada en el proceso de oxidación secundaria es una función de la proporción molar de hidrógeno a dióxido de carbono, que está directamente asociada con los análisis químicos de las fuentes de combustible o mezclas de combustible.

Como resultado de la liberación de energía en dos fases en el proceso de oxidación, la energía total liberada por libra de combustible consumido es mayor que la energía liberada por los procesos de combustión más tradicionales.

- Características del sistema: algunas de las características físicas de una instalación de una planta de tratamiento de desechos sólidos por medio de oxidación térmica, también son únicas debido al componente de módulos de configuración y la naturaleza del proceso de oxidación.
  - Sin tubo de escape o las emisiones atmosféricas presentes en la conversión del combustible en energía calorífica.

---

<sup>1</sup> Unidad de energía específica en el Sistema Inglés, que equivale en el Sistema Internacional a 2 326,1 J (joule)/Kg (Kilogramo).

- En lugar de exigir un sistema de combustión de aire forzado, el sistema es un sistema de oxidación de oxígeno soplado.
- El proceso de oxidación térmica tiene un sistema de configuración cerrada.

En el intercambiador de calor de alta temperatura, en lugar de confiar en la llama del quemador de transferencia de calor radiante (zona de los hornos) y la capacidad de transferencia de calor por convección de aire caliente moviéndose por una superficie del tubo del horno rotativo, una capacidad de transferencia de calor aumenta (por convección y conducción) se produce debido a las características del vapor caliente y el CO<sub>2</sub> aspirado de la segunda cámara de combustión en contacto con la tubería del horno rotativo.

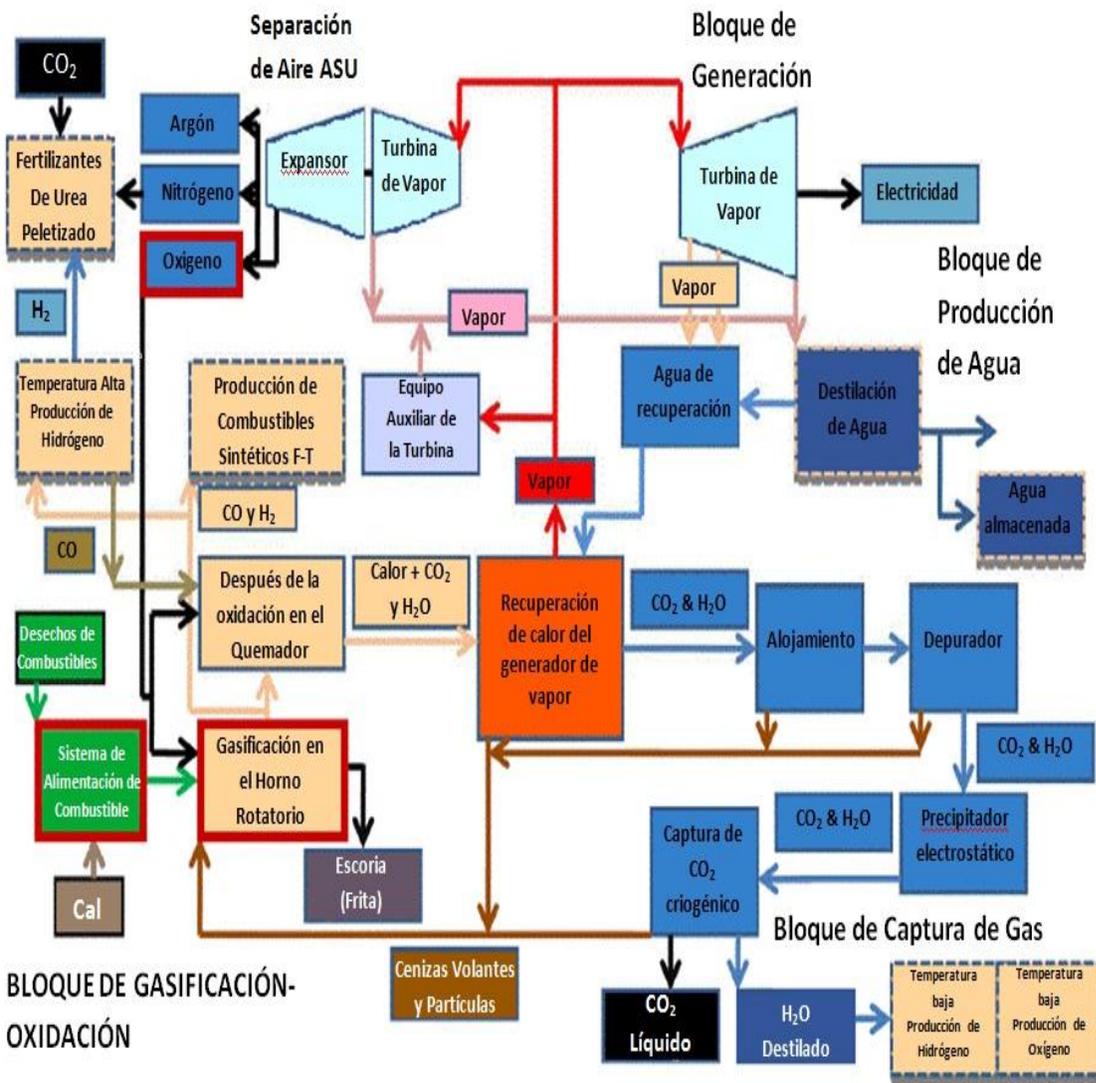
El sistema de oxidación térmica es descrito como cerrado en el que todo el combustible y la energía oxígeno liberado, así como la oxidación de los combustibles derivados son capturados para su uso en el ciclo rankine, o viable como subproductos con los flujos de ingresos, o como consumibles para el proceso de oxidación.

### **3.2.2.2. Diagrama del proceso de oxidación térmica**

En una planta de energía convencional, en una estación de vapor eléctrico típico, hay una caldera de aire forzado, generalmente disparado por gas natural, en el que se quema el combustible para producir energía térmica, esta energía se transfiere calor al agua para producir vapor.

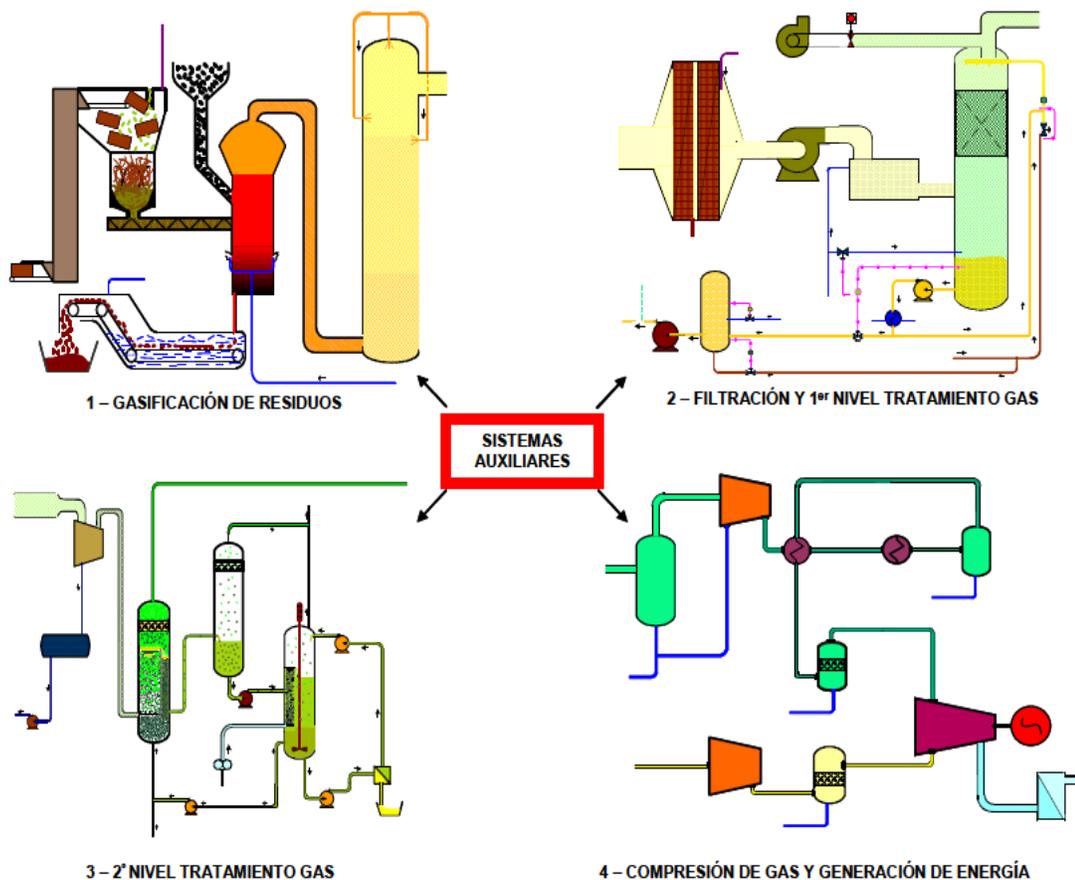
Una planta puede utilizar los mismos combustibles, así como muchos otros combustibles no tradicionales, pero en lugar de confiar en la combustión, se puede utilizar un proceso de oxidación para convertir la fuente de combustible en energía calorífica.

Figura 5. **Proceso del sistema de oxidación térmica**



Fuente: <http://zerosmx.com/images/product.gif>. Consulta: 14 de enero de 2012.

Figura 6. **Sistemas auxiliares**



Fuente: <http://www.fundacionenergia.es/PDFs/Biomada%2006/J.Hidalgo.pdf>. Consulta: 14 de enero de 2012.

### 3.2.3. Estado final del producto

Los principales productos comerciales derivados del sistema de oxidación térmica son el dióxido de carbono, agua purificada y energía eléctrica (en este estudio no se tomara en cuenta). Tanto el dióxido de carbono como el agua son purificados dentro del sistema y tienen aplicaciones industriales. Los productos del sistema son altamente refinados para su comercialización.

Todos los líquidos resultantes del proceso de material de desecho son recirculados al proceso o son removidos del proceso como subproductos comerciales para su venta. El sistema no tiene chimeneas por consiguiente no tiene emisiones de humo, el sistema no utiliza aire del ambiente que es rico en nitrógeno, por lo tanto el sistema no tiene descargas de óxidos nitrosos.

- Dióxido de carbono: el principal producto comercial derivado del sistema de oxidación térmica es el dióxido de carbono. Después de eliminar los componentes ácidos del vapor de gases producidos por el tratamiento térmico, el gas es introducido en un sistema de purificación de dióxido de carbono. La humedad y otros gases distintos al dióxido de carbono, como el nitrógeno y el oxígeno son separados por el sistema del dióxido de carbono. El dióxido de carbono puede convertirse en líquido para ser utilizado en la industria de aceites, gases o solidificado como hielo seco para aplicaciones criogénicas industriales.
- Agua destilada: debido a que el sistema cuenta con un modelo interno al sistema de aire sintético, el agua se introduce al sistema ya enfriada para regular las temperaturas internas. Dicha agua es removida del sistema como agua destilada o purificada. Además, se produce una cantidad de aproximadamente dos libras de agua de la reacción química dentro del sistema por cada libra de combustible consumido.

Algunas de las ventajas del sistema de oxidación térmica son:

- 99% de eficiencia en la destrucción y eliminación de desechos sólidos.

- Sin chimeneas
- Sin impactos ambientales
- Sin emisiones de aire
- Sin riesgos para la salud
- Solución de bajo costo para la disposición de desechos
- Producción a partir del proceso de energía eléctrica a bajo costo

### **3.3. Análisis de la capacidad de producción**

La cantidad de residuos que serán recolectados y llevados a la planta de tratamiento está en función al estudio de mercado realizado en el casco urbano del municipio de Chimaltenango proyectados para los siguientes 10 años.

- En el 2010 se estimó una población de 97 274 habitantes en el casco urbano y para el año 2021 se estimaron 156 868 habitantes.
- El peso promedio de los desechos sólidos extraídos por día para el año 2021 es de 62,75 TM y el volumen ocupado es de 156,87m<sup>3</sup>, ver tabla XXIII.
- Sin embargo es necesario considerar la acumulación de residuos durante los años anteriores para un total de 189 896,21 toneladas métricas de desechos sólidos desde el 2012 hasta el 2021 (año 10).
- Tomando como referencia el 2021 se recibirán 22 902,8 toneladas métricas de desechos sólidos por año equivalentes a 62,75 TM/día; cantidad que constituirá la capacidad de procesamiento de la planta diariamente.

### 3.4. Especificaciones técnicas de la maquinaria

Es importante proporcionar una descripción general del sistema por oxidación térmica lo que las comparaciones hechas con plantas de energía tradicionales y el análisis de la energía liberada de la oxidación, en contraste a la combustión tienen puntos de referencia pertinentes. Simplemente se describe, la planta de tratamiento que contiene los siguientes bloques básicos de componentes:

- Horno rotativo (cámara de combustión primaria) y cámara de combustión secundaria.
- Recuperador de CO<sub>2</sub> y entrega de agua destilada
- Intercambiador de calor de alta temperatura
- Sistemas de condensado y de agua de alimentación

Horno rotativo

Funcionamiento continuo, sistema de carga de residuos adaptado a cada aplicación, dispositivo de extracción automática de cenizas y velocidad de rotación variable

Tabla XXIV. **Especificaciones técnicas del horno rotativo**

Modelo	Volumen cámara ( m <sup>3</sup> )	Capacidad máx. de carga (kg/h)
ROT - 600	2,28	250
ROT - 1 000	3,32	400
ROT - 1 500	6,27	600
ROT - 2 500	10,92	900

Fuente: [http://zerosmx.com/esp\\_index.htm](http://zerosmx.com/esp_index.htm). Consulta: 14 de enero de 2012.

## Recuperador de CO<sub>2</sub> y entrega de agua destilada

Los recuperadores de CO<sub>2</sub> fueron desarrollados para recuperar de nuevo el gas CO<sub>2</sub> residual para la producción de hielo seco que, normalmente, vuelve a la atmósfera en forma de gas CO<sub>2</sub>.

Los recuperadores se montan en un bastidor de acero y se suministran, después de un ensayo con éxito en fábrica, y se componen de:

- Una bombona de gas CO<sub>2</sub> como almacén intermedio
- Un compresor de gas CO<sub>2</sub>
- Un licuefactor de CO<sub>2</sub>
- Un conducto de alimentación de gas CO<sub>2</sub> a la máquina de hielo seco
- Incluye un conducto de gas CO<sub>2</sub> líquido al tanque de almacenamiento
- Un armario central de control

Tabla XXV. **Especificaciones técnicas del recuperador de CO<sub>2</sub>**

Modelo	Producción de hielo seco	Gas residual CO <sub>2</sub>
RRS300	200 kg/h	300 kg/h
RRS440	330 kg/h	455 kg/h
RRS560	370 kg/h	560 kg/h

Fuente: [http://zerosmx.com/esp\\_index.htm](http://zerosmx.com/esp_index.htm). Consulta: 14 de enero de 2012.

## Intercambiador de calor de alta temperatura

Los intercambiadores de calor de alta temperatura realizan la transferencia de calor mediante convección.

En un intercambiador, el haz tubular es solidario con el armazón que lo contiene, evitando posibles rupturas como consecuencia de las distintas dilataciones térmicas entre el haz y el armazón mediante la incorporación de compensadores o el curvado de los tubos del haz.

Equipos adecuados para los siguientes casos:

- Temperatura de humos excesivamente alta, del orden de 1 200-1 900 °C
- Cuando no se dispone de un canal en el que introducir el haz tubular

Sistemas de condensado y de agua de alimentación

Para realizar el análisis energético del sistema actual de recuperación de condensado debemos de tener en cuenta las siguientes características:

Tabla XXVI. **Especificaciones técnicas del sistema de condensado**

Capacidad instalada de generación de vapor	2 300 HP
Presión de operación	220 Psi
Eficiencia	80%
Porcentaje estimado retorno de condensado	80%
Cantidad de agua de reposición (Make-up)	20%
Temperatura del agua de reposición	21 °C

Fuente: [http://zerosmx.com/esp\\_index.htm](http://zerosmx.com/esp_index.htm). Consulta: 14 de enero de 2012.

Las instalaciones mediante oxidación térmica garantizan una eficacia óptima gracias a la adecuada selección de temperatura, tiempo de residencia y turbulencia de la mezcla.

Las instalaciones de oxidación térmica pueden incorporar:

- Calentadores de aceite térmico
- Precalentadores de los gases a depurar
- Calentadores de aire de proceso
- Generadores de vapor
- Calentadores de agua

Los dispositivos de oxidación permiten destruir líquidos residuales directamente en la llama aprovechando su energía térmica.

Tabla XXVII. **Especificaciones técnicas del sistema de oxidación térmica**

Caudal	Temperatura de la cámara de oxidación	Precalentamiento del gas a depurar
500 – 30 000 Nm <sup>3</sup> /h	750 – 1 200 °C	hasta 600 °C

Fuente: [http://zerosmx.com/esp\\_index.htm](http://zerosmx.com/esp_index.htm). Consulta: 14 de enero de 2012.

Aprovechamiento energético:

- Aceite térmico
- Vapor de agua
- Aire caliente

### **3.5. Localización del proyecto**

La localización del proyecto permite tener una visión del terreno en todo el municipio y poder identificar las áreas que serán adecuadas para ubicar la solución propuesta al tratamiento de los desechos sólidos.

### **3.5.1. Macrolocalización**

Esta evaluación únicamente se limitó a establecer información general del terreno sin definir su situación legal ya que esto se hará más adelante al hacer un análisis específico del terreno. Este terreno se encuentra ubicado en la aldea buena vista, Escritura 88 de fecha 7/05/1949; otorgada por Bjarne Nes Sand Haug, en el lugar denominado Buenos Aires conocido con el nombre de El Llanito.

#### **3.5.1.1. Área total**

Este deberá tener como mínimo 105 x 156 metros por el interior, deberá estar rodeado por un cerco de protección, además deberá estar rodeado por una protección para aguas superficiales y tendrá 10 postes para iluminación de 500 watts cada uno. Tal como lo indica la figura 9.

#### **3.5.1.2. Colindancias**

Colinda al norte y poniente con la finca matriz y Juan Rivas, oriente con Romelio Figueroa.

#### **3.5.1.3. Vías de acceso**

La única vía de acceso al terreno que se ha definido como el indicado para construir la planta de tratamiento de desechos sólidos, está ubicada a 400 metros de la orilla de la carretera Interamericana (CA-1) Km 56,5 que conduce al occidente. Este es un punto estratégico para la recolección en el casco urbano, debido a su cercanía a la carretera y al fácil acceso de los camiones recolectores a las futuras instalaciones.

### 3.5.2. Microlocalización

En la microlocalización se establecieron las áreas exactas del terreno, según las coordenadas obtenidas, se mide la distancia hacia la carretera más cercana posteriormente a esto se inspecciona la accesibilidad y tipo de servicios básicos con que cuenta.

Características del área seleccionada:

Tiene un camino de terracería de tres metros de ancho, es parte de las tierras municipales, por lo que no tiene precio en el mercado. Tiene un área de dos manzanas, no tiene disponibilidad de área para futuras ampliaciones, no cuenta con servicios públicos.

Figura 7. Microlocalización 1



Fuente: Google Earth. Consulta: 21 de enero de 2012.

Figura 8. **Microlocalización 2**



Fuente: Google Earth. Consulta: 21 de enero de 2012.

### **3.5.2.1. Abastecimiento de agua**

El servicio de agua potable no llegará hasta donde se encuentre la planta de tratamiento ya que su ubicación estará fuera del perímetro de la ciudad. Por lo que debe pensarse en el almacenamiento de agua en un recipiente y su distribución por medio de una red de tuberías y una bomba. El agua se extraerá de un pozo construido específicamente para la planta de tratamiento, se almacenará en el tanque y quedará lista para su posterior uso.

Se contratará el servicio de agua llevada por cisterna para abastecer los servicios internos y los demás necesarios para limpieza y producción. La planta contará con una red de tubería interna que distribuirá el agua a los puntos necesarios a través de una bomba hidroneumática.

Tabla XXVIII. **Consumo de agua potable**

Área	Consumo de agua-litros/día				
	Personal	Camiones/ vehículos	Maquinaria pesada	Proceso	Subtotal litros
Producción	400	200	600	337	1 537
Administración	128	0	0	0	128
Ventas	0	0	0	0	0
Total					1 664,67
Total = 1 664,67 litros/día = 1,66 m <sup>3</sup> /día					

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.2.2. **Energía eléctrica**

El sistema eléctrico será básicamente utilizado para las instalaciones administrativas y en el área de producción utilizada para el manejo de algunas máquinas. La potencia eléctrica instalada para los equipos de las diferentes áreas no requerirá voltajes superiores a los domiciliarios, por lo que se puede adquirir una planta de energía para el suministro eléctrico únicamente para emergencia del área administrativa, con una potencia de suministro de 5,5 kW.

La instalación formal de energía eléctrica deberá realizarse a través de las líneas aéreas de potencia que la empresa eléctrica DEOCSA tiene a la orilla de la carretera y separadas 100 metros de donde se encontrará la planta.

Tabla XXIX. **Demanda de energía eléctrica**

Área	Potencia - Watts			
	Computadoras	Iluminación	Motores eléctricos	Subtotal Watts-hora
Producción	1 X 150 W	8 X 100 W + 6 X 400 W	1 X 373 W	3 723 W
Administración	3 X 150 W	4 X 100 W	0	850 W
Comunicación	3 X 150 W	3 X 100 W	0	750 W
Total				5 323 W
Total = 5 323 Watts				

Fuente: elaboración propia.

### 3.6. **Distribución de la planta**

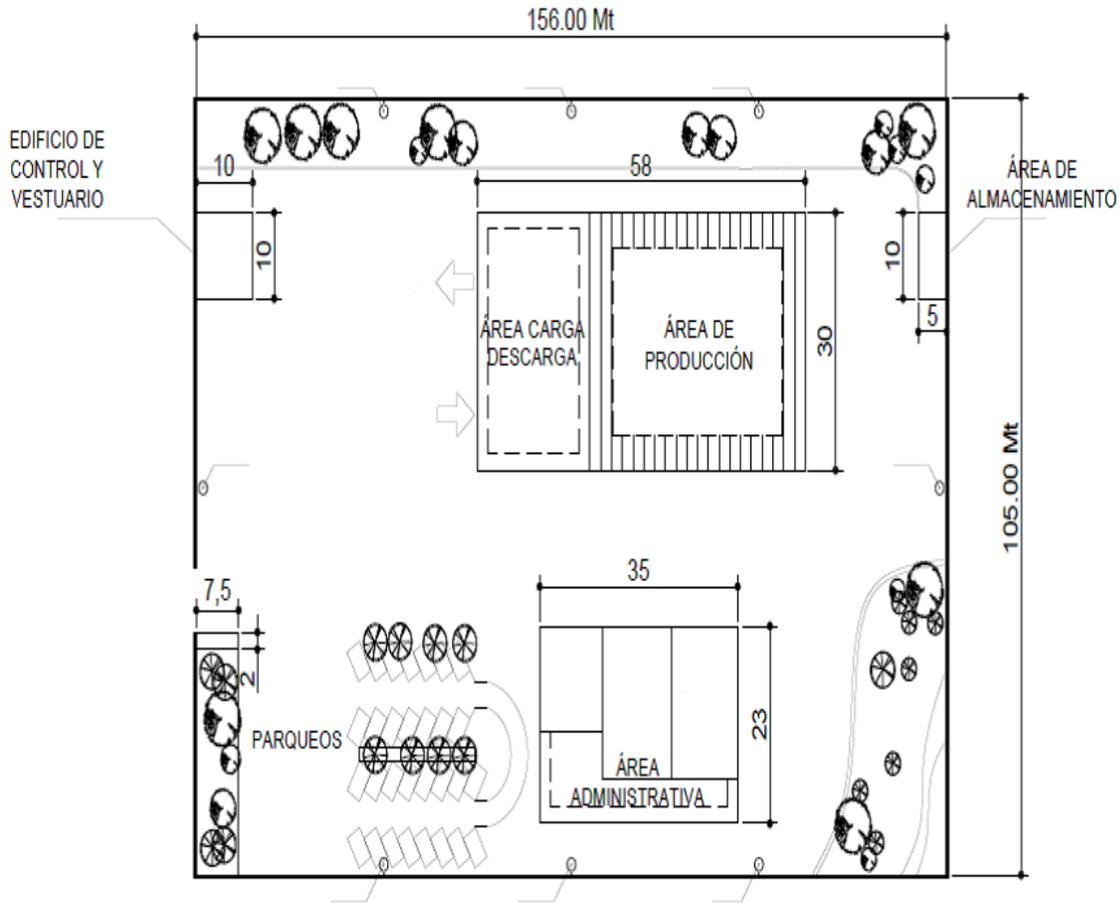
Como parte de la distribución de la planta se deben de determinar todos los aspectos de ingeniería necesarios para la buena integración de los elementos que se consideran, dentro de ellos la distribución de la maquinaria, el personal, los servicios la materia prima, esto con el fin de que la planta tenga una ergonomía correcta tanto dentro de sus instalaciones, como alrededor de ella.

Es importante contar con un espacio adicional con el fin de prever cambios futuros como ampliaciones, redistribución de la maquinaria, etc. En cuanto a la construcción de la planta se debe de buscar un mecanismo que haga posible la expansión tanto física, como en la producción, sin incurrir en paros en la producción ya existente.

En cuanto a los objetivos que se deben de tomar en cuenta a la hora de la construcción de la planta son los siguientes:

- Disminuir el manejo de materiales, insumos y enceres que se necesiten en los distintos procesos productivos con el fin de que éstos tengan las condiciones apropiadas a la hora del manejo y proceso de los distintos materiales.
- Contar con un equilibrio en el área productiva para que todas las máquinas tengan su espacio según su capacidad productiva, esto dará como resultado procesos uniformes y conseguiremos las ubicaciones de la maquinaria según su capacidad y su tamaño.
- Tomar en cuenta que los recursos son limitados, por ello es importante la utilización del espacio de una manera idónea, con el fin de obtener el máximo rendimiento económico de la inversión y capacidad.
- Tomar en cuenta los distintos programas de seguridad e higiene con el fin de evitar al máximo los posibles riesgos y accidentes que se puedan generar con los factores que afectan en una planta tales como el ruido, polvo, objetos punzocortantes, materiales que puedan generar incendios, etc.
- La tecnificación constante al trabajador con el fin de enriquecerlo en el trabajo que desempeña y con el fin de mantenerle su moral y autoestima elevada.
- Tomar en cuenta que con los planos originales de la planta se pueden realizar modificaciones, con el fin de conseguir en la distribución de la planta la minimización de distancias, la minimización de la circulación, el manejo óptimo de materiales, el área más segura, el espacio con alto grado de flexibilidad, etc.

Figura 9. **Distribución de planta**



Fuente: elaboración propia.

### 3.6.1. **Área administrativa**

En esta área deben de estar comprendidas las distintas secciones que conciernen al manejo de todas las operaciones administrativas, tales como el área financiera, de personal, entre otras.

En esta sección se debe contar con:

- Recepción
- Departamento de caja
- Departamento de jefaturas

### **3.6.2. Área de producción**

Las características con que debe de contar esta área de producción debe de estar diseñada de acuerdo al proceso a realizar, el manejo interno del producto, la ergonomía de la planta, las necesidades y requerimientos que tenga cada uno de los procesos y el movimiento que tenga el personal dentro de ella.

El área de producción debe de estar colocada según el manejo de los desechos y por la agrupación que se le dé a la maquinaria, ya que las diferentes secciones que deben de conformar el área de producción, se deben definir según el diseño y las operaciones que dentro de ella se realicen, así como por los procesos de transformación de los desechos.

Es importante mencionar las áreas en que se dividirá el área de producción según sea la necesidad.

- Área de operaciones
- Área de manejo del producto reprocesado

### **3.6.3. Área de carga y descarga**

Como en toda planta industrial, es importante diseñar los lugares específicos para la carga y descarga tanto de la materia prima como del producto terminado.

En la planta de manejo de desechos el área de descarga está definida en el lugar donde se deposita la basura que se recolecta en el municipio.

La planta debe contar con áreas designadas como bodegas, que son las de bodega de materia prima, producto en proceso, en el cual habrá un área para cada material ya clasificado y producto terminado. Este último, también estará dividido según sea el producto a almacenar para la venta.

#### **3.6.4. Área de servicio**

Tanto el área administrativa como el área de producción deben de contar con los servicios necesarios para un mejor funcionamiento tanto del personal como de la planta, entre los cuales podemos mencionar:

- Servicios sanitarios
- Vestuarios
- Lavamanos
- Bañeras
- Botiquín

Las instalaciones deben de reunir varias condiciones, entre las cuales podemos mencionar las siguientes:

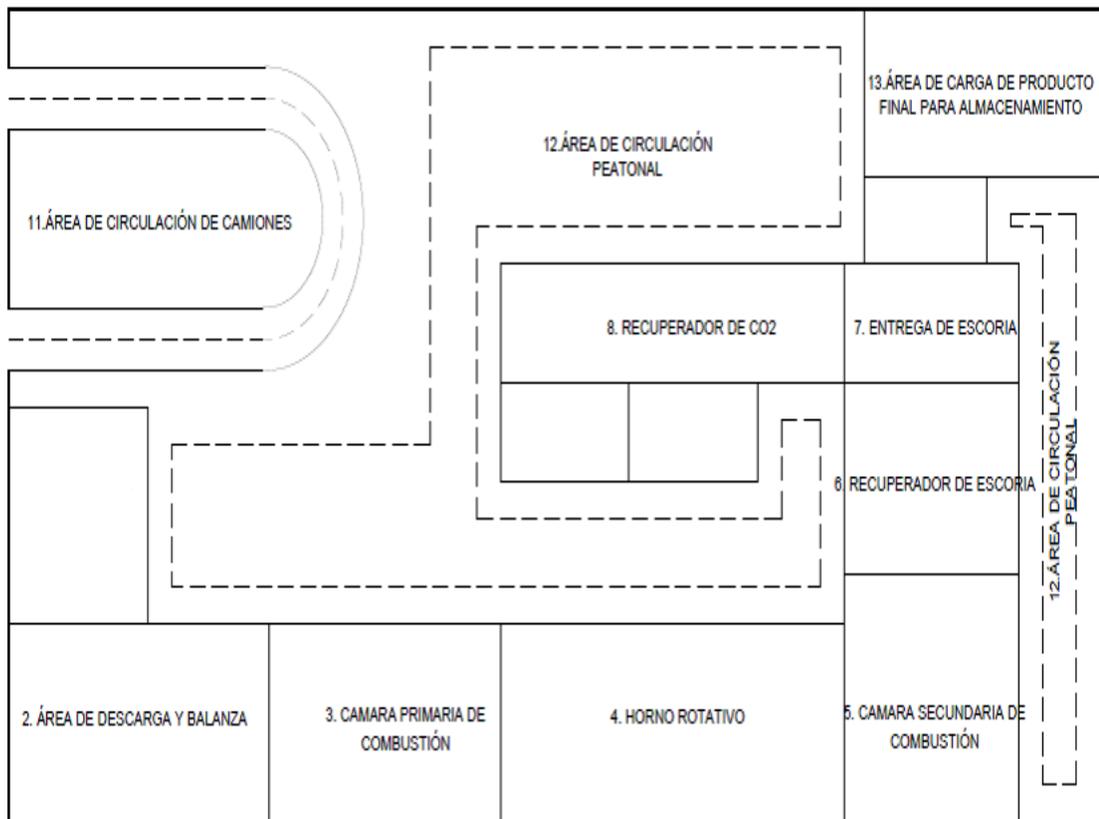
- Deben ser de fácil acceso, para no tener pérdidas de tiempo y así evitar paros en maquinaria.
- Se debe contar con un número adecuado de servicios, estos se definirán según el número de empleados que laboren en la planta.

- Deben contar con un fácil proceso de limpieza y estar rodeadas de condiciones de salud idóneas.

### 3.6.5. Distribución de la maquinaria

Se debe tomar en cuenta que para el funcionamiento correcto de cada una de las operaciones y para contar con la mayor eficiencia de la planta, es necesario contar con una maquinaria adecuada para un fácil manejo de los desechos y producto reprocesado.

Figura 10. Distribución de maquinaria



Fuente: elaboración propia.

### **3.7. Cronograma**

La adquisición del presupuesto de inversión tendrá que realizarse con ayuda paralela de la municipalidad de Chimaltenango a través de la dirección municipal de planificación para que ingrese a la unidad técnica departamental, quien se encargará de presentarlo a la Segeplan para su análisis, y de ser aprobado, ingresará al sistema de presupuesto de ingresos y gastos de la nación.

El trabajo a realizar por la dirección municipal de planificación de Chimaltenango, consiste en presentarlo como parte del programa de trabajo y al ser aprobado dentro del presupuesto general tendrá que presentar la programación respectiva de acuerdo con las regulaciones vigentes del gobierno.

Al ser aprobada la programación, tendrá que sujetarse a las regulaciones de la ley de contrataciones del estado, ley de presupuesto y a los reglamentos correspondientes.

La dirección municipal de planificación de Chimaltenango previo a recibir la autorización del presupuesto deberá afinar las cotizaciones de equipos a instalar y/o proveedores adjudicatarios de algún contrato para compra de equipos o suministros.

Un aspecto técnico muy importante durante este año será trabajar en los detalles generando planos para la construcción de la planta y ajustando la inversión al presupuesto asignado y asignar el proyecto de infraestructura al oferente que cumpla con los requerimientos establecidos en las bases de licitación pública; la operación de la planta de tratamiento dependerá de la oficina forestal municipal o alguna figura legal creada para su funcionamiento autónomo.

A continuación se muestra la figura 11. Esta figura muestra el cronograma de inversión para la planta de tratamiento de desechos sólidos a lo largo de los 10 años que se establecieron como horizonte del proyecto, en esta figura también muestra en el tiempo que el proyecto se vuelve sostenible. Las cifras entre paréntesis son negativas y representan un costo.

Figura 11. Cronograma de inversión

Concepto	Año											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ingresos (operación)	-	4033427	4033427	4033427	4033427	4033427	4928567	4928567	4928567	4928567	4928567	
Terreno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Topografía (15000)	(15000)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Diseño detallado de planta (5000)	(5000)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Construcción de instalaciones (4222500)	(4222500)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pavimentación (1325775)	(1325775)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pozo y equipo de bombeo (692540)	(692540)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Báscula (153000)	(153000)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cerco de protección (130500)	(130500)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Equipo de computo (32550)	(32550)	-	-	-	(32550)	-	-	-	-	-	(32550)	
Mobiliario (9672)	(9672)	-	-	-	(9672)	-	-	-	-	-	(9672)	
Sistema de agua potable (97771)	(97771)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sistema eléctrico (194800)	(194800)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sistema de comunicación (35600)	(35600)	-	-	(35600)	-	-	-	-	(35600)	-	-	
Sistema de drenaje (5590)	(5590)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Desarrollo y mejora (Imprevistos) (100000)	(100000)	(25000)	(25000)	(25000)	(25000)	(25000)	(25000)	(25000)	(25000)	(25000)	(25000)	
Costos de operación (774698)	(774698)	(1970672)	(1730672)	(1730672)	(1730672)	(1730672)	(1790590)	(1751525)	(1790590)	(1751525)	(1790590)	
Total	(7794995)	2037755	2277755	2277755	2242155	2235533	3112977	3152042	3077377	3152042	3070755	
	No sostenible						Sostenible					

Fuente: elaboración propia.

## **4. ESTUDIO LEGAL Y ADMINISTRATIVO**

En este capítulo se definirán todos los aspectos legales y fiscales que rodean al proyecto, además de un organigrama general en donde se indican los altos mandos y los responsables del funcionamiento adecuado de la planta.

### **4.1. Figura legal**

Es necesario que la administración de la planta de tratamiento de desechos sólidos tenga autonomía jurídica y financiera a través de un fideicomiso de administración y pagos, este será un servicio prestado por algunos de los bancos del sistema. Actualmente, el municipio de Chimaltenango cuenta con los siguientes bancos: GyT Continental, Agromercantil, Banco de Antigua, Industrial, Banrural, Reformador, Azteca, Crédito Hipotecario Nacional, Citi Bank, Promerica y Bantrab.

Fiducia: mediante la fiducia una persona natural o jurídica (fideicomitente) confía a una sociedad fiduciaria (banco del sistema) uno o más de sus bienes, para que cumpla con una finalidad determinada en el contrato. Esta finalidad puede ser en provecho del mismo propietario o de otra persona (beneficiario). La fiducia es un mecanismo elástico, pues permite realizar todas las finalidades lícitas que las necesidades determinen.

Como consecuencia de la fiducia, una entidad especializada y profesional (la fiduciaria), se compromete a realizar su mejor esfuerzo para conseguir la finalidad que le señala su cliente, con los bienes recibidos para el efecto. La sociedad fiduciaria nunca adquiere la propiedad absoluta de los bienes recibidos en fiducia.

Fideicomiso de administración y pagos: es un producto del sistema bancario que se desarrolla especialmente al servicio de las entidades públicas, que en muchos casos no cuentan con la infraestructura necesaria para efectuar pagos con la oportunidad o el cubrimiento territorial que se requiere.

El fideicomitente entrega a la fiduciaria una suma de dinero con el fin de que efectúe una serie de pagos y con el fin de que, mientras se efectúan dichos pagos, la invierta productivamente, en la forma en que el fideicomitente determine.

Al lado de esta gestión, es usual que la fiduciaria también se encargue de realizar los trámites previos a la celebración de los contratos que dan origen a los pagos.

#### **4.2. Aspectos legales y fiscales**

En esta sección se mencionan las principales disposiciones contenidas en las leyes, acuerdos y/o resoluciones que se relacionan con el proyecto.

Constitución Política de la República de Guatemala: en la sección séptima, sobre salud, seguridad y asistencia social, artículo 97 de medioambiente y equilibrio ecológico, La Constitución Política de la República de Guatemala dice: “El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico, que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación”.

Ley del Impuesto Sobre la Renta: El inciso a) del artículo 6 de la ley de impuesto sobre la renta –Isr-, establece que está exenta de pago del impuesto, las rentas que obtengan los organismos del estado, y sus entidades descentralizadas y autónomas, las municipalidades y sus empresas excepto las provenientes de personas jurídicas formadas con capitales mixtos. Así mismo, el inciso e) del mismo artículo establece que los intereses y las comisiones de préstamos contratados en el exterior por los organismos del estado, las municipalidades y sus entidades, también están exentos del pago del impuesto sobre la renta.

Ley del Impuesto al Valor Agregado: la Ley de Impuesto al Valor Agregado –IVA- y su reglamento, no presenta exenciones relacionadas con organismos del estado o municipalidades y sus empresas. Esto quiere decir que cualquier organismo municipal debe estar inscrito ante la SAT para control de pago del impuesto al valor agregado.

Código Tributario: según el Código Tributario, capítulo I, artículo 1, sobre el campo y carácter de aplicación, dice: “Las normas de este código son de derecho público y regirán las relaciones jurídicas que se originen de los tributos establecidos por el estado, con excepción de las relaciones tributarias aduaneras y municipales, a las que se aplicarán en forma supletoria. También se aplicarán supletoriamente a toda relación jurídico tributaria, incluyendo las que provengan de obligaciones establecidas a favor de entidades descentralizadas o autónomas y de personas de derecho público no estatales”.

Código de Trabajo: lo consignado en el Código de Trabajo es necesario para regular lo relacionado con: los contratos individuales de trabajo; las obligaciones de los patronos; obligaciones de los trabajadores; terminación de contratos de trabajo; salarios mínimos; jornadas de trabajo; descansos semanales y días de asueto, prestaciones y bonificaciones laborales entre otras.

El Código de Trabajo establece la obligación del patrono para adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida, la seguridad y la salud de los trabajadores que prestan sus servicios. Para ello deberán adoptarse algunas medidas para prevenir accidentes, prevenir enfermedades profesionales, y eliminar las causas que las provocan, prevenir incendios, proveer un ambiente sano de trabajo, etc.

Trámite ante el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social: todo patrono, persona individual o jurídica que ocupe tres o más trabajadores, está obligado a inscribirse en el régimen de seguridad social. Al emplearse los servicios de los trabajadores indicados, el patrono está obligado a descontar la cuota laboral y gestionar inmediatamente su inscripción en el régimen de seguridad social.

Ley de Protección y Mejoramiento del Ambiente: en el capítulo I, principios fundamentales, artículo 8 (reformado por el decreto del congreso número 1-93) dice:

“Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la comisión del medio ambiente.”

El funcionario que omitiere exigir el estudio de impacto ambiental de conformidad con este artículo, será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de impacto ambiental será sancionado con una multa de Q5 000,00 a Q100 000,00.

En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla.

En el capítulo II, artículo 15, inciso d) de la Ley de Protección y Mejoramiento del Ambiente, indica que debe demostrarse técnicamente los casos en que debe producirse o permitirse el vertimiento de residuos, basuras, desechos o desperdicios en una fuente receptora, de acuerdo con las normas de calidad del agua. Esto al igual que las especificaciones sobre el lugar correcto para instalar una planta para tratamiento de desechos sólidos, busca no contaminar el manto freático o la fuente directa de agua potable.

Así también en el capítulo V, artículo 18, se mencionan que será el organismo ejecutivo quien emitirá los reglamentos correspondientes, relacionados con las actividades que puedan causar alteración estética del paisaje y de los recursos naturales, provoquen ruptura del paisaje y otros factores considerados como agresión visual y cualesquiera otras situaciones de contaminación y visual, que afecten la salud mental y física y la seguridad de las personas.

Código Municipal: la literal e) del artículo 68 de este código (decreto número 12-2002 del Congreso de la República de Guatemala), indica que es de competencia municipal la autorización de licencias de construcción de obras públicas o privadas en la circunscripción del municipio. Por su parte el artículo 142 establece que cualquier forma de desarrollo urbano o rural que realicen personas individuales o jurídicas, deberá contar con la aprobación y autorización de la municipalidad local.

Estas formas de desarrollo, además de cumplir con las leyes que las regulan, deberán comprender y garantizar como mínimo, el establecimiento, funcionamiento y administración de los servicios públicos siguientes:

- Vías, calles, avenidas; camellones y aceras de las dimensiones, seguridades y calidades adecuadas, según su naturaleza.
- Agua potable y sus correspondientes instalaciones, equipos y red de distribución.
- Energía eléctrica, alumbrado público y domiciliario
- Alcantarillado y drenajes generales y conexiones domiciliarias
- Áreas recreativas y deportivas, escuelas, mercados, terminales de transporte y de pasajeros, y centros de salud.

Ley General de Descentralización (descentralización del órgano ejecutivo municipal): la alcaldía de Chimaltenango no tiene capacidad técnica ni recursos humanos suficientes para ejercer el control de los servicios públicos y la gestión social se ve impedida por las dimensiones y complejidad del municipio.

El Consejo Municipal de Desarrollo tiene atribuciones limitadas, por lo que no ha podido ejercer ningún control sobre las obras y ejecución presupuestaria de los fondos de coparticipación, mucho menos es posible un acceso a la gestión en general. Estas carencias pueden ser resueltas a través de la aplicación de la ley general de descentralización que establece la “Descentralización el proceso mediante el cual se transfiere desde el Organismo Ejecutivo a las municipalidades y demás instituciones del Estado...”

Las atribuciones del Consejo Municipal de Desarrollo le permiten supervisar la eficiente y eficaz prestación de los servicios públicos a través de una auditoria social de la gestión pública.

A partir de la implementación de la Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural y su reglamento se han logrado avances importantes en la capacidad de gestión de los sectores populares de la ciudad. Este logro permite prever de manera optimista la mayor participación de las organizaciones de base en el control de gestión de los servicios públicos, siempre que estos están descentralizados y al alcance de los usuarios.

La segmentación territorial y sectorial del consejo municipal permitirá un control efectivo de la población sobre la calidad de los servicios públicos y la correcta aplicación de los recursos municipales.

Las dificultades que representa para el municipio el control de cobro de tarifas por parte de la unidad jurídica formada, así como el engorroso trámite de transferencias de fondos hacia la municipalidad, hace necesario la subcontratación y diversificar este sistema mediante convenios con las empresas recolectoras de basura que actualmente laboran en el municipio, para que sean contratadas por la municipalidad por ser éstas de menor escala y más fáciles de fiscalizar.

La relación entre la alcaldía, los usuarios organizados y representados a través de sus COCODES y la microempresa, son condiciones que garantizan una efectiva y eficiente prestación de servicios públicos. Esta modalidad además facilita la disposición del pago de servicios por parte de los usuarios a través de cooperativas locales.

Participación comunitaria en la gestión: una población involucrada en la gestión de desechos sólidos permite la reducción de los mismos, los procesos de selección y reutilización, mediante la educación ambiental y la acción directa de la población a través de escuelas, colegios, juntas vecinales, etc.

El servicio de recolección de basura contratado sería mejor controlado si la comunidad conociera los términos y alcances de su compromiso. Los usuarios de cada colonia podrían participar a través de la unión de juntas vecinales y en estrecha relación con la alcaldía, para hacer seguimiento a la calidad del servicio de recolección de basura.

Según el estudio de mercado efectuado, la población está dispuesta a pagar por el servicio de recolección, pero demanda servicios de calidad y control de gestión. Para hacer posible esta participación se requiere el diseño de normas y procedimientos muy claros para ser un instrumento útil de trabajo y evitar los excesos y confusión de roles.

Los primeros responsables de la falta de un sistema de recolección son los propios habitantes que colocan los desechos fuera de lugar. Se deberá generar la conciencia de que la mejor manera de limpiar es no ensuciar, mediante campañas de educación ambiental y de limpieza por zonas.

#### **4.3. Estudio administrativo**

Este estudio estará relacionado con el cálculo de personal necesario, las planillas de pago de salarios, el organigrama general y la descripción y perfil de puestos.

#### 4.3.1. Cálculo del personal necesario

El personal de la planta trabajará dentro de un horario de 7:00 a 12:00 horas para la jornada matutina y de 13:00 a 17:00 horas para la jornada vespertina, ambas jornadas formarán parte del día de trabajo ordinario, lo anterior se cumplirá de lunes a jueves y el viernes la salida será a las 16:00 horas para completar las 44 horas de trabajo ordinario durante la semana, como lo establece el código de trabajo. Otras regulaciones laborales establecidas por la ley serán consideradas cuando el horario de trabajo sea diferente al mencionado anteriormente.

Tabla XXX. Personal requerido para la planta de tratamiento

Período de trabajo (años)	Puesto	Plazas	Salario mensual (sin bonificación)
Personal profesional			
0 y 1	Asesor	1	Q20 000,00
0 al 10	Jefe de planta	1	Q9 750,00
1 al 10	Jefe de producción	1	Q5 750,00
0 al 10	Jefe de comunicación	1	Q5 750,00
Personal técnico			
1 al 10	Secretaria	1	Q3 750,00
1 al 10	Personal de recolección	2	Q2 750,00
1 al 10	Personal de manejo de maquinaria	6	Q3 750,00
1 al 10	Personal de disposición final	3	Q2 750,00
0 al 10	Personal de comunicación	2	Q3 750,00
0 al 10	Personal de seguridad	2	Q2 750,00

Fuente: elaboración propia.

#### **4.3.2. Planilla de salarios del personal**

Para la planilla de salarios y el cálculo de prestaciones imputables al patrono, se utiliza la siguiente base legal:

Bonificación incentivo (bono salarial): artículo 7 del Decreto No. 78-89 del Congreso de la República de Guatemala.

Bonificación anual (bono 14): artículo 2, párrafo segundo del decreto No. 42-92 del Congreso de la República de Guatemala.

Aguinaldo: artículos 1 y 9 de la Ley Reguladora de la Prestación del Aguinaldo para Trabajadores Públicos y Privados, y artículo 102 literal j) de la Constitución de la República de Guatemala.

Vacaciones: artículo 106, literal i) de la Constitución Política de la República de Guatemala; artículos 82, 130,131, 133 y 134 del Código de Trabajo; y artículo 6 del decreto No. 64-92.

Indemnización: artículo 82 del Código de Trabajo; artículo 4 de la Ley de Bonificación Anual para Trabajadores del Sector Privado y Público (decreto No. 42-92).

Ventajas económicas: de conformidad con el artículo 90, último párrafo del Código de Trabajo, el cálculo debería de hacerse con base en el salario ordinario. Sin embargo, el procedimiento utilizado por la inspección general de trabajo y en la práctica judicial se hace con base al valor de la indemnización calculada, por lo que se toma esta última.

Los resultados de la planilla de salarios y sus respectivas prestaciones se muestran en la figura 12. Estos cálculos han sido redondeados por simplificación al entero próximo y las cifras son expresadas en quetzales.

Figura 12. Planilla del personal para la planta de tratamiento

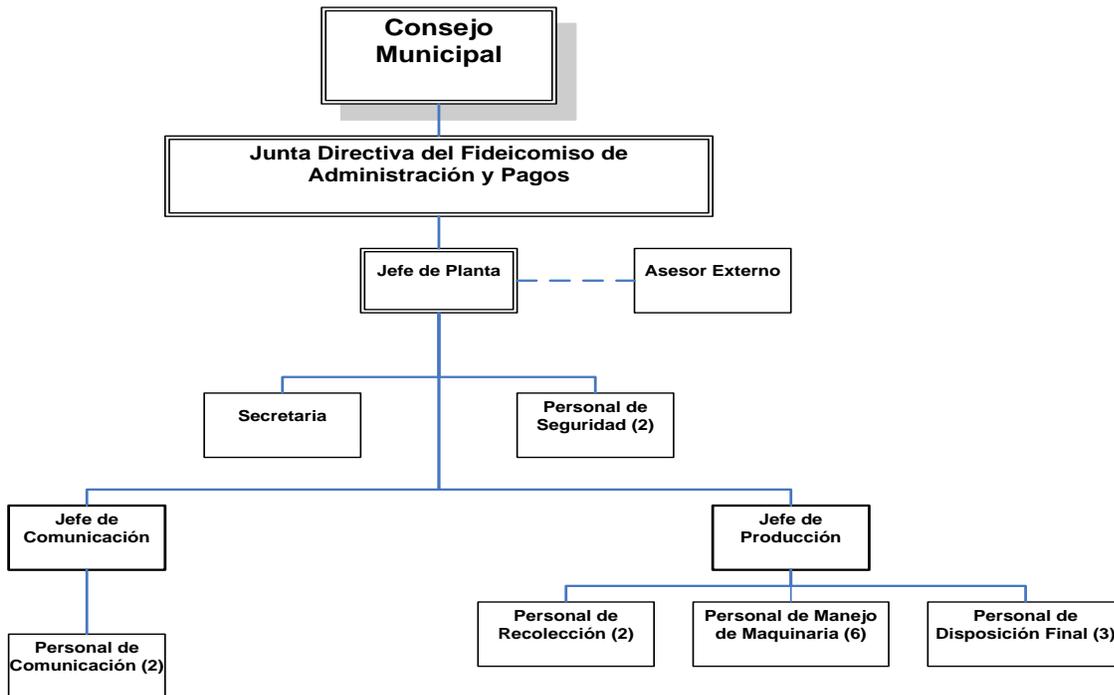
Periodo de trabajo (años)	Puesto	Clasificación		Bono Base	Salario mensual	Salario anual	Prestaciones					Prestación anual	Total Devengado (Año 0)	Total Devengado (Año 1)	Total Devengado (Año 2)
		Plazas	Bono 14 (8.33%)				Bono (8.33%)	Vacaciones (4.17%)	Indemnización (8.45%)	Ventajas económicas (30%)					
<b>Profesionales</b>															
0 y 1	Asesor	1	20000	0	20000	240000	0	0	0	0	0	0	240000	240000	0
0 al 10	Jefe de Planta	1	9750	250	10000	120000	812	407	824	247	37224	157224	157224	157224	157224
1 al 10	Jefe de Producción	1	5750	250	6000	72000	479	240	486	146	21952	0	93952	93952	93952
0 al 10	Jefe de Comunicación	1	5750	250	6000	72000	479	240	486	146	21952	93952	93952	93952	93952
<b>Técnicos</b>															
1 al 10	Secretaria	1	3750	250	4000	48000	312	156	317	95	14317	0	62317	62317	62317
1 al 10	Recolector	2	2750	250	3000	36000	229	115	232	70	10499	0	92998	92998	92998
1 al 10	Personal de manejo de maquinaria	6	3750	250	4000	48000	312	156	317	95	14317	0	373901	373901	373901
1 al 10	Personal de disposición final	3	2750	250	3000	36000	229	115	232	70	10499	0	139497	139497	139497
0 al 10	Personal de comunicación	2	3750	250	4000	48000	312	156	317	95	14317	124634	124634	124634	124634
0 al 10	Personal de seguridad	2	2750	250	3000	36000	229	115	232	70	10499	92998	92998	92998	92998
<b>TOTAL</b>		60750		2250	63000	756000	3394	1699	3443	1033	155575	708807	1471472	1231472	1231472

Fuente: elaboración propia con base al estudio técnico y legal-administrativo.

### 4.3.3. Organigrama general

El siguiente diagrama muestra cómo deberá estar formado el personal que operará la planta de tratamiento de residuos sólidos.

Figura 13. Organigrama de la planta de tratamiento



Fuente: elaboración propia.

### 4.3.4. Descripción y perfil de puestos

Será de mucha utilidad para discernir y desarrollar de manera eficiente las diferentes tareas, deberes, responsabilidades y relaciones recíprocas que sucederán entre el personal que conforma la estructura organizativa de la planta de tratamiento de desechos sólidos. Es aquí donde se asignan las responsabilidades, se delegan las funciones, se identifican los deberes individuales de cada empleado y se establecen los requisitos de cada puesto.

Figura 14. Perfil del puesto de asesor externo

<b>ASESOR EXTERNO</b>	
<b>a. Identificación del puesto</b>	
1. Nombre del puesto:	Asesor Externo
2. Número de plazas:	1
3. Ubicación física y administrativa:	Gerencia de la institución
4. Tipo de contrato:	Anual
5. Ámbito de operación:	Administrativo- financiero
<b>b. Relación de autoridad</b>	
1. Jefe inmediato:	Junta Directiva del Fideicomiso de Admón. Y pagos
2. Subordinados directos:	ninguno
<b>c. Propósito del puesto</b>	
Asesorar y supervisar la selección, el montaje e instalación de equipo e infraestructura necesaria para el tratamiento y disposición final de los desechos sólidos.	
<b>d. Funciones generales</b>	
1. Planificar, organizar, dirigir, coordinar, supervisar y evaluar las actividades técnico administrativas que se desarrollen dentro de la planta.	
2. Definir y formular la misión, visión, políticas, estatutos y reglamentos de la planta.	
3. Cumplir y velar que se cumplan las disposiciones que rigen a la planta.	
4. Velar porque las unidades a su cargo cumplan con sus atribuciones de manera correcta y eficiente.	
<b>e. Funciones específicas</b>	
1. Administrar el presupuesto de gastos para la inversión inicial.	
2. Seleccionar al personal de la planta	
3. Atender y resolver problemas técnico-administrativo relacionados con el diseño de la planta.	
4. Elaborar el presupuesto de ingresos y gastos mensual, durante el tiempo que dure su función.	
<b>f. Responsabilidad</b>	
Será responsable de formar las directrices que conduzcan a la planta hacia una operación eficiente, así como de mantener buena comunicación con la municipalidad Chimalteca y Jefe de Planta proporcionando información oportuna.	
<b>g. Niveles de supervisión</b>	
Entregará informes mensuales a la Dirección General de Planificación de Chimaltenango y Jefe de Planta de tratamiento de desechos sobre las actividades técnicas, administrativas y financieras.	
<b>h. Requisitos del puesto</b>	
1. Conocimientos: Dirección, administración, organización, coordinación y planificación de una planta de tratamiento de desechos sólidos.	
2. Formación: Ing. Civil, Químico con maestrías en Ingeniería Sanitaria o similar.	
3. Experiencia: Mínima de 5 años en proyectos sobre manejo de desechos sólidos.	
4. Características y habilidades: Responsabilidad, puntualidad, don de mando, didáctico, dispuesto a trabajar bajo presión y con facilidad para transmitir conocimientos.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Perfil del puesto de jefe de planta

<b>JEFE DE PLANTA</b>	
<b>a. Identificación del puesto</b>	
1. Nombre del puesto:	Jefe de Planta
2. Número de plazas:	1
3. Ubicación física y administrativa:	Gerencia de la institución
4. Tipo de contrato:	Anual
5. Ámbito de operación:	Administrativo- financiero
<b>b. Relación de autoridad</b>	
1. Jefe inmediato:	Junta Directiva del Fideicomiso de Admón.
2. Subordinados directos:	Secretaria, Jefe de comunicaciones, Jefe de Producción
<b>c. Propósito del puesto</b>	
Contar con una persona que vele por el buen funcionamiento operativo, administrativo, docente y legal de la planta de tratamiento de desechos sólidos.	
<b>d. Funciones generales</b>	
1. Planificar, organizar, dirigir, coordinar, supervisar y evaluar las actividades técnico administrativas que se desarrollen dentro de la planta.	
2. Cumplir y velar que se cumplan las disposiciones que rigen a la planta.	
3. Velar porque las unidades a su cargo cumplan con sus atribuciones de manera correcta y eficiente.	
<b>e. Funciones específicas</b>	
1. Elaborar un plan detallado de trabajo anual para la planta.	
2. Administrar en forma eficaz y eficiente los recursos de la planta.	
3. Seleccionar al personal de operación de la planta.	
4. Elaborar informes estadísticos mensuales de las actividades técnico, administrativas y financieras para ser entregadas a la municipalidad de Chimaltenango.	
5. Atender y resolver dudas de los jefes de otras áreas.	
6. Planificar y efectuar mensualmente reuniones con los jefes de cada área.	
7. Planificar y efectuar trimestralmente reuniones con el personal operativo de la planta.	
8. Elaborar el presupuesto de ingresos y gastos, anualmente.	
<b>f. Responsabilidad</b>	
Será el responsable de administrar de manera eficiente los ingresos y egresos de la planta, así como sostener una buena comunicación con los jefes de las diferentes áreas operativas presentándoles información clara y oportuna.	
<b>g. Niveles de supervisión</b>	
Entregará informes mensuales a la Dirección General de Planificación de Chimaltenango y recibirá de las diferentes áreas operativas un informe mensual sobre las actividades indicadas.	
<b>h. Requisitos del puesto</b>	
1. Conocimientos: Dirección, administración, organización, coordinación y planificación de una planta de tratamiento de desechos sólidos.	
2. Formación: Ing. Civil, Químico.	
3. Experiencia: Mínima de 3 años en posiciones similares.	
4. Características y habilidades: Responsabilidad, puntualidad, don de mando, didáctico, dispuesto a trabajar bajo presión y habilidad para tomar decisiones.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Perfil del puesto de jefe de producción**

<b>JEFE DE PRODUCCIÓN</b>	
<b>a. Identificación del puesto</b>	
1. Nombre del puesto:	Jefe de Producción
2. Número de plazas:	1
3. Ubicación física y administrativa:	Área de proceso
4. Tipo de contrato:	Anual
5. Ámbito de operación:	Técnico-Administrativo
<b>b. Relación de autoridad</b>	
1. Jefe inmediato:	Jefe de Planta
2. Subordinados directos:	Personal de: recolección, manejo de maquinaria y disposición final
<b>c. Propósito del puesto</b>	
Puesto necesario para coordinar la demanda de los diferentes materiales recolectados, así como el cuidado y manejo de los productos resultantes del proceso.	
<b>d. Funciones generales</b>	
1. Cumplir la expectativa y objetivos de la planta de tratamiento de desechos sólidos. 2. Transmitir conocimientos a subordinados.	
<b>e. Funciones específicas</b>	
1. Supervisión técnica en el manejo de desechos sólidos y productos de la disposición final. 2. Llevar el control de las cantidades de cada producto final. 3. Realizar controles de calidad en los productos terminados. 4. Asistir puntualmente a las reuniones con los demás jefes de área. 5. Velar porque el personal utilice el equipo de seguridad.	
<b>f. Responsabilidad</b>	
Será responsable de que el producto final del proceso estén dentro del estándar de calidad para su venta, así como el manejo del personal de producción.	
<b>g. Niveles de supervisión</b>	
Se encargará de enviar reportes mensuales al Jefe de Planta y supervisará la operación del personal de todo el proceso de oxidación térmica.	
<b>h. Requisitos del puesto</b>	
1. Conocimientos: Dirección, administración, organización, coordinación y planificación para personal que realice tareas repetitivas. 2. Formación: Ing. Agrónomo o Químico. 3. Experiencia: Mínima de 3 años en posiciones similares. 4. Características y habilidades: Responsabilidad, puntualidad, don de mando, didáctico, dispuesto a trabajar bajo presión y con facilidad para transmitir conocimientos.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Perfil del puesto de jefe de comunicación

<b>JEFE DE COMUNICACIÓN</b>	
<b>a. Identificación del puesto</b>	
1. Nombre del puesto:	Jefe de Comunicación
2. Número de plazas:	1
3. Ubicación física y administrativa:	Visitando sede de clientes potenciales, Área de Gerencia.
4. Tipo de contrato:	Anual
5. Ámbito de operación:	Técnico-Administrativo
<b>b. Relación de autoridad</b>	
1. Jefe inmediato:	Jefe de Planta
2. Subordinados directos:	Personal de comunicación.
<b>c. Propósito del puesto</b>	
Que exista alguien que se encargue de la labor de comunicación social, para transmitir a la población Chimalteca el impacto positivo que representa el manejo adecuado de los desechos, así como realizar las negociaciones con los clientes potenciales que requieran de este servicio además de los hogares.	
<b>d. Funciones generales</b>	
1. Impulsar y dirigir la labor de comunicación y ventas para los productos de la disposición final de los desechos sólidos.	
<b>e. Funciones específicas</b>	
1. Supervisión técnica del personal de comunicación.	
2. Contactar telefónicamente o realizar visitas a clientes potenciales.	
3. Realizar visitas programadas con los clientes.	
4. Recibir, recopilar y enviar información de mercado para los productos de la planta.	
5. Asistir puntualmente a las reuniones con los demás jefes de área.	
<b>f. Responsabilidad</b>	
Será responsable de mantener una buena comunicación con los clientes y comunidad Chimalteca informándoles sobre el avance de la disposición final de los desechos sólidos.	
<b>g. Niveles de supervisión</b>	
Enviará reportes mensuales sobre las actividades técnicas y extracurriculares al jefe de planta y supervisará la labor del personal de comunicación.	
<b>h. Requisitos del puesto</b>	
1. Conocimientos: Dirección, administración, organización, coordinación de planes de comunicación masiva.	
2. Formación: Lic. En Mercadotecnia y/o publicidad.	
3. Experiencia: Mínima de 3 años en posiciones similares.	
4. Características y habilidades: Responsabilidad, puntualidad, don de mando, didáctico, dispuesto a trabajar bajo presión y con facilidad para transmitir conocimientos.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Perfil del puesto de secretaria

<b>SECRETARIA</b>	
<b>a. Identificación del puesto</b>	
1. Nombre del puesto:	Secretaria
2. Número de plazas:	1
3. Ubicación física y administrativa:	Oficinas administrativas
4. Tipo de contrato:	Anual
5. Ámbito de operación:	Administrativo
<b>b. Relación de autoridad</b>	
1. Jefe inmediato:	Jefe de Planta
2. Subordinados directos:	Ninguno
<b>c. Propósito del puesto</b>	
Es un puesto de carácter administrativo/operativo, que tiene como propósito realizar labores secretariales, llevar los registros contables de la planta, apoyar al administrador y al jefe de planta.	
<b>d. Funciones generales</b>	
1. Realizar las actividades secretariales de la planta. 2. Mantener al día las actividades contables de la planta.	
<b>e. Funciones específicas</b>	
1. Manejar información acerca de los salarios. 2. Manejo de archivos y documentación interna. 3. Atención a clientes y visitantes. 4. Recepción de llamadas telefónicas. 5. Tomar nota de los dictados requeridos por la jefatura o administración. 6. Escribir a mano y/o computadora: cartas, memos, actas, notas y cualquier documento que le sea requerido por el jefe de planta o administrador. 7. Llevar registros y controles contables y elaborar estados financieros, para su posterior análisis. 8. Ayudar y apoyar en reuniones y actividades realizadas en la planta. 9. Cualquier otra función inherente al cargo y que sea asignada por su jefe inmediato.	
<b>f. Responsabilidad</b>	
Será la persona responsable de llevar los registros de ingresos y gastos, así como la caja chica.	
<b>g. Niveles de supervisión</b>	
Será supervisada directamente por el administrador y eventualmente por el jefe de planta.	
<b>h. Requisitos del puesto</b>	
1. Conocimientos: Actividades secretariales, manejo de paquetes de software, conocimientos contables. 2. Formación: Perito contador, con amplios conocimientos de computación, redacción y correspondencia, catalogación y archivo. 3. Experiencia: Mínima de 2 años en puestos similares. 4. Características y habilidades: Responsabilidad, puntualidad, habilidad en el manejo de aspectos contables, buenas relaciones interpersonales.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Perfil del puesto de guardia de seguridad**

<b>GUARDIA DE SEGURIDAD</b>	
<b>a. Identificación del puesto</b>	
1. Nombre del puesto:	Guardia de Seguridad
2. Número de plazas:	2
3. Ubicación física y administrativa:	Garita de Seguridad
4. Tipo de contrato:	Anual
5. Ámbito de operación:	Administrativo
<b>b. Relación de autoridad</b>	
1. Jefe inmediato:	Jefe de Planta
2. Subordinados directos:	Ninguno
<b>c. Propósito del puesto</b>	
Es un puesto de carácter administrativo/operativo, que tiene como propósito mantener la seguridad de la planta de tratamiento las 24 horas del día, así como apoyar al Jefe de Planta.	
<b>d. Funciones generales</b>	
1. Realizar las actividades de seguridad de la planta. 2. Mantener el control de los vehículos que entran y salen de las instalaciones.	
<b>e. Funciones específicas</b>	
1. Manejar información sobre los vehículos que circulan dentro de la planta. 2. Recepción de llamadas telefónicas. 3. Realizar supervisiones no programadas durante los horarios hábiles e inhábiles dentro de la planta. 4. Cualquier otra función inherente al cargo que sea asignada por su jefe inmediato.	
<b>f. Responsabilidad</b>	
Será la persona responsable de supervisar el ingreso y salida de personal; así como el control de materiales, vehículos y camiones de basura.	
<b>g. Niveles de supervisión</b>	
Será supervisada directamente por el Jefe de Planta.	
<b>h. Requisitos del puesto</b>	
1. Conocimientos: Manejo de armas y defensa personal. 2. Formación: Servicio militar. 3. Experiencia: Mínima de 2 años en puestos similares. 4. Características y habilidades: Responsabilidad, puntualidad y buenas relaciones interpersonales.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Perfil del puesto de recolector

RECOELCTOR	
<b>a. Identificación del puesto</b>	
1. Nombre del puesto:	Recolector
2. Número de plazas:	2
3. Ubicación física y administrativa:	Área de recepción de basura
4. Tipo de contrato:	Anual
5. Ámbito de operación:	Operativo
<b>b. Relación de autoridad</b>	
1. Jefe inmediato:	Jefe de Producción
2. Subordinados directos:	Ninguno
<b>c. Propósito del puesto</b>	
Que exista una persona encargada de la recepción de la basura en el inicio de todo el proceso, esta persona se encargara de que toda la basura del camion sea recogida.	
<b>d. Funciones generales</b>	
1. Realizar las actividades de recolección e inspección al inicio del proceso.	
<b>e. Funciones específicas</b>	
1. Manejar información sobre los vehículos que circulan dentro de la planta.	
2. Recepción de la basura al inicio del proceso.	
<b>f. Responsabilidad</b>	
Será la persona responsable de llevar el control de los camiones que dejen la basura y la supervisión de esta para que la cantidad de basura sea la adecuada para la capacidad de la maquinaria.	
<b>g. Niveles de supervisión</b>	
Será supervisada directamente por el Jefe de Planta.	
<b>h. Requisitos del puesto</b>	
1. Conocimientos: Conocer el riesgo de trabajar con productos de desecho o reciclaje.	
2. Formación: 3ro. Básico como mínimo.	
3. Experiencia: No necesaria.	
4. Características y habilidades: Responsabilidad, puntualidad y buenas relaciones interpersonales.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Perfil del puesto de personal de disposición final**

<b>PERSONAL DE DISPOSICIÓN FINAL</b>	
<b>a. Identificación del puesto</b>	
1. Nombre del puesto:	Personal de disposición final
2. Número de plazas:	3
3. Ubicación física y administrativa:	Celda de control
4. Tipo de contrato:	Anual
5. Ámbito de operación:	Operativo
<b>b. Relación de autoridad</b>	
1. Jefe inmediato:	Jefe de Producción
2. Subordinados directos:	Ninguno
<b>c. Propósito del puesto</b>	
Que existan personas con condiciones de apoyar en diferentes áreas de trabajo y manejo de residuos en estado final.	
<b>d. Funciones generales</b>	
1. Realizar las actividades de recolección e inspección al inicio del proceso.	
<b>e. Funciones específicas</b>	
1. Brindar apoyo a la disposición final de los productos del proceso de oxidación térmica	
2. Brindar apoyo a las áreas de producción de los subproductos.	
<b>f. Responsabilidad</b>	
Será responsable que todos los subproductos sean transportados y supervisados antes de llegar al área de disposición final.	
<b>g. Niveles de supervisión</b>	
Recibirá la supervisión del jefe de planta y del jefe de producción para acomodar los subproductos en el lugar adecuado, para apoyar al área de producción.	
<b>h. Requisitos del puesto</b>	
1. Conocimientos: Conocer el riesgo de trabajar con productos de desecho o reciclaje.	
2. Formación: Conocimientos en productos químicos o áreas afines.	
3. Experiencia: Mínimo 1 año en puestos similares o de manejo de productos químicos.	
4. Características y habilidades: Responsabilidad, puntualidad y buenas relaciones interpersonales.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Perfil del puesto de comunicadores

<b>COMUNICADORES</b>	
<b>a. Identificación del puesto</b>	
1. Nombre del puesto:	Comunicador
2. Número de plazas:	2
3. Ubicación física y administrativa:	Área administrativa, sedes de clientes, escuelas, etc.
4. Tipo de contrato:	Anual
5. Ámbito de operación:	Operativo
<b>b. Relación de autoridad</b>	
1. Jefe inmediato:	Jefe de Comunicación
2. Subordinados directos:	Ninguno
<b>c. Propósito del puesto</b>	
Que haya alguien encargado de difundir la información concerniente a la planta de tratamiento de desechos sólidos y de la importancia del manejo de los desechos para mejorar el medio ambiente.	
<b>d. Funciones generales</b>	
1. Brindar apoyo para divulgar la labor del cuidado del medio ambiente y de la recolección de basura.	
<b>e. Funciones específicas</b>	
1. Preparar presentaciones en colegios e institutos, realizar visitas a las diferentes áreas de disposición final con personal ajeno a las instalaciones para que conozcan el proceso.	
2. Ofrecer servicios de recolección o disposición final.	
<b>f. Responsabilidad</b>	
Que la labor de divulgación del manejo de desechos sólidos se transmita objetivamente.	
<b>g. Niveles de supervisión</b>	
Realizará reportes semanales al Jefe de Comunicación para control de las unidades a las cuales se les ha presentado la información, así como de clientes potenciales para brindarles el servicio.	
<b>h. Requisitos del puesto</b>	
1. Conocimientos: Conocimientos de mercadotecnia y de computación.	
2. Formación: Nivel universitario.	
3. Experiencia: Mínimo 1 año en puestos similares.	
4. Características y habilidades: Responsabilidad, puntualidad, extrovertido, dispuesto a trabajar bajo presión y con facilidad para transmitir conocimientos.	

Fuente: elaboración propia.

#### **4.4. Resumen estudio legal y administrativo**

Este estudio contempla los diferentes reglamentos y leyes influyentes, a las cuales se adapta el presente proyecto, éstas servirán para ejecutar las diferentes fases desde su formación autónoma, construcción, apertura y operación.

La figura legal será creada para que la planta de tratamiento de desechos sólidos funcione a través de un fideicomiso de administración por medio de alguno de los bancos del sistema, quien deberá pagarlos salarios de los trabajadores y las deudas adquiridas con proveedores de productos o servicios.

De esta manera la planta de tratamiento será una entidad autónoma de la municipalidad, ésta última únicamente recibirá el beneficio social que aporte su operación y las reinversiones en materia de protección del ambiente en el casco urbano del municipio de Chimaltenango.

A través de este marco legal fue posible completar otros estudios como el financiero para determinar que una entidad relacionada con la municipalidad se encuentra exenta por pago de impuestos a excepción del IVA.

El estudio administrativo propone cantidad y calidad del personal necesario para operar y administrar la planta, así mismo se estableció el pago de salarios, prestaciones, contratos y requisitos necesarios a cumplir para el reclutamiento de personal con los perfiles recomendados.

La operación y administración de la planta se detalla en cada ficha de la descripción de puestos para los trabajadores, así mismo se presenta el organigrama como complemento definitivo de los roles para cada posición operativa o administrativa.

## **5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

En el ámbito nacional de acuerdo con disposiciones del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-, para todo proyecto, obra, industria o actividad se requiere como primer elemento para determinar si es necesario o no, la presentación adicional de un estudio de impacto ambiental también existe la posibilidad de realizar una evaluación ambiental Inicial, mediante el Formulario de Evaluación Ambiental Inicial -FEAI-, el cual es presentado a la dirección de gestión ambiental y recursos naturales o bien en las delegaciones del ministerio para su evaluación.

Existe una guía de términos de referencia para la elaboración de un estudio de impacto ambiental emitida por la dirección general de gestión ambiental y recursos naturales, éstos son aplicados principalmente a los proyectos de alto impacto ambiental (categoría A) o bien a los catalogados como de moderada a alto impacto ambiental (categoría B1).

En el presente caso, el estudio de impacto ambiental se desarrolla tomando en consideración los temas relacionados y adaptándolos a los requerimientos indicados y además por considerar que a primera vista, resulta evidente que los posibles impactos adversos que el presente proyecto pueda generar son de magnitud e importancia baja.

### **5.1. Identificación y valoración de los impactos**

La identificación de los impactos para los medios: físico, biótico y humano, ayudará a poder hacer la valoración indicada, que representará la magnitud e importancia de los impactos del proyecto, según sea en la fase en que se encuentre.

### **5.1.1. Impactos positivos**

Los impactos positivos están proyectados principalmente hacia el factor humano durante ambas fases del proyecto (construcción y operación), ambas fases reciben beneficios temporales y permanentes para los renglones sociales y económicos.

Para la etapa de operación en lo social, existirán impactos positivos por la capacitación del personal para las diferentes áreas de trabajo dentro de la planta y por la labor de comunicación que se realice dentro y fuera de sus instalaciones para la formación de un ambiente de conciencia ambiental que beneficiará a los pobladores del municipio de Chimaltenango; también será influencia positiva lo referente a los planes de limpieza que se preparen para los diferentes puntos del municipio abarcando sectores públicos y privados, además durante la operación se contribuirá con la calidad de vida proporcionando trabajo durante el horizonte del proyecto.

Durante la etapa de construcción, y dentro del renglón económico se registrarán beneficios por la generación de empleos lo que sostendrá la calidad de vida de quienes participen en dicho proyecto. Aunque el proyecto sea destinado solamente al casco urbano del municipio de Chimaltenango, el mayor impacto positivo para el proyecto, será mejorar la calidad de vida de todos los habitantes del municipio de Chimaltenango, seguido en lo social por el aumento de educación ambiental que recibirán y que será de mucha importancia para ayudar al éxito del proyecto.

### **5.1.2. Impactos negativos**

Serán aquellos que durante las fases del proyecto constituyen daños perjudiciales en los diferentes medios identificados, ya sean estos permanentes o temporales.

Medio físico: existe un impacto negativo durante la fase de construcción principalmente por la preparación del terreno que afectará la topografía natural del lugar; el zanjeo y el movimiento de tierra los cuales implican la remoción de altos volúmenes de tierra hacia otro lugar, en cuanto al uso, éste cambiará debido a que se construirán las instalaciones de la planta de tratamiento de desechos sólidos.

La atmósfera también será afectada, ya que por el movimiento de tierra se elevarán partículas de polvo al ambiente y se producirán ruidos por el funcionamiento de la maquinaria utilizada para dichas operaciones.

El personal que trabajará en la construcción de las instalaciones generará residuos sólidos y líquidos, aunque esto será temporalmente durante el tiempo que dure el contrato de construcción.

Durante la fase de operación se producirán impactos negativos por las actividades de producción que se desarrollen afectando principalmente la atmósfera por olores y ruidos, producto de la labor de descarga de los desechos en la tolva principal en donde ocurre la primera etapa del proceso de oxidación térmica, se contaminará con ruido el sector por los camiones y cargador frontal cuando realicen sus funciones, así será también por las actividades de transporte que involucran camiones de traslado de materiales lo cuales generarán gases y ruido.

Por último las actividades pueden generar residuos sólidos y líquidos por la operación de las diferentes áreas de trabajo.

Medio biótico: este medio será afectado principalmente por la preparación del terreno donde muchos insectos y animales terrestres tendrán que migrar hacia otra área en busca de un ambiente similar donde puedan desarrollarse, por otra parte algunas aves no encontrarán dentro del área del proyecto el alimento necesario debido a la desaparición de los insectos.

Medio humano: este será afectado temporalmente en el renglón de salud durante la etapa de construcción por la generación de residuos sólidos, producto de empaques de bebidas y comida principalmente.

Durante la fase de operación la salud será afectada por el manejo de residuos orgánicos e inorgánicos en los renglones de producción y transporte, además se generarán internamente desechos sólidos y líquidos que pueden afectar también la salud humana.

Por otra parte la calidad de vida puede ser afectada si no se tratan correctamente los desechos sólidos generados durante las etapas de construcción y operación. El paisaje será modificado producto de la construcción de las instalaciones, éste representa una mayor magnitud y también alta importancia como impacto negativo, al igual que la generación de residuos sólidos durante las dos etapas.

Contaminación del suelo por filtraciones de lixiviados, pérdida de estabilidad del suelo provocando fracturas en el subsuelo y alteración de la permeabilidad natural del suelo.

## **5.2. Control ambiental**

Se denomina control ambiental o gestión del medio ambiente al conjunto de diligencias conducentes al manejo integral del sistema ambiental. Dicho de otro modo, es la estrategia mediante la cual se organizan las actividades que afectan al medio ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales.

### **5.2.1. Manejo y destino final de los residuos que serán generados**

Por las características del proyecto se eliminará todo residuo resultante del proceso de manejo, tratamiento y disposición de los desechos sólidos. La base del proyecto es la eliminación de contaminantes, para lo cual se espera que durante su realización no se produzcan, solamente subproductos que serán comercializados.

#### **5.2.1.1. Residuos líquidos**

No se necesita hacer uso del agua para desarrollar el proceso, en consecuencia no existen aguas residuales y si en caso alguno a lo largo del desarrollo de la fase de operación se podría generar algún residuo líquido se analizará el impacto que genera en el ambiente y en qué cantidad.

#### **5.2.1.2. Residuos sólidos**

El sistema de oxidación térmica al ser un sistema en el cual no se necesita de la preclasificación de los desechos, solamente tendrá residuos inorgánicos que se hayan separado para reciclaje y que serán vendidos junto con los obtenidos de todo el proceso de tratamiento de los desechos orgánicos recibidos del servicio de extracción de los hogares en el casco urbano del municipio de Chimaltenango.

### **5.2.2. Emisiones a la atmósfera**

El sistema de oxidación térmica, como se explicó en el capítulo 3, inciso 3.2.2, es un sistema que no genera emisiones a la atmósfera y las únicas emisiones que podrían resultar, serían de los procesos de combustión de los motores que hacen funcionar la maquinaria en el lugar de operación y de los vehículos que transportarán la basura.

### **5.2.3. Descarga de aguas residuales**

Como se comentó con anterioridad si se encuentra que en alguna parte del proceso se generara algún residuo líquido, para la planta se construirán pozos de absorción para filtrar las agua negras producto de la operación interna de la planta, así como de los servicios producto del uso y consumo humano.

### **5.2.4. Ruidos**

Se generará ruido por medio de la maquinaria que distribuye uniformemente los desechos en el proceso, así como la que transporta los mismos.

### **5.2.5. Contaminación visual**

En las fases de construcción y operación se tendrán altos niveles de contaminación visual, la cual se espera minimizar en la fase de madurez del proyecto en donde se podrían tener proyectos ambientales en los alrededores de las instalaciones. Ya que se piensa tener un terreno adecuado a su entorno en el que la municipalidad hará los usos que considere conveniente para el desarrollo ambiental de la comunidad en donde esté ubicada la planta.

### **5.3. Medidas de mitigación**

Las medidas a tomar dentro del plan de mitigación estarán orientadas a disminuir los efectos causados por los impactos negativos, principalmente aquellos creados al paisaje, salud y atmósfera, aún así sean temporales dentro de la vida del proyecto.

Para que el paisaje no sea completamente alterado deberán plantarse árboles alrededor del terreno donde estará la planta para que sirvan de pantalla protectora visual, esto se puede observar en la figura 9, así también deberán planificarse reforestaciones para retribuir el daño permanente por la tala de árboles dentro del espacio ocupado por la operación.

Para la generación de residuos sólidos durante la fase de construcción, deberá exigirse al contratista la instalación de recipientes adecuados para su acomodamiento. El acarreo de material formará montículos que posiblemente cubrirán áreas verdes cercanas, por lo que se aprovechará para realizar rellenos cercanos.

Se pondrá mucha atención a las actividades de producción contratando a un profesional en el área, para administrar al personal y los recursos, así como evitar que la misma planta de tratamiento de desechos, sea foco de contaminación.

Para proteger la salud de los trabajadores por el manejo de desechos se utilizará equipo de protección personal formado por: guantes, mascarillas, zapatos de cuero e indumentaria necesaria para su operación.

La flotilla de vehículos de acarreo deberá cumplir con las normas mínimas de seguridad. Se deberá proporcionar aislamiento a las áreas de descarga así como ventilación y filtración del aire.

Es recomendable incorporar un plan de control de plagas, ya que debido a las grandes cantidades de desechos que se manejarán en la planta, es casi imposible de que los roedores no intenten ingresar a la planta. Las medidas de mitigación propuestas deberán de ser implantadas por la entidad ejecutora del proyecto y por la municipalidad de Chimaltenango.

### **5.3.1. Reutilización de componentes**

Con el desarrollo de este proyecto se pueden lograr muchos beneficios para el municipio de Chimaltenango, la conservación de recursos, el manejo apropiado de las materias primas, la minimización de residuos, las políticas de reciclaje y el manejo apropiado de desechos traen como uno de sus beneficios principales la conservación y en algunos casos la recuperación de los recursos naturales.

Las técnicas más importantes para una buena reutilización de componentes serían:

- Reciclaje: un beneficio directo de una buena gestión lo constituye la recuperación de recursos a través del reciclaje o reutilización de desechos que pueden ser convertidos en materia prima o ser utilizados nuevamente.
- Recuperación de áreas: otros de los beneficios de disponer los desechos en forma apropiada, un relleno sanitario es la opción de recuperar áreas de escaso valor y convertirlas en parques y áreas de esparcimiento, acompañado de una posibilidad real de obtención de beneficios energéticos (biogás).

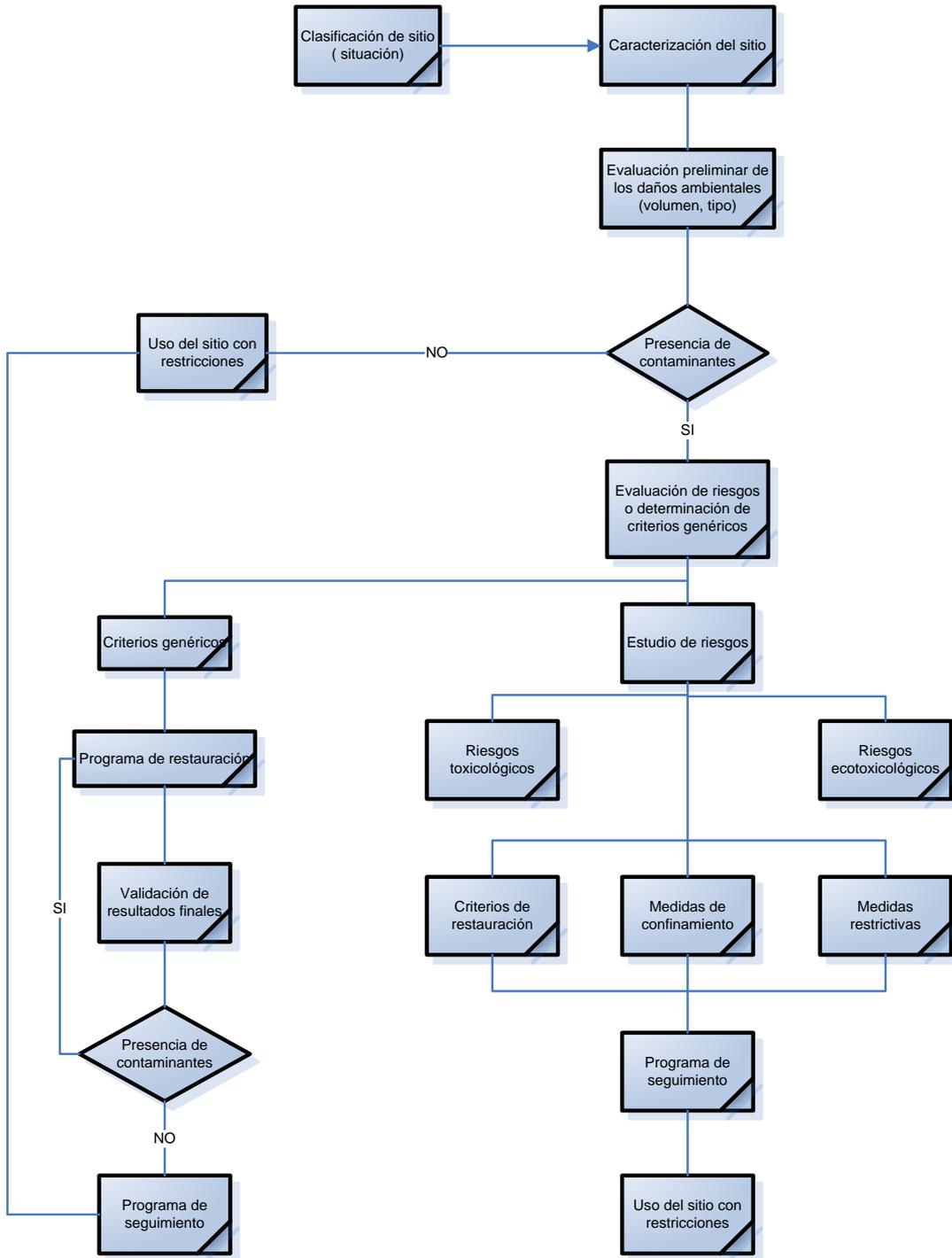
### **5.3.2. Restauración y mejora de suelos**

La toma de decisiones respecto de la caracterización y restauración de un suelo o suelos en los que se sospecha existe contaminación, debe estar basada en una adecuada planeación de las estrategias a seguir, que permita la caracterización del suelo en zonas homogéneas tanto a nivel superficial como en el subsuelo, en este proyecto no existe ningún relleno sanitario ni un plan de compostaje para los desechos por lo que solo se menciona la manera en la que se pueden restaurar los suelos si en el desarrollo u operación de la planta, se decide hacer una de estas opciones de manejo de desechos sólidos.

La primera etapa en este proceso, consiste en la realización de estudios de tipo histórico del sitio, además de una descripción física del mismo. La segunda etapa consiste en una fase de reconocimiento del terreno y en una caracterización de los materiales existentes.

Posteriormente, se deberá realizar una selección del método más adecuado para realizar el estudio de caracterización del problema, que dependerá del alcance que se le quiera dar a éste y del presupuesto disponible. En la figura 23, se muestran las etapas más importantes en relación con la gestión de un sitio (potencialmente) contaminado.

Figura 23. **Etapas para la restauración de suelos**



Fuente: elaboración propia.

### **5.3.3. Preservación de aéreas verdes circundantes**

Se proponen acciones para la mejor manera de preservar las áreas no solo circundantes sino de todo el municipio de Chimaltenango, estas acciones se harán con la ayuda del Consejo Municipal.

- Educar a la población: desde las escuelas debe educarse a la población en corregir los graves problemas que afectan a la flora y la vegetación en el municipio. Esta educación debe orientarse especialmente hacia los siguientes aspectos:
  - Los beneficios de las plantas, la cobertura vegetal y los bosques, erradicar la costumbre de producir incendios forestales de amplias repercusiones sobre la cobertura vegetal.
  - Fomento de la reforestación y de las inmensas posibilidades del recurso desde el punto de vista económico.
- Controlar la tala y quema indiscriminadas de la vegetación: el uso del fuego, sin control, es altamente destructivo y debe ser considerado como un acto criminal. Debe erradicarse la pésima costumbre de quemar las laderas, los pastos y otras prácticas que disminuyen la cobertura vegetal.
- Proteger los bosques ubicados en tierras de aptitud forestal y de protección: no se debe permitir el asentamiento de agricultores en tierras no aptas para fines agropecuarios. Para este fin debe ordenarse el espacio y determinar las tierras adecuadas para el cultivo.

- Manejar los bosques: permitir sólo la extracción planificada de los recursos forestales y la regeneración consecuente de los mismos, con técnica y disciplina. Las áreas de manejo forestal deben ser ubicadas adecuadamente.
- Ejecutar programas de reforestación en las áreas degradadas y erosionadas: la reforestación en dichas áreas traerá amplios beneficios como el control de la erosión, recuperación de suelos, producción de madera y leña, ocupación de mano de obra, etc.
- Fomento y conservación de áreas verdes y zonas boscosas: esto es especialmente importante en las ciudades y cerca de ellas con fines recreacionales y descontaminantes.
- Evitar y controlar la contaminación: en diversos lugares la contaminación del aire, del suelo y de las aguas destruye la cobertura vegetal. Igualmente la contaminación del agua afecta a la flora acuática de los ríos, se deberá poner énfasis a la conservación de la laguna de Los Aposentos ya que es parte de las atracciones turísticas del municipio y dará un ejemplo para las futuras generaciones.

#### **5.4. Programa de contingencia y prevención de accidentes**

El programa de contingencia está orientado a mitigar los impactos provocados por los riesgos y amenazas naturales u ocasionados por el hombre en el área del proyecto.

Los posibles riesgos que se detectan dentro del área del proyecto son los siguientes:

- Incendio: éste puede ser proveniente del mal manejo de combustibles y lubricantes para mantenimiento de los vehículos y maquinaria.
- Sismo: aunque el municipio de Chimaltenango no se encuentre en una zona sísmica considerable, es indispensable tener las precauciones necesarias para todo tipo de evento catastrófico.
- Derrames: de aceites, lubricantes y combustibles sobre la materia orgánica que puede echar a perder un lote completo de producción.
- Incendios: los incendios serán poco probables durante la fase de construcción debido a los componentes de la construcción, que son bloques de concreto y piedra pómez, arena de río, cemento, pedrín, etc.

En la fase de operación donde se encuentren las instalaciones terminadas y exista el área de producción, será mayor la posibilidad de iniciarse un incendio por el manejo de los desechos sólidos en el área de descarga ya que es aquí en donde se inicia el proceso de oxidación térmica, así también lo será para el área administrativa por el mobiliario y la posibilidad de un corto circuito en alguno de los equipos eléctricos; por otra parte existirá la mayor posibilidad de incendio para el departamento de mantenimiento por el manejo de combustibles y lubricantes destinados para operación y mantenimiento.

Para prevenir un desastre por incendio se tomarán en cuenta las siguientes medidas:

- Los combustibles y lubricantes utilizados para operación y mantenimiento deberán almacenarse en los recipientes originales, clasificados en estanterías de metal, tomando en consideración la orientación del viento y distribución de los ambientes.

- Evitar derrame de combustibles y lubricantes en todas las áreas de la planta.
- Señalar con simbología acorde la ubicación de los combustibles y lubricantes, así indicar las medidas de precaución necesaria, entre ellas: no fumar, no encender llamas, ni formar fogatas en los lugares restringidos.
- Se deberán colocar en lugares visibles las reglas de seguridad que los trabajadores deberán acatar dentro de la planta.

Las tuberías de canalización eléctrica deberán ser, por lo menos en las áreas de producción de ducto tubo o *conduit*. Además que los cables de alimentación deberán ser THHN30 (*Thermoplastic High Heat Nylon*, para aquellos conductores con aislamiento de PVC y cubierta de Nylon, para 90 grados centígrados.)

Se señalarán diferentes rutas de evacuación, así mismo las vías de salida del proyecto deben mantenerse despejadas, y el personal de garita deberá familiarizarse con el plan de respuesta a emergencias. En la garita de la planta se deberá tener en un lugar visible los contactos de emergencia (nombre y número telefónico).

Proveer de extinguidores a cada área de trabajo para prevenir y combatir los incendios, éstos estarán visibles y de fácil acceso; periódicamente deberán ser revisados, probados y recargados para garantizar su debido funcionamiento.

Sismo: aunque el registro de sismos en el área, es bajo, se considera la posibilidad de ocurrencia por lo que es necesario tomar en cuenta los siguientes factores que contribuyan a mitigar los posibles efectos:

- Adquirir un botiquín de primeros auxilios
- Realizar simulacros de evacuación
- Señalizar las salidas de evacuación
- Mantener la calma
- Colocarse cerca de las columnas, bajo vigas de estructuras o puertas, trasladarse hacia patios o lugares seguros.

Derrames, Para que el derrame de líquidos no tenga un efecto permanente en las diferentes actividades de producción o mantenimiento, se procederá de la siguiente forma:

- Las personas que se encuentren en el lugar serán evacuadas y luego se procederá a lavar el área con suficiente agua y jabón, para lo cual se deben adquirir hidrolimpiadores, que también serán usados para la limpieza diaria de las áreas de trabajo.
- Normas de seguridad generales, las normas para el tratamiento de desechos sólidos serán abarcadas por la seguridad en el sitio y las normas de seguridad establecidas que ayudarán a prevenir accidentes y desordenes administrativos.
- Seguridad en el sitio: los controles de acceso al sitio deberán ser obligatorios para prevenir el ingreso al sitio de materiales o personal no autorizado y permitir que las operaciones sean realizadas de manera coordinada y controlada.

Los métodos y procedimientos de seguridad que se implementan tendrán como objetivo:

- Proporcionar seguridad contra el ingreso del material y personal no autorizado.
- Proporcionar control y tráfico vehicular y al flujo de transporte

Los beneficios de estos procedimientos son:

- Evitar la entrada a personas que por desconocimiento de las características del lugar pudieran introducirse en el mismo.
- Proteger las instalaciones, equipo y personal de acciones negativas de personas ajenas al sitio.
- Asegurar que las operaciones del sitio no sean perturbadas o interrumpidas.
- Normas de seguridad establecidas
  - El acceso al sitio será controlado por cercas, señales restrictivas, y una puerta que restrinja el paso de vehículos al sitio, que se reforzará con las medidas de seguridad del personal.
  - Una cerca perimetral y la franja de amortiguamiento se mantendrán para evitar la entrada del personal no autorizado.
  - En la entrada de la planta se colocará una señal fácilmente visible que informe a los conductores sobre el acceso restringido al sitio y para entrar, los vehículos han de hacer alto total en el área de entrada, antes de procedimientos posteriores.

- La entrada al sitio, será restringida por personal que determine el jefe de planta.
- Los vehículos que ingresen al sitio, así como las personas debidamente identificadas, estarán aprobadas por el Jefe de Planta o en su caso por la secretaria y serán anotados en el libro de control por el personal de seguridad.
- El jefe de planta se reservará el derecho de evitar el acceso a zonas específicas de la planta, a personal o vehículos.
- Se permitirá las visitas al interior de la planta, siempre y cuando sean autorizadas oficialmente y en todo momento serán acompañados por personal operativo que determine el Jefe de Planta.
- El horario de labores del sitio se mostrará en un letrero a la entrada de la planta.
- Plan de manejo ambiental: las medidas a implementarse para el manejo interno ambiental de la planta serán las siguientes:
  - Separación de los desechos reciclables e inorgánicos, para el correcto depósito en los puntos ubicados para el efecto, y su evacuación final por el departamento de producción, quien indicarán el uso correspondiente para su aprovechamiento.
  - Los aceites y lubricantes, serán depositados en recipientes plásticos o metálicos que no permitan su derrame y serán sacados de la planta para su utilización como medio combustible o para que sean reutilizados y con eso poder ser comercializado.

- Los ruidos desarrollados por toda la planta y los camiones se deberán encontrar dentro de los límites audibles, sin embargo para el personal de producción y de tratamiento final de desechos será recomendable que utilicen protección audible y demás equipo para su propia seguridad.
- Todas las tareas ordinarias contempladas dentro del plan de manejo ambiental serán ejecutadas por el personal de servicio, debido a que la planta de tratamiento de desechos sólidos contará con la infraestructura para su procesamiento no es necesario incluir inversiones adicionales para su correcta operación.

#### Resumen del estudio de impacto ambiental

Se realiza una descripción del proyecto considerando para ello el terreno, el área total, infraestructura y servicios, vías de acceso, energía eléctrica, abastecimiento de agua, destino final de los desechos líquidos y sólidos.

Así mismo se realiza una identificación de los impactos positivos y negativos para determinar cuáles producen impactos positivos y negativos, y propone las medidas de mitigación correspondientes.

Se identifican riesgos y amenazas como: incendios, sismos, derrames, y se proponen los planes de contingencia orientados para mitigarlos. También se describen las normas de seguridad generales que deben obedecerse dentro de la planta de tratamiento y finalmente se elabora un plan de manejo ambiental.

Después de realizar el estudio de impacto ambiental se demuestra que la ejecución del proyecto en sus fases de construcción y operación no tendrán mayores impactos negativos en los entornos físico, biótico y humano, debido a que se cuenta con las respectivas medidas de mitigación y los respectivos planes de higiene generales, de contingencia, de seguridad industrial y de manejo ambiental interno.

Además se han encontrado los impactos positivos en las fases de trabajo principalmente los relacionados con los aspectos social y económico, por lo que es recomendable abordar las posteriores fases del estudio para este proyecto.



## **6. ESTUDIO ECONÓMICO - FINANCIERO**

El estudio financiero comprende, el plan de inversión, la proyección de los gastos y de los ingresos, así como la forma y programación de financiamiento, dentro de este análisis se encuentran los diferentes rubros que representan los ingresos y egresos para la alternativa de solución basada en los estudios anteriores. Se presentan cuadros donde se demuestra, a través de cálculos, los ingresos y egresos que finalmente ayudan a la decisión sobre la aceptación o rechazo del proyecto, a través de los indicadores VPN, TIR y beneficio-costos.

Para simplificar la operación de algunos rubros se ha incluido el cálculo para los primeros dos años de operación en lugar de diez. En el análisis financiero sí se incluirán los diez años de duración del proyecto.

### **6.1. Costo general del proyecto**

Los costos son la estimación de las necesidades totales de recursos financieros para la inversión y ejecución; los costos generales del proyecto se dividen en la siguiente forma:

- Costos de inversión:
  - Costos directos
  - Costos indirectos
  - Costos imprevistos

- Costos directos:
  - Servicios profesionales
    - ✓ Servicios legales: escrituras de los terrenos convertidos en la planta de tratamiento, y todo lo referente a los gastos por este concepto, desde el momento en que sirvan para su construcción.
    - ✓ Ingeniería: este renglón corresponde los gastos necesarios para el diseño de la instalación, así como de la elaboración de la planificación de la obra. Corresponde a la elaboración de todo el juego de planos del terreno que será utilizado como planta de tratamiento, los pasos y recursos necesarios para el desarrollo de la obra civil, puede también considerarse como un control previo al inicio de los trabajos.
  - Preparación del terreno
    - ✓ Instalación y conexiones eléctricas: se estima la instalación de la acometida eléctrica, la toma eléctrica para los baños, garita de control, bodegas y la instalación completa para el área donde se efectuará todo el proceso de producción. Se debe planificar adecuadamente la toma eléctrica considerando las futuras ampliaciones que puedan darse dentro del terreno. Se incluyen los pagos por concepto de estudio y de instalación del servicio.

- ✓ Instalación y conexión de agua potable: al igual que la electricidad se hará la distribución para los mismos servicios. De la misma forma se consideran los pagos por concepto de licencias y demás.

Muro Prefabricado: servirá para dar seguridad perimetral a toda el área de la planta.

Acondicionamiento del terreno: este acondicionamiento removerá toda la capa vegetal existente y dejara el terreno listo para poder construir la planta.

Acondicionamiento del terreno para espera de camiones: consistirá en habilitar un área que permita a los camiones maniobrar y esperar a ser descargados.

Replanteo topográfico: a través de este se verificaran las colindancias exactas del terreno marcándolas nuevamente.

- Drenajes
  - Drenaje de superficie: por medio de este se lograra captar los residuos líquidos si en dado caso los genera el proceso, pero de igual manera se harán para que el agua que se utilice para la limpieza de la planta tenga una fácil salida.
  - Drenaje pluvial (cunetas): su función será evitar que la escorrentía ingrese a la basura y sea contaminada con los lixiviados.

- Drenaje del proyecto: tomará del drenaje de superficie los lixiviados y los encausará al pozo de absorción, pasando por las zanjas de absorción.
  
- **Obra civil**
  - Señalización: identificación de todas las áreas del complejo
  - Fosa séptica: servirá para dar tratamiento a los lixiviados de los desechos orgánicos. También se conectará en ella los desechos del baño utilizado por el personal que laborará en el complejo.
  
  - Garita de control, baño y bodega: la garita regulará el ingreso de los camiones al botadero, el baño será utilizado por el personal, y la bodega se destinará para guardar la herramienta utilizada en el proceso y para el producto final.
  
  - Zanjas de absorción: complementarán la función del pozo de absorción.
  
  - Pozo de absorción: en él se depositarán los desechos luego de salir de la fosa séptica.
  
  - Cisterna: el agua de la cisterna servirá principalmente como una medida de mitigación en caso de incendio. También podrá hacerse uso de ella para los servicios sanitarios.
  
- **Maquinaria y equipo**
  - Equipo y suministros para personal operativo: es la compra de los uniformes, equipo de protección y herramientas.

#### Costos indirectos:

- Gastos de administración
  - Gastos de administración generales (agua, luz y teléfono)
  - Papelería y útiles: formularios, reportes, etc.
  
- Divulgación
  - Equipo y suministros: equipo audiovisual para presentar el programa de divulgación del proyecto a toda la comunidad.
  - Insumos: papelería, formularios, que se requieran para desarrollar el programa etc.
  - Programa de divulgación: spots en radio, afiches y todos los elementos que sean necesarios para dar a conocer por todos los medios el programa.

#### Costos imprevistos:

- Costos imprevistos de inversión: se estima por un valor de Q100 000,00 por este concepto al inicio de la inversión y de Q 25 000,00 cada año a partir del año 1, por variaciones en los precios presupuestados o por la compra de insumos que no se presupuestaron.

#### Costos operativos:

- Costos operativos directos

- Mantenimiento de pozo de absorción: se verificara el funcionamiento. Se revisara la tubería y se sustituirá la defectuosa, esto permitirá hacer uso de gastos innecesarios.

### **6.1.1. Costo de la inversión**

El costo de la inversión se refiere a todos los desembolsos que se harán al principio del proyecto. Estos serían los gastos, activos fijos y capital de trabajo.

#### **6.1.1.1. Gastos**

El gasto se define como expiración de elementos del activo en la que se han incurrido voluntariamente para producir ingresos.

Conceptualmente, las perdidas pueden distinguirse de los gastos y, por lo tanto, debe de excluírse las de toda determinación de la utilidad neta de las operaciones. Pero, debido que afectan el bienestar de una entidad, son adecuadamente deducibles de los ingresos para llegar a la utilidad periódica neta.

Todas las restas necesarias para llegar a la utilidad neta para los accionistas son gastos, idealmente la medición de los gastos deberá expresarse a base de valor que para el consejo municipal tienen los potenciales de servicios, consumidos en la producción de ingresos, y que los gastos son elementos expirados del activo.

#### **6.1.1.2. Activos fijos**

Se refiere a todos los bienes tangibles que se necesitan para la puesta en marcha del proyecto. Esto incluye la maquinaria y equipo, la construcción realizada en el terreno localizado, el mobiliario y equipo.

La construcción de las instalaciones depende de la superficie a construir por lo que el costo de fabricar 1 metro cuadrado de construcción en el mercado local se cotiza a Q 1 500,00. En este costo se incluye: zapatas estándar, levantado de columnas de concreto y paredes con block, repello con sabieta, piso de concreto de color estándar, ventanas de aluminio con balcones de acero, puertas metálicas, techo de concreto, tomacorrientes y cableado para suministro de energía eléctrica.

- El edificio de control y vestidores
  - Esta área será destinada para la sección de control de la planta, así como vestidor para los trabajadores. Ésta ocupará en el terreno una superficie de 10 x 10 metros, y estará formada por dos niveles de construcción para un total de 200 metros cuadrados de construcción a un costo de Q 300 000,00.
  
- Garita de seguridad
  - Será utilizada para el resguardo del agente de seguridad de turno para protección de las instalaciones, tendrá una superficie total de 15 metros cuadrados a Q1 500,00 por metro cuadrado, deberá invertirse Q 22 500,00.
  
- Báscula
  - Para llevar el control sobre la cantidad de desechos que ingresa a las instalaciones será necesario instalar una báscula en la entrada a las tolvas de la máquina de oxidación térmica, ésta servirá para conocer la cantidad acumulada de desechos. El costo de una báscula para una capacidad de 20 toneladas es de Q153 000,00 incluida la instalación y montaje.

- Pavimentación
  - Se realizará en el área alrededor del inmueble y ocupará una superficie de 4 821 metros cuadrados por donde circularán los camiones que transportan los desechos y los productos obtenidos de su procesamiento. El trabajo de pavimentación incluye excavación, carga y acarreo de material a una distancia menor de un kilómetro, bordillos, base granular y subrasante, riego de imprimación y pavimento a un costo de Q 275,00 por metro cuadrado. Será en total de Q 1 325 775,00.
  
- Pozo y equipo de bombeo
  - El pozo se utilizará tanto para el servicio de agua potable de consumo humano, como para limpieza y producción. El pozo de absorción tendrá la capacidad de captar el 300% del volumen de agua utilizado por el sistema de agua potable diario, es decir, que se deberá cavar una pozo de  $1,272 \times 3 = 3,816$  litros = 3 816 = 4 metros cúbicos.
  - La construcción y puesta en marcha del pozo tiene un costo de Q 692 540,00, esto incluye el equipo de bombeo necesario para distribución de agua.
  
- Cerco de protección
  - Esta barrera servirá para limitar el perímetro del terreno y no permitir el ingreso a personas no autorizadas al mismo. Se debe cercar todo el perímetro (522 metros lineales) por lo que debe invertirse un total de Q 130 500,00.

- Equipo de cómputo
  - El equipo de cómputo será básicamente para uso administrativo con el fin de agilizar cálculos y registro de datos, así como la ejecución de labores diarias relacionadas con cada área de trabajo y estará formado por: 7 computadoras personales, 7 impresoras y 7 UPS para un total de Q 32 550,00.
  
- Mobiliario
  - El mobiliario formará parte del equipo necesario para las operaciones tanto administrativas como de operación para los empleados, éste consistirá en: 4 lockers con 5 compartimientos cada uno a Q 693,00 c/u, 10 sillas secretariales de Q 250,00 c/u, 4 escritorios de Q 600,00 c/u y 4 bancas de Q 500,00 c/u. Para un total de Q 9 672,00.
  
- Sistema de agua potable
  - El metro lineal de tubería de PVC de 2 pulgadas de diámetro para el suministro y colocación se cotiza en Q 22,63 + Q 10,00 para aproximadamente 450 metros lineales instalados son Q 9 691,20. La bomba de agua tiene un precio de Q 7 579,53 completamente instalada, 2 hidrolimpiadoras de Q 2 000,00 cada una.
  - Un tanque para almacenamiento de 125 metros cúbicos de agua con las siguientes dimensiones: 8,5 x 6,0 x 2,5 metros, tiene un costo de fabricación de Q7 6500,00 la fabricación del tanque de almacenamiento será de obra gris por lo que el precio utilizado es de Q1 500,00 por metro cuadrado. El total para el sistema es de Q 97 770,73.

- Sistema eléctrico
  - El suministro principal de energía eléctrica será a través de las líneas de potencia de DEOCSA, instalados por una empresa contratista para lo cual se requiere de instalar un transformador con un valor de Q 10 000,00; 200 metros de línea aérea a Q 20 000,00.
  - El sistema de iluminación exterior tendrá 10 postes de alumbrado de 400 watts cada uno, cada poste tiene un precio de Q 5 000,00 y las luces Q 600,00 cada una, se instalará el cableado para alimentación de este sistema tomando como referencia las dimensiones del terreno es decir 551 metros lineales para el cable a costo de Q 100,00 el metro lineal; el total de la instalación será de Q 111 100,00.
  - La planta de energía eléctrica para uso de emergencia del área administrativa tendrá una potencia de 5,5 kW y tiene un costo de Q 11 100,00. El costo por metro lineal de cableado de baja potencia para 110 y 200 voltios dentro de la planta es de Q 100,00 y son necesarios 276 metros lineales de instalación, por lo que la inversión total para el sistema eléctrico será de Q 38 700,00.
- Sistema de drenajes
  - Se instalará tubería de concreto para manejar las aguas negras de la sección administrativa hacia los pozos de absorción a un costo de Q 18,25 + Q 20,00 para suministro y colocación de la tubería de concreto de 8 pulgadas por metro lineal, son necesarios 120 metros lineales de zanja (30 metros cúbicos de excavación) y 120 metros lineales de tubería.

- El pozo de absorción tendrá la capacidad de captar el 300% del volumen de agua utilizado por el sistema de agua potable diario para servicios (no incluye proceso), es decir, que se deberá cavar una pozo de  $1\ 272 \times 3 = 3,816$  litros = 3,816 = 4 metros cúbicos.
- Sistema de comunicación
  - Se utilizarán teléfonos celulares para la comunicación externa, es decir, con la municipalidad, proveedores y clientes, cada teléfono tendrá los requerimientos mínimos para comunicación, batería, cargador y servicio de telefonía, serán adquiridas 6 unidades a un precio de Q 350,00 cada uno para un total de Q 2 100,00.
- Planta de oxidación térmica
  - A nivel mundial ésta es una tecnología que está ganando popularidad por la gran efectividad que tiene al procesar los desechos sólidos. Esta se considerará como parte de la solución dentro de este proyecto.
  - Se consideró una maquinaria con peso de 91 000 kg de acero, el precio es de Q 21,00 por kg para el suministro, fabricación y montaje de acero; 130,54 metros cúbicos de concreto a un precio de Q 530,00 fundido en obra; instalación eléctrica total equivalente Q 99 009,31.
  - Para el sistema de oxidación térmica se cotizó a la empresa Zeros México, LLC a un costo de Q 1 010 540,00 para invertir un total de Q 3 129 700,31 para el montaje de la planta de oxidación térmica.

Figura 24. Activos (A)

Inversión inicial					
Inversión	Cantidad	Unidad de medida	Precio unitario	Total	Proveedor
Estudio de topografía	1	unidad	15000	15000	PROCODI, S.A. 1ra calle 5-27 zona 4 Chimaltenango Tel: 7839-
Diseño detallado de la planta	10	planos	500	5000	PROCODI, S.A. 1ra calle 5-27 zona 4 Chimaltenango Tel: 7839-
Construcción de las instalaciones	2,815	m <sup>2</sup>	1500	4222500	PROCODI, S.A. 1ra calle 5-27 zona 4 Chimaltenango Tel: 7839-
Pavimentación	4,821	m <sup>2</sup> de asfalto	275	1325775	PROCODI, S.A. 1ra calle 5-27 zona 4 Chimaltenango Tel: 7839-
Pozo y equipo de bombeo	1	Construcción y puesta en marcha	692540	692540	PROCODI, S.A. 1ra calle 5-27 zona 4 Chimaltenango Tel: 7839-
Báscula	1	unidad	153000	153000	WAM latin america, 1260 NW 29th Street Miami, FL 33142 USA, Tel: 305-
Cerco de protección	522	metros lineales	250	130500	PROCODI, S.A. 1ra calle 5-27 zona 4 Chimaltenango Tel: 7839-
Equipo de computo	7	computadora	4000	28000	Walmart, Roosevelt
	7	impresora	350	2450	Walmart, Roosevelt
	7	UPS	300	2100	Walmart, Roosevelt
Mobiliario	4	locker	693	2772	Carmel S.A. Muebles Aurora, Calz Aguilar Batres 41-41 zona12, Tel:
	10	silla secretarial	250	2500	Walmart, Roosevelt
	4	escritorio	600	2400	Walmart, Roosevelt
	4	banca	500	2000	Carmel S.A. Muebles Aurora, Calz Aguilar Batres 41-41 zona12, Tel:
Sistema de agua potable	1	bomba	7579.53	7579.53	Sistagua S.A. 10C 2-35 zona 9, Tel: 2360-
	2	Hidrolimpiadoras	2000	4000	Sistagua S.A. 10C 2-35 zona 9, Tel: 2360-
	51	m <sup>2</sup> de obra gris (tanque)	1500	76500	PROCODI, S.A. 1ra calle 5-27 zona 4 Chimaltenango Tel: 7839-
	120	Metro lineal de zanja para tubería	20.63	2475.6	PROCODI, S.A. 1ra calle 5-27 zona 4 Chimaltenango Tel: 7839-
	450	Metro lineal tubería (Suministro)	10	4500	FFAC, S.A. Km. 52.5 Carr. Interamericana Chimaltenango, Tel: 7839-
	120	Metro lineal de tubería (Instalación)	22.63	2715.6	PROCODI, S.A. 1ra calle 5-27 zona 4 Chimaltenango Tel: 7839-

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Activos (B)

Sistema eléctrico	1	Planta de generación 5.5kW, Diesel	11100	11100	Maquinaria Topke, 6 avenida 5-52 zona 4 GUATEMALA, Tel: 2361-
	551	metros de línea aérea para alumbrado	100	55100	Cisma, S.A., 2C 32-77 zona 7 Condominio San Mateo, Tel: 2433-9585
	10	luces de 400 Watts	600	6000	Celasa Chimaltenango, Km. 52.9 Carretera Interamericana, Tel:7774 -
	10	postes para alumbrado	5000	50000	Celasa Chimaltenango, Km. 52.9 Carretera Interamericana, Tel:7774 -
	200	metros de línea aérea eléctrica para potencia	100	20000	Cisma, S.A., 2C 32-77 zona 7 Condominio San Mateo, Tel: 2433-9585
	3	postes para potencia eléctrica	5000	15000	Cisma, S.A., 2C 32-77 zona 7 Condominio San Mateo, Tel: 2433-9585
	1	transformador	10000	10000	Celasa Chimaltenango, Km. 52.9 Carretera Interamericana, Tel:7774 -
	276	metro lineal de cable #12 (suministro e instalación)	100	27600	Celasa Chimaltenango, Km. 52.9 Carretera Interamericana, Tel:7774 - 7333
Sistema de comunicación	6	Teléfonos	350	2100	Comcel, Tigo, Claro,
	10	Radiocomunicadores	1850	18500	Grupo Comudisa, 4av. Y 13C, esquina, zona 9 Tel:
	1	Base con antena para radio	15000	15000	Grupo Comudisa, 4av. Y 13C, esquina, zona 9 Tel:
Sistema de drenaje	34	metro cúbico (Excavación de pozo de absorción y	29.4	999.6	PROCODI, S.A. 1ra calle 5-27 zona 4 Chimaltenango Tel: 7839-6775
	120	metro lineal (suministro y colocación de tubería de concreto)	38.25	4590	PROCODI, S.A. 1ra calle 5-27 zona 4 Chimaltenango Tel: 7839-6775
Imprevistos	1	unidad	100000	100000	variable
Inversión planta de oxidación térmica	91,000	Kilogramo (suministro, fabricación y montaje de estructura de acero)	21	1911000	Imonsa, km 18.5 carr. El Salvador, Tel:2221-7744
	131	Metro cúbico de concreto (fundido en	530	69186.2	PROCODI, S.A. 1ra calle 5-27 zona 4 Chimaltenango Tel: 7839-
	80	Metro cuadrado de ladrillo refractario (suministro y	499.56	39964.8	Imaco, Ruta al Atlántico km. 4.5 zona 17, Tel: 2429-1600
	1	instalación eléctrica (suministro y montaje)	99009.31	99009.31	PROCODI, S.A. 1ra calle 5-27 zona 4 Chimaltenango Tel: 7839-6775
	1	sistema de oxidación térmica	1010540	1010540	Zeros Mexico, LLC, Gateway Office Tech 7452 SW 48th Street - Second Floor Miami, FL. 33155,
<b>Total</b>				<b>10149998</b>	

Fuente: elaboración propia.

### 6.1.1.3. Capital de trabajo

El capital de trabajo se refiere a la inversión que debe hacerse para que la planta de tratamiento de desechos sólidos empiece a funcionar, este costo debe cubrirse durante el tiempo necesario, hasta que pueda tener ingresos y sea sostenible. El capital de trabajo está formado por la suma de la los costos de producción, administración y ventas.

- Costos de producción: estos costos están relacionados directamente con la cantidad de residuos a procesar, para ello se consideran: los salarios técnicos, el mantenimiento y reparación, Insumos.
  - Salarios técnicos, los costos para el personal técnico se tienen estimados en Q 886 345,00 anuales. Para conocer mayores detalles ver figura 12.
  - Mantenimiento y reparación, el costo de mantenimiento preventivo estará relacionado con el deterioro de los edificios y mobiliario a un costo anual de Q 4 650,00 y de Q 93 224,80 anuales para la maquinaria.
  - Insumos y materiales, para la operación de la planta de tratamiento de desechos sólidos será necesario el suministro de algunos productos para el personal de servicio o para la maquinaria como lo son: vestuario, mascarillas, guantes, aceite lubricante, grasa lubricante y bolsas plásticas para separación.

- Costos de administración: los costos administrativos serán los sueldos de los profesionales a cargo de cada área, útiles de oficina y servicios básicos.
  - Salario profesionales, se deberá contar con un asesor especializado en el área de manejo de desechos sólidos o planificación urbana para guiar las etapas de inversión, y puesta en marcha del proyecto. Este asesor ganará Q 20 000,00 mensuales y estará durante el año 0 y el 1, durante el año 1 capacitará a otro profesional en el área para continuar con el proyecto de manejo y disposición final de desechos sólidos quien será el jefe de planta. El jefe de planta tendrá un sueldo de Q 10 000,00 mensuales y su ingreso a la planta será en el año 0. Para mayores detalles sobre el salario de profesionales ver figura 12.
  - Útiles de oficina, los útiles de oficina básicos estarán formados por: tinta para impresora, papel bond tamaño carta, lapiceros, folders y facturas. Y serán de uso cotidiano por lo que mensualmente se debe revisar el inventario de dichos insumos. Se tiene estimado un gasto de Q 67 129,00 anuales para este rubro.
  - Servicios básicos, se usará como servicio básico el suministro de agua potable por pipas que conduzcan el líquido hacia el depósito fabricado para su almacenaje y posterior consumo, otro servicio básico será el de telefonía, para establecer la comunicación necesaria con otras instituciones. También se requerirá del servicio para consumo de energía eléctrica por parte de DEOCSA.

- Costo de ventas: el departamento de comunicación se encargará de la función social de hacer llegar el mensaje para sensibilizar a la población sobre el manejo adecuado del servicio de recolección y nuestros recursos renovables y no renovables, para esta actividad y otras relacionadas con la venta del producto de la operación de la planta de tratamiento de desechos sólidos, es necesario invertir en publicidad escrita, radiofónica y televisiva para alcanzar a la mayor parte de la población chimalteca y cumplir con los objetivos del proyecto el cual es de beneficio colectivo.

### **6.1.2. Costos anuales**

Se refiere a todos aquellos costos que se realizarán a lo largo de cada año, en la planta de producción, para simplificar la operación de algunos rubros y para su mejor entendimiento, se hace énfasis a los primeros dos años de operación del proyecto y se estima que a partir del año 6 algunos costos tendrán un incremento del 10% en promedio a los años anteriores, debido a la inflación tipo espiral que sufre el país.

---

<sup>2</sup>Fuente: Proyecciones de inflación del Departamento de Análisis Estadístico de la Cámara Guatemalteca de la Construcción con información del FMI (Fondo Monetario Internacional).

### 6.1.2.1. Costos de mano de obra

En la figura 26, se describe a detalle los costos anuales de mano de obra.

Figura 26. Costos anuales de mano de obra

Costos de mano de obra	Cantidad	Descripción	Precio (unidad)	Año 0	Año 1	Año 2	Proveedor
Salarios técnicos (mensual)	1	Secretaria	4000	0	62317	62317	Contrato de trabajo
	2	Personal de recolección	3000	0	92998	92998	Contrato de trabajo
	3	Personal de disposición final	3000	0	139497	139497	Contrato de trabajo
	6	Personal de manejo de maquinaria	4000	0	373901	373901	Contrato de trabajo
	2	Personal de comunicación	4000	124634	124634	124634	Contrato de trabajo
	2	Personal de seguridad	3000	92998	92998	92998	Contrato de trabajo
Salarios Profesionales (mensual)	1	Asesor	20000	240000	240000	0	Contrato de trabajo
	1	Jefe de planta	13102	157224	157224	157224	Contrato de trabajo
	1	Jefe de producción	7829	0	93952	93952	Contrato de trabajo
	1	Jefe de comunicación	7829	93952	93952	93952	Contrato de trabajo
<b>Total</b>			<b>708808</b>	<b>1471473</b>	<b>1231473</b>		

Fuente: elaboración propia.

### 6.1.2.2. Costos de mantenimiento

En la figura 27, se describe a detalle los costos anuales de mantenimiento.

Figura 27. Costos anuales de mantenimiento

Costos de mantenimiento	Cantidad	Descripción	Precio (unidad)	Año 0	Año 1	Año 2	Proveedor
Mantenimiento y reparación (anual)	3	Cubeta de pintura para edificios	300	0	900	0	La Paleta, 2 AVENIDA 2-85 ZONA 4 Chimaltenango,
	6	Reparación menor de edificios	500	0	3000	3000	Personal de mantenimiento
	72	Mantenimiento de maquinaria	400	0	28800	28800	Personal de mantenimiento
	96	Mantenimiento del sistema de oxidación térmica	255	0	24480	24480	Personal de mantenimiento
	6	Reparación de pintura mobiliario	125	0	750	750	La Paleta, 2 AVENIDA 2-85 ZONA 4 Chimaltenango,
	80	Metro cuadrado de ladrillo refractario (suministro y montaje)	500	0	0	39965	Inmaco, Ruta al Atlántico km. 4.5 Zona 17, Tel: 2429-1600
<b>Total</b>				0	57930	96995	

Fuente: elaboración propia.

### 6.1.2.3. Costos de operación

En la figura 28, se describe a detalle los costos anuales de operación.

Figura 28. Costos anuales de operación

Costos de operación	Cantidad	Descripción	Precio (unidad)	Año 0	Año 1	Año 2	Proveedor
Útiles de oficina (anual)	35	Refill de tinta para impresora	25	0	875	875	Walmart, Roosevelt
	12	Resma de papel tamaño carta	50	0	600	600	Walmart, Roosevelt
	28	Lapiceros	2	0	56	56	Walmart, Roosevelt
	131,028	Facturas, recibos	1	0	65514	65514	Imprenta Molina, 2 Calle 0-88 Zona 2 Chimaltenango, Tel: 5281-2391
Servicios Básicos	84	Folder tamaño carta	1	0	84	84	Walmart, Roosevelt
	14,600	kW-h (energía eléctrica)	1	0	17228	17228	DEOCSA
	2,700	minuto (telefono)	1	0	1593	1593	Telgua
Publicidad Anual	2,640	minuto anuncio por radio	5	13992	13992	13992	Radio Chimalteca
	1,056	minuto anuncio por tv	46	48048	48048	48048	TVC canal 6, Chimaltenango
	1,000	trifoliar tamaño carta full color	2	1700	1700	1700	Imprenta Molina, 2 Calle 0-88 Zona 2 Chimaltenango, Tel: 5281-2391
	500	hoja membretada	1	400	400	400	Imprenta Molina, 2 Calle 0-88 Zona 2 Chimaltenango, Tel: 5281-2391
	5	Manta informatica	350	1750	1750	1750	Imprenta Molina, 2 Calle 0-88 Zona 2 Chimaltenango, Tel: 5281-2391
<b>Total</b>				<b>65890</b>	<b>151840</b>	<b>151840</b>	

Fuente: elaboración propia.

#### 6.1.2.4. Costos de insumos

En la figura 29, se describe a detalle los costos anuales de insumos.

Figura 29. Costos anuales de insumos

Costos de insumos	Cantidad	Descripción	Precio (unidad)	Año 0	Año 1	Año 2	Proveedor
Insumos y materiales (anual)	11	Vestuario	400	0	4400	4400	Fabrigas, 41 C 6-27 Zona 8, Tel: 2421-0400
	3,960	Pares de guantes	4	0	13860	13860	Fabrigas, 41 C 6-27 Zona 8, Tel: 2421-0400
	3,960	Mascarillas	2	0	7920	7920	Fabrigas, 41 C 6-27 Zona 8, Tel: 2421-0400
	24	Galon de aceite lubricante	45	0	1074	1074	Gasolineras
	12	Libras de grasa lubricante	10	0	119	119	Shell Retinax AM, Orosell central de lubricantes 7a C 10-26 zona 11, Tel: 2440-5959
	1,048,224	Bolsa para separación de desechos	0	0	262056	262056	Extrudoplast, 18 C 19-53 zona 10, Tel: 2410-3600
<b>Total</b>				0	289429	289429	

Fuente: elaboración propia.

### 6.1.3. Proyección de los ingresos

El renglón de ingresos será establecido por todos aquellos rubros donde la planta de tratamiento de residuos sólidos reciba aportes monetarios por el servicio de recolección que presta a la población y por el producto final del proceso. La proyección de los ingresos se realizará de acuerdo a las proyecciones realizadas en la capacidad de producción, precios y proyección de la demanda, descritos en la sección 3.3.

- Tarifa ordinaria
  - Basados en la investigación de mercado el precio que el público estaría dispuesto a pagar es de Q 25,00 por mes por el servicio de extracción de desechos sólidos, esta tarifa se incrementará a razón de Q 5,00 cada 5 años, la tarifa a centros comerciales, escuelas, instituciones, incrementará Q 500,00 cada 5 años. El ingreso total por este rubro está en función de la cantidad de hogares en el casco urbano del municipio de Chimaltenango que se estima es de 10 919 para el 2012, esta cifra es igual a la actual (año 2012) ya que el crecimiento demográfico esperado será solamente para las áreas aledañas al casco urbano y no en el mismo ya que el casco urbano no cuenta con espacio físico para seguir creciendo.
  
- Cobro por servicios especiales
  - Éste será para aquellos servicios prestados por aseo, volúmenes altos de desechos sólidos para comercios, colegios, escuelas e industria, se estima un ingreso mensual de Q 1 000,00 para cada una de estas áreas. Éste únicamente consistirá en recoger los desechos sólidos del lugar de origen.

Figura 30. **Proyección de los ingresos**

Ingresos	Cantidad	Descripción	Precio (unidad)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3 al 10
Tarifa ordinaria (100 % de la población del casco urbano)	10919	Hogar	Q 25 año 1 al 5 / Q 30 año 6 al 10	0	3275700	3275700	29481300
Cobro por servicios especiales	40	Centros comerciales , empresas y colegios	Q 1,000 año 1 al 5 /Q 1,500 año 6 al 10	0	480000	480000	5040000
<b>Total</b>				<b>0</b>	<b>3755700</b>	<b>3755700</b>	<b>34521300</b>

Fuente: elaboración propia.

### 6.1.3.1. Proyección por venta de materiales obtenidos del proceso

En la figura 31, se describe a detalle la proyección de los ingresos por venta de materiales.

Figura 31. Proyección por venta de materiales

Ingresos	cantidad	Descripción	Precio (unidad)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3 al 10
Venta de materiales separados	36500	lb de vidrio	Q0.80	0	29200	29200	233600
	10950	lb de papel en buen estado	Q0.30	0	3285	3285	26280
	35330	lb de aluminio	Q4.40	0	155452	155452	1243616
	7300	lb de baterias	Q1.40	0	10220	10220	81760
	36500	lb de plastico	Q0.30	0	10950	10950	87600
Venta de subproductos del proceso de oxidación térmica	7300	Kg de CO <sub>2</sub> sólido (hielo seco)	Q7.05	0	51465	51465	411720
	7300	Kg de CO <sub>2</sub> líquido	Q2.35	0	17155	17155	137240
<b>Total</b>				<b>0</b>	<b>277727</b>	<b>277727</b>	<b>2221816</b>

Fuente: elaboración propia.

### 6.1.3.2. Proyección por total de ingresos

En la figura 32, se muestra a detalle la proyección total de ingresos.

Figura 32. Proyección total de ingresos

Ingresos	cantidad	Descripción	Precio (unidad)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3 al 10
Tarifa ordinaria (100 % de la población del casco urbano)	10919	Hogar	Q 25 año 1 al 5 / Q 30 año 6 al 10	0	3275700	3275700	29481300
Cobro por servicios especiales	40	Centros comerciales, empresas y colegios	Q 1,000 año 1 al 5 / Q 1,500 año 6 al 10	0	480000	480000	5040000
Venta de materiales separados	36500	lb de vidrio	Q0.80	0	29200	29200	233600
	10950	lb de papel en buen estado	Q0.30	0	3285	3285	26280
	35330	lb de aluminio	Q4.40	0	155452	155452	1243616
	7300	lb de baterías	Q1.40	0	10220	10220	81760
	36500	lb de plástico	Q0.30	0	10950	10950	87600
Venta de subproductos del proceso de oxidación térmica	7300	Kg de CO <sub>2</sub> sólido (hielo seco)	Q7.05	0	51465	51465	411720
	7300	Kg de CO <sub>2</sub> líquido	Q2.35	0	17155	17155	137240
<b>Total</b>				<b>0</b>	<b>4033427</b>	<b>4033427</b>	<b>36743116</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 6.1.4. Financiamiento

Para la evaluación del presente proyecto además de los factores (capacidad, tarifa ordinaria, ingresos, activos, etc.), se toma en consideración lo siguiente:

- Se estableció una vida útil para el proyecto de 10 años
- Para determinar cuál sería la inversión inicial, y los insumos necesarios para llevar a cabo el tratamiento, se estableció la cantidad de residuos sólidos a generar durante el horizonte del proyecto. Ver sección 2.2.3.
- De acuerdo con información del Banco de Guatemala la inflación acumulada en el primer semestre del año 2011, cerró en 4,23 %, que para efectos de cálculo se redondea al dígito más cercano de  $f = 4\%$ .
- La tasa de interés sin riesgo utilizada para este proyecto es de  $K_{rf} = 8,125\%$  anual equivalente al rendimiento de bonos en el exterior negociados por la república de Guatemala con vencimiento en el 2034.<sup>3</sup>
- La tasa de rendimiento esperada es de  $K_m = 16\%$ . Esta tasa es considerada como lo que se requiere ganar sobre la inversión libre de inflación.
- El factor de riesgo para el mercado ( $\beta = \text{beta}$ ) de empresas que se dedican al tratamiento de desechos sólidos es de 1.12. ver tabla XXXI.

---

<sup>3</sup> Comunicado de Prensa, Ministerio de Finanzas Públicas Guatemala C.A. y Banco de Guatemala del 29 de Septiembre de 2004.

Tabla XXXI. **Riesgo de mercado para empresas dedicadas al tratamiento de desechos sólidos**

Empresa	$\beta$ (riesgo de mercado)
Wasteconnections, Inc	0,39
Waste industries USA, Inc	0,83
Wastemanagement, Inc	1,00
Wasteservices, Inc	1,46
Alliedwaste industries, Inc	2,11
Casellawastesystems, Inc	0,92
Factor de riesgo promedio	1,12

Fuente: bolsa de valores Nasdaq.

Esta evaluación será realizada a través del modelo para valoración de activos de capital (Capm) por sus siglas en inglés, el cual indica que la tasa exigida de rentabilidad es igual a la tasa libre de riesgo, más una prima por el riesgo.

$$K_{\text{proyecto}} = K_{\text{rf}} + (K_{\text{m}} - K_{\text{rf}})(\beta_{\text{proyecto}})$$

Dónde:

$K_{\text{proyecto}}$  = es la tasa de rendimiento requerida para el proyecto

$K_{\text{rf}}$  = tasa de interés sin riesgo = 8,125%

$K_{\text{m}}$  = tasa de rendimiento requerido = 16%

$\beta_{\text{proyecto}}$  = riesgo de mercado para empresas dedicadas al tratamiento de residuos sólidos = 1,12, ver tabla XXXI.

$$K_{\text{proyecto}} = (8,125) + (16 - 8,125)(1,12) = 16,93 \%$$

A esta tasa de rendimiento debe agregarse el efecto de la inflación para obtener la tasa de descuento por lo tanto:

$$\text{Tasa de descuento} = K_{\text{proyecto}} + \text{inflación} = 16,93 + 4 = 20,93\%$$

Esta será la tasa requerida con la cual se evaluará el proyecto financieramente.

## **6.2. Evaluación financiera**

La evaluación financiera es uno de los factores más importantes en el estudio de pre-factibilidad porque es aquí donde se sabe definitivamente si el proyecto será factible o no. El resultado de la evaluación, dará a conocer si al final del período a evaluar, se incurrió en pérdidas o en ganancias.

### **6.2.1. Valor Presente Neto**

El método del Valor Presente Neto –VPN-, plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor es igual o superior a cero, donde el VPN es la diferencia entre los ingresos y egresos expresados en moneda actual. El número de años a evaluar será de 10, debido a que con el tiempo cambian los procesos, la maquinaria, los diseños y pueden generar nuevos riesgos, haciendo que el programa cambie, entonces el máximo de tiempo para reestructurar el programa es el indicado anteriormente. La tasa de interés que se utilizó fue de 16% ya que ésta es la tasa que se requiere ganar sobre la inversión libre de inflación.

Con el método del valor presente neto, se puede saber a precios de hoy, que el proyecto es atractivo ya que tiene una ganancia considerable, utilizando el interés que se desea ganar sobre la inversión. ver figura 33.

### **6.2.2. Tasa Interna de Retorno**

La Tasa Interna de Retorno –TIR- de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor presente neto -VPN- es igual a cero. Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad.

Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de descuento, si la tasa de rendimiento del proyecto (expresada por la TIR) supera la tasa de descuento, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza. ver figura 33.

Este proyecto presenta una TIR del 18,42216% que no supera la tasa de descuento del 20,93% (ver sección 6.1.4), lo que no la hace nada atractiva.

### **6.2.3. Relación beneficio costo**

Es un parámetro que permite evaluar la eficiencia de un proyecto. Si el resultado es mayor que la unidad, puede recomendarse la inversión. Se obtiene del cociente de los ingresos actualizados y los costos actualizados. ver figura 33.

$$B/C = \text{Ingresos totales} / \text{costos totales}$$

$$B/C = Q 44 809 970,00 / Q 29 192 921,72$$

$$B/C = 1,5350$$

El resultado obtenido es de 1,5350, mayor que la unidad, por lo tanto indica que por cada quetzal que se invierta, se estima recuperar Q 0,5350.

Figura 33. Análisis de VPN, TIR y relación beneficio-costo

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos (Cuadro 6.8)	(-)	4033427	4033427	4033427	4033427	4033427	4928567	4928567	4928567	4928567	4928567
(-) Inversión (Cuadro 6.1)	10149998	25000	25000	25000	103000	72022	25000	25000	103000	25000	72022
(-) Costo de producción (Sección 6.1.1.3)	217632	1233704	1233704	1233704	1233704	1233704	1278591	1239526	1278591	1239526	1278591
(-) Costo de administración (Sección 6.1.1.3)	491176	671078	431078	431078	431078	431078	439520	439520	439520	439520	439520
(-) Costo de ventas (Sección 6.1.1.3)	65890	65890	65890	65890	65890	65890	72479	72479	72479	72479	72479
Utilidad antes de interés e impuestos	(10924696)	2037755	2277755	2277755	2199755	2230733	3112977	3152042	3034977	3152042	3065955
(-) Impuestos	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Flujo de efectivo	(10924696)	2037755	2277755	2277755	2199755	2230733	3112977	3152042	3034977	3152042	3065955
Recuperación de la inversión	(10924696)	(8886941)	(6609186)	(4331431)	(2131676)	99057	3212033	6364075	9399052	12551093	15617048

VPN Acumulad	15,617,048
VPN (16%)	1,103,548

TIR	18.42216%
Tasa de descuento	20.93%

Beneficio / Costo	1.5350
-------------------	--------

Fuente: elaboración propia.

Resumen estudio económico –financiero: se realizó una análisis de los rubros que representan ingresos, así como aquellos que serán costos de inversión; costos de producción, administración o ventas, en donde se incluyen los costos de mano de obra, de mantenimiento, de operación y de insumos.

Dados los altos costos de la operación y tecnología del sistema de oxidación térmica, además de los resultados obtenidos del valor presente neto, tasa interna de retorno y beneficio costo; resulta financieramente rentable para los diez años que se estipulo la duración del proyecto, a pesar de que presenta un tiempo considerable para recuperar la inversión inicial de ocho a nueve años, y precisamente está entre el tiempo estipulado de duración del proyecto.

También se pudo observar que a partir del año 1 el proyecto es sostenible, siendo el valor presente neto una ganancia de Q 1 103 547,78; y que la tasa interna de retorno se aproxima a la tasa de descuento que se necesitaba para que fuera aprobado el proyecto y que el beneficio costo sea poco mayor a uno.

Esto da una pauta para que este proyecto se analice muy bien si es aprobado o no a pesar de que es indispensable que la tasa interna de retorno sea mayor a la tasa de descuento, pero en este caso lo que se quiere es generar empleos y eliminar la problemática actual de la basura, por lo que se tendrá en cuenta la ampliación de la duración del proyecto.

## CONCLUSIONES

1. El problema central sobre este proyecto es la falta de un sistema adecuado de tratamiento de desechos sólidos en el casco urbano de Chimaltenango, y fue el punto de partida para formular los objetivos orientados a proponer soluciones basadas en los diferentes estudios incluidos en este documento.
2. Los desechos sólidos en el casco urbano del municipio de Chimaltenango no tienen un destino apropiado, de continuar esta situación dentro de 10 años la población chimalteca contará con 184 551 habitantes que acumularán 57 257 metros cúbicos de basura al año. Debido a que la oferta no satisface al total de la demanda, existe la oportunidad de iniciar un proyecto que trabaje en conjunto con la municipalidad para beneficio de toda la población y con impactos positivos al ambiente.
3. La planta de tratamiento de desechos sólidos está diseñada para ubicar dentro de ella un espacio para el tratamiento de materiales orgánicos e inorgánicos. El diseño de la planta tomó como base el área de producción, ya que es en esa área donde se separarán los materiales inorgánicos para reciclaje y posterior venta, también se producirá CO<sub>2</sub> sólido (hielo seco) y CO<sub>2</sub> líquido a través de la descomposición de la materia orgánica e inorgánica por medio del sistema de oxidación térmica. La planta tendrá una capacidad de procesar en promedio 51,96 toneladas métricas de desechos sólidos al día.

4. La Ley de Protección y Mejoramiento del Ambiente establece algunos parámetros para diseño que no provoque la ruptura del paisaje y otros factores considerados como agresión visual. Estos factores fueron influyentes para la elección del sistema de oxidación térmica y el diseño de la planta de tratamiento de desechos sólidos. Se determinó que la mejor manera de administrar este proyecto es a través de la división de funciones que se especializarán en el área correspondiente y tendrán una jefatura que lleve el control de su operación.
5. A través del estudio de impacto ambiental se logró determinar los diferentes impactos positivos que se involucran en la ejecución del proyecto. Así también se incluyen medidas de mitigación para aquellos impactos negativos que resulten de la construcción u operación de la planta.
6. La alternativa que se estableció al inicio de la investigación para el desarrollo de este proyecto fue la de una planta de tratamiento de desechos sólidos por medio de oxidación térmica. Esta alternativa resultó no ser factible porque, a pesar de que llena los requerimientos técnicos, no lo hace en los financieros debido al resultado de la TIR y este resultado es indispensable para tomar la decisión de aprobación o rechazo al proyecto. El estudio financiero arroja los siguientes indicadores:  $VPN = Q 1\ 103\ 547,78$ ,  $TIR = 18,42216\%$  y  $b/c = 1,5350$ .
7. Es necesario formar en la población chimalteca la visión de futuro para los próximos 10 o más años, este documento fue elaborado con el fin de contribuir con la Municipalidad de Chimaltenango proponiendo una planta para tratamiento de desechos sólidos por medio de oxidación térmica que beneficie a diferentes ambientes como: el suelo y el agua; la flora y la fauna; y principalmente el humano.

## RECOMENDACIONES

1. Evaluar el proyecto por lo menos para diez años más, ya que es posible de que en ese tiempo sea factible y los indicadores económicos muestren otros datos alentadores para las autoridades municipales de Chimaltenango.
2. Que la municipalidad y la población civil de Chimaltenango reciban orientación previa al inicio de cualquier cambio, con el fin de lograr la comunicación y colaboración mutua con quienes ejecuten el proyecto, si en dado caso este se ponga en marcha.
3. Cambiar la ruta actual para el destino final de los desechos sólidos transportados por los servicios privados y exigir que sea éste el único destino cuando las instalaciones de la planta estén construidas.
4. Realizar el contrato para ejecutar el diseño detallado e impresión de planos para construcción de las instalaciones, una vez autorizado el presupuesto para inversión, cuanto mayor se alcance esta etapa de detalle, menor será el número de cambios y aumentos en el presupuesto de inversión.
5. Considerar los parámetros establecidos por la Ley de Protección y Mejoramiento del Ambiente, la empresa contratista que elabore los planos de diseño y ejecute la obra debe de hacerlo.

6. Orientarse el mayor esfuerzo de ventas a los productos reciclables. El Departamento de Comunicación debe desempeñar una figura importante dentro de este plan de trabajo, para informar a la población y para vender el producto.
7. Formular propuestas por parte de la población civil y sus autoridades municipales, para mejorar el ambiente y la calidad de vida de sus habitantes.
8. Orientar el proyecto principalmente hacia la prestación de un servicio social y no únicamente lucrar con su operación, esto dará una buena imagen para la Municipalidad de Chimaltenango.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. 3ª ed. México: McGraw-Hill, 1998. 150 p.
2. GÁLVEZ, Javier. *Caracterización de los residuos sólidos urbanos que producen los municipios de Santa Lucía Cotzumalguapa, La Democracia, Siquinalá, y La Gomera, del departamento de Escuintla y propuesta para su disposición final*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 55 p.
3. LEIVA, Gerardo. *Estudio de factibilidad para una planta de tratamiento integral de residuos sólidos, ubicada en Bárcenas, Villa Nueva, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 133 p.
4. SOTO, Oswaldo. *Sistema de recolección y disposición de desechos sólidos del municipio de Santa María de Jesús, Departamento de Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 78 p.
5. TCHOBANOGLIOUS, George. *Gestión integral de residuos*. México: McGraw-Hill, 1998. 98 p.

6. UNDA, Opazo; Salinas Cordero. *Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública*. México: Uteha, 1969. 143 p.

# APÉNDICES

## Apéndice 1. Resultados Estudio de Mercado

- Encuesta



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Mecánica Industrial**

La encuesta está dirigida a las viviendas del casco urbano del municipio de Chimaltenango para el proyecto de tesis “Estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta de tratamiento de desechos sólidos por medio de oxidación térmica, en el casco urbano del municipio de Chimaltenango”.

Con el objetivo de analizar el comportamiento de la demanda para el servicio de recolección de basura.

**1. ¿Piensa que el servicio de recolección de basura es bueno?**

Malo  Bueno  Regular  No Tengo

**2. ¿Cuánto paga cada mes por el servicio de recolección de basura?**

Q.15  Q.20  Q.25  Q.30  Q.35

**3. ¿Piensa que lo que paga cada mes por el servicio de recolección de basura, es un buen precio?**

Si  No

**4. ¿En dónde piensa usted que existe la mayor contaminación por la basura?**

Mercado  Parque  Calles  Comercios  Escuelas  Otros

**5. ¿Con qué frecuencia recogen la basura en su casa?**

Diario  1 vez por semana  2 veces por semana  Cada 15 días  No sabe

**6. ¿Estaría dispuesto a preclasificar los desechos de su casa?**

Si  No

**7. ¿Cuál cree que sería la mejor forma para divulgar un programa de control de basura?**

Radio  Televisión  Medio escrito  Eventos Sociales  Todos

**8. ¿Quién cree que debe resolver el problema de la basura?**

Municipalidad  Pueblo en general

**9. ¿Cree que la gente está consciente del problema de contaminación en Chimaltenango?**

Si  No

**10. ¿Conoce a donde va a parar la basura que se extrae de su hogar?**

Si  No

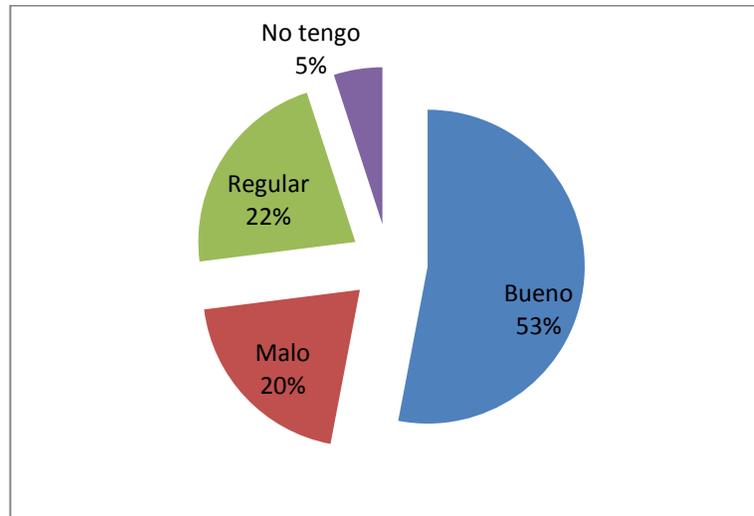
**11. ¿Cuántas personas viven en su hogar? \_\_\_\_\_**

**12. ¿En qué rango de edad se encuentran las personas que viven en su hogar?**

0-5  6-15  16-25  26-35  36-45  46-55  56-65  Más de 65

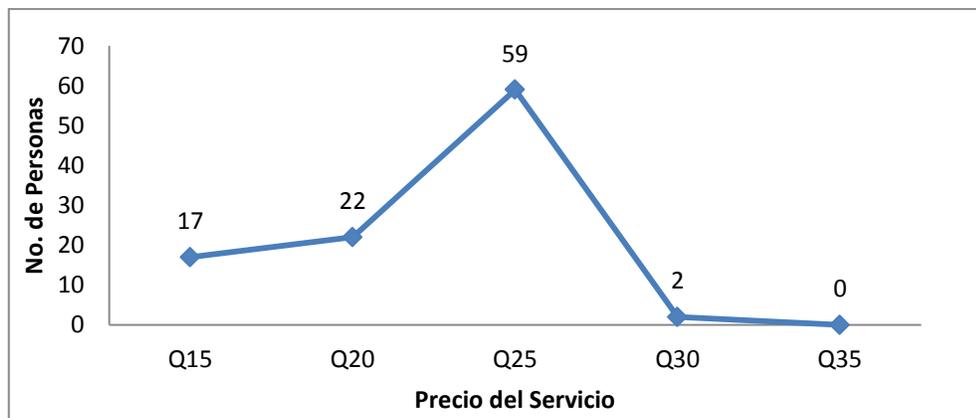
- Análisis de la demanda

Figura Ap.1.1 **Pregunta 1 ¿Piensa que el servicio de recolección de basura es bueno?**



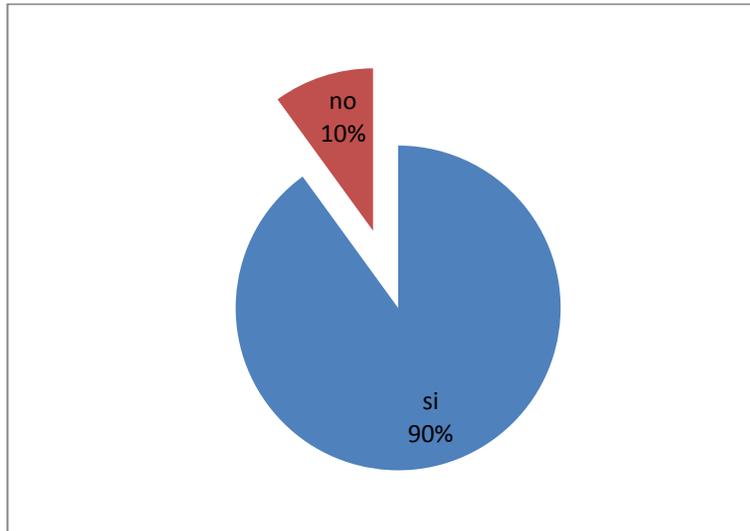
Fuente: elaboración propia.

Figura Ap.1.2 **Pregunta 2 ¿Cuánto paga cada mes por el servicio de recolección de basura?**



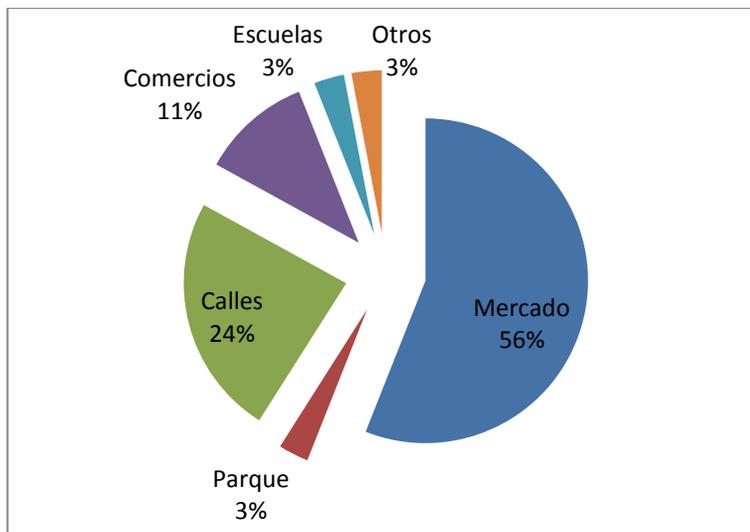
Fuente: elaboración propia.

**Figura Ap.1.3 Pregunta 3 ¿Piensa que lo que paga cada mes por el servicio de recolección de basura, es un buen precio?**



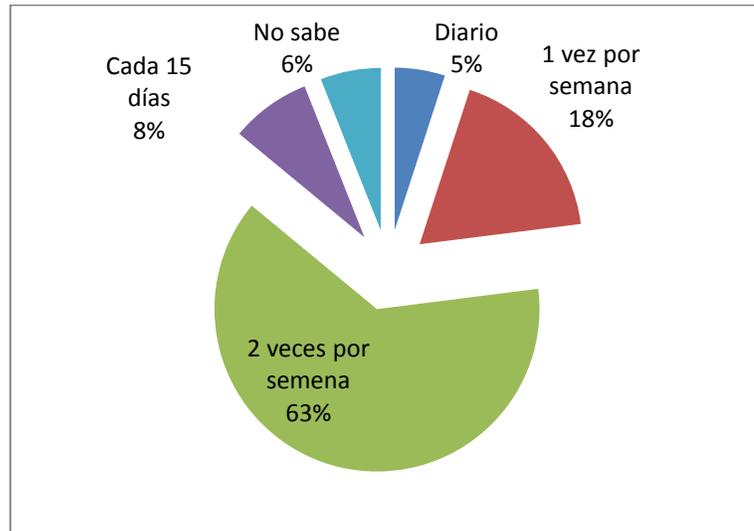
Fuente: elaboración propia.

**Figura Ap.1.4 Pregunta 4 ¿En dónde piensa usted que existe la mayor contaminación por la basura?**



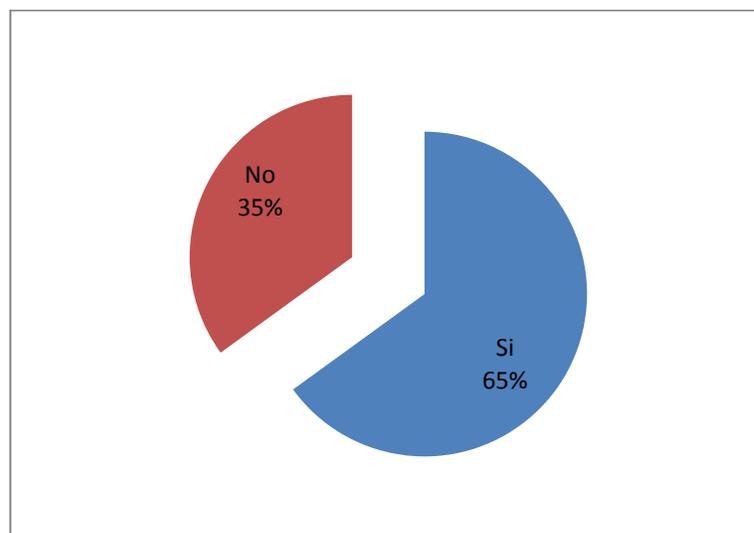
Fuente: elaboración propia.

Figura Ap.1.5 **Pregunta 5 ¿Con qué frecuencia recogen la basura en su casa?**



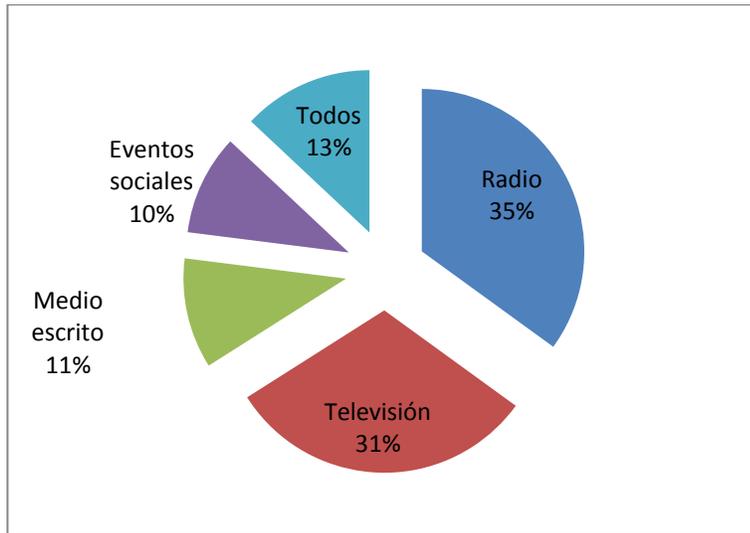
Fuente: elaboración propia.

Figura Ap.1.6 **Pregunta 6 ¿Estaría dispuesto a preclasificar los desechos de su casa?**



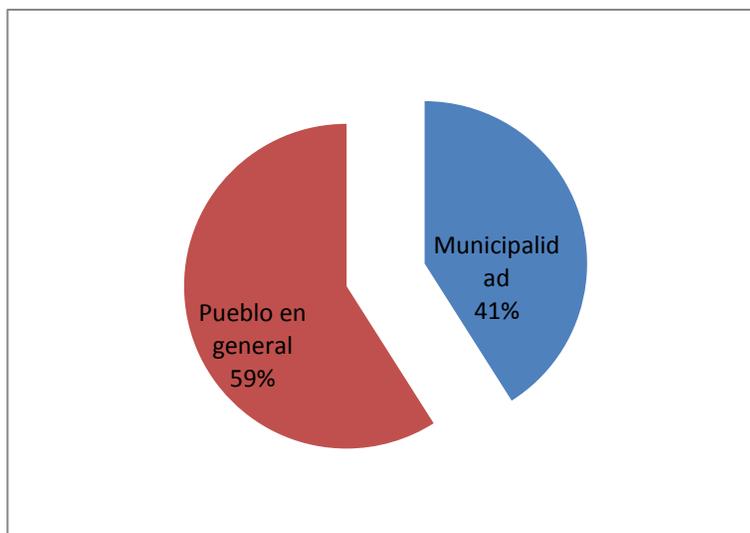
Fuente: elaboración propia.

Figura Ap.1.7 **Pregunta 7 ¿Cuál cree que sería la mejor forma para divulgar un programa de control de basura?**



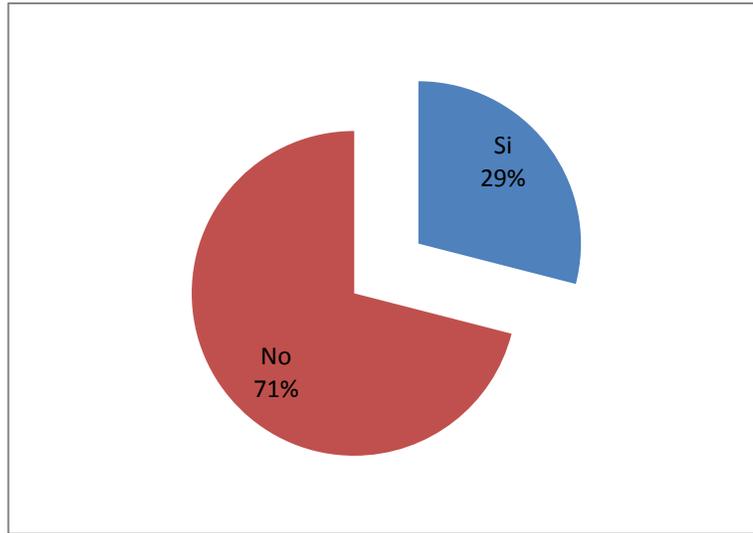
Fuente: elaboración propia.

Figura Ap.1.8 **Pregunta 8 ¿Quién cree que debe resolver el problema de la basura?**



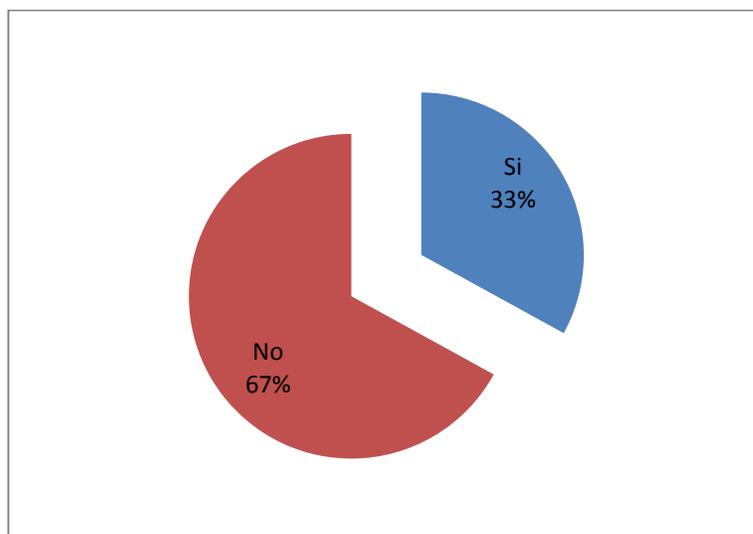
Fuente: elaboración propia.

**Figura Ap.1.9 Pregunta 9 ¿Cree que la gente está consciente del problema de contaminación en Chimaltenango?**



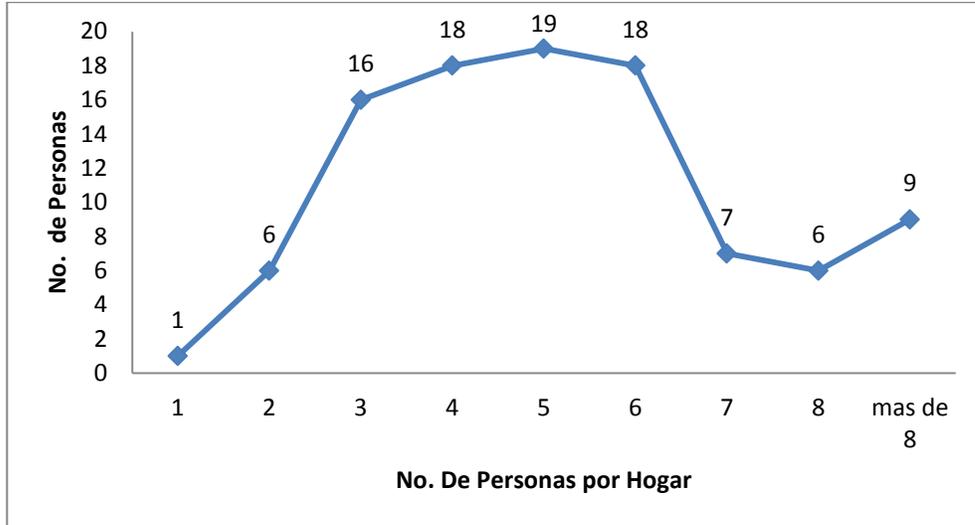
Fuente: elaboración propia.

**Figura Ap.1.10 Pregunta 10 ¿Conoce a dónde va a parar la basura que se extrae de su hogar?**



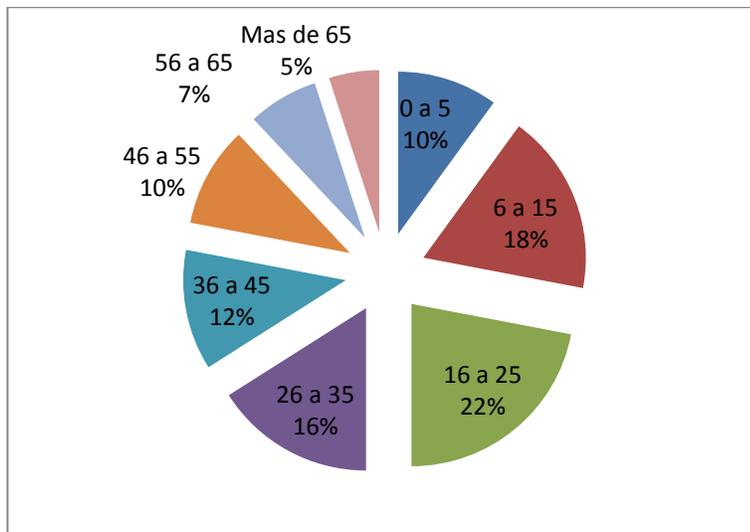
Fuente: elaboración propia.

Figura Ap.1.11 **Pregunta 11 ¿Cuántas personas viven en su hogar?**



Fuente: elaboración propia.

Figura Ap.1.12 **Pregunta 12 ¿En qué rango de edad se encuentran las personas que viven en su hogar?**



Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Regresión exponencial

Tabla Ap.2.1 Tabla inicial

Tabla inicial				
X	Y	X <sup>2</sup>	Ln Y	X* LnY
2000	74 223	4000000	11,21483	22 429,66
2001	77 508	4004001	11,25814	22 527,53
2002	80 957	4008004	11,30167	22 625,95
2003	84 568	4012009	11,34531	22 724,66
2004	88 341	4016016	11,38896	22 823,48
2005	92 274	4,020,025	11,43252	22 922,20
2006	96 360	4024036	11,47585	23 020,55
2007	100 621	4028049	11,51912	23 118,87
2008	105 058	4032064	11,56227	23 217,03
2009	109 663	4036081	11,60517	23 314,78
2010	114 440	4040100	11,64781	23 412,09
<b>Σ</b>	<b>22055</b>	<b>1 024 013</b>	<b>126</b>	<b>252 137</b>

Fuente: elaboración propia.

### Fórmulas

$$Y = ae^{bx}$$

$$\ln Y = bx + \ln a$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum \ln Y = \mathbf{11,43197}$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum X = \mathbf{2 005}$$

$$b = \frac{\sum(X * \ln Y) - \bar{Y} \sum X}{\sum X^2 - \bar{X} \sum X} = 0,043357151$$

$$\ln a = \bar{Y} - b \bar{X}$$

$$\ln a = a \rightarrow e^{\ln a} = e^a \rightarrow a = e^a = 1,626 \times 10^{-33}$$

$$Y \approx (1,626 \times 10^{-33}) e^{0,043357151x}$$

Tabla Ap. 2.2 **Pronósticos para la proyección de la población**

<b>Pronóstico</b>	
<b>Año</b>	<b>Población</b>
2011	119 624
2012	124 925
2013	130460
2014	136 241
2015	142 278
2016	148 582
2017	155 166
2018	162 042
2019	169 222
2020	176 720
2021	184 551

Fuente: elaboración propia.

## ANEXOS

### Anexo 1. Basurero municipal de Chimaltenango

Figura An.1. 1 **Hombres, mujeres y niños reciclando basura**



Fuente: basurero zona 3 Chimaltenango.

Figura An.1. 2 **Material reciclado**



Fuente: basurero zona 3 Chimaltenango.

Figura An.1. 3 **Maquinaria utilizada para el reacomodo de la basura**



Fuente: basurero zona 3 Chimaltenango.

**Figura An.1. 4 Vista lateral del basurero municipal**



Fuente: basurero zona 3 Chimaltenango.

**Figura An.1. 5 Garita de control del basurero**



Fuente: garita principal basurero zona 3 Chimaltenango.