



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

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS Y PLAN DE  
CONTINGENCIA PARA EL RELLENO SANITARIO EL CHOCONAL, MUNICIPIO DE LA  
ANTIGUA GUATEMALA, SACATÉPEQUEZ**

**Héctor Adolfo Castillo Alvarado**

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, noviembre de 2012



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS Y PLAN DE  
CONTINGENCIA PARA EL RELLENO SANITARIO EL CHOCONAL, MUNICIPIO DE LA  
ANTIGUA GUATEMALA, SACATÉPEQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**HÉCTOR ADOLFO CASTILLO ALVARADO**  
ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto 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**

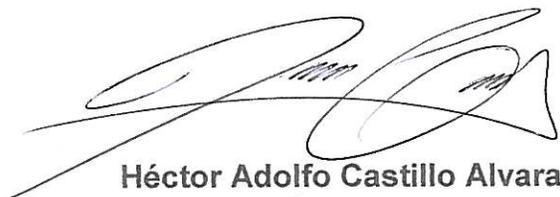
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## 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:

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS Y PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL RELLENO SANITARIO EL CHOCONAL, MUNICIPIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATÉPEQUEZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 9 de septiembre de 2010.



**Héctor Adolfo Castillo Alvarado**



Guatemala, 09 de agosto de 2012.  
REF.EPS.DOC.1117.08.12.

Ingeniera  
Sigríd Alitza Calderón de León De de León  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Inga. Calderón de León De de León.

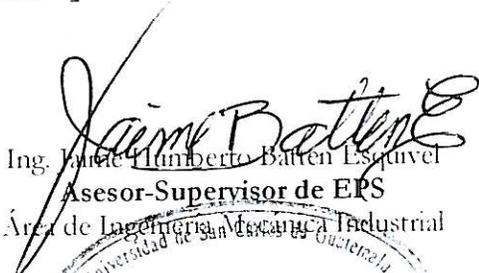
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Héctor Adolfo Castillo Alvarado**, Carné No. **199910736** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS Y PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL RELLENO SANITARIO EL CHOCONAL, MUNICIPIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 09 de agosto de 2012.  
REF:EPS.D.684.08.12

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS Y PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL RELLENO SANITARIO EL CHOCONAL, MUNICIPIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Héctor Adolfo Castillo Alvarado** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
“Id y Enseñad a Todos”

Inga. Sigríd Alitza Calderón de León  
Directora Unidad de EPS



SACdLDdL/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS Y PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL RELLENO SANITARIO EL CHOCONAL, MUNICIPIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Adolfo Castillo Alvarado**, 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



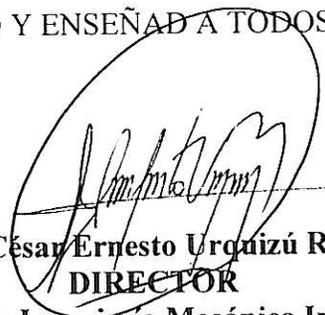
Guatemala, agosto de 2012.

/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 **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS Y PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL RELLENO SANITARIO EL CHOCONAL, MUNICIPIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATÉPEQUEZ**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Adolfo Castillo Alvarado**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“DID Y ENSEÑAR A TODOS”

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



Guatemala, noviembre de 2012.

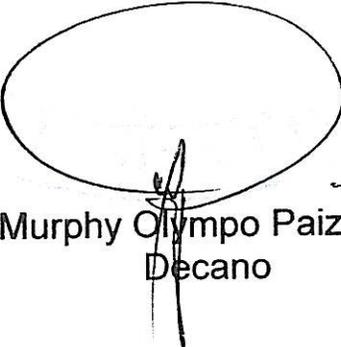
/mgp



Ref. DTG.559.2012

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: **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS Y PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL RELLENO SANITARIO EL CHOCONAL, MUNICIPIO DE LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario: **Héctor Adolfo Castillo Alvarado**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, noviembre de 2012

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por brindarme salud y sabiduría.
<b>Mi esposa</b>	Por su amor y apoyo incondicional.
<b>Mi hija</b>	La princesa, quien es el centro de mi vida.
<b>Mi mamá</b>	Por guiarme y enseñarme la disciplina del estudio desde muy pequeño.
<b>Mi papá</b>	Por haberme dado la mejor herencia, la educación.
<b>Mi hermana</b>	Yesica, por apoyarme siempre.
<b>Mis abuelos</b>	Rosa Arriola (q.e.p.d.), Oscar Castillo (q.e.p.d.) y Judith Salazar, por sus sabios consejos.
<b>Mis primos</b>	Por haber sido mis hermanos mayores, en especial a Liseth Alvarado, Héctor Guillermo Guardia y Carlos Castillo.
<b>Mis tíos</b>	María Victoria Alvarado, Oscar Castillo, Edwin Castillo, Edgar Castillo y Olga Castillo, por brindarme apoyo para llegar a esta meta.

**Mis cuñados**

Fernando Farfán, Karla Farfán y Edy García,  
por su interés y apoyo.

**Mi familia**

Que siempre están junto a mí en las buenas y  
en las malas.

**Mis amigos**

Por los momentos compartidos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Municipalidad de Antigua Guatemala**

En especial al Ing. Vitelio Contreras y Lisa Carrascosa por su colaboración al brindarme la información necesaria, para poder proponer soluciones a la problemática del relleno sanitario El Choconal.

### **Mi asesor**

El ingeniero Jaime Batten, ya que con su apoyo y orientación se pudo llegar al diseño final de la planta de tratamiento de desechos sólidos.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. GENERALIDADES DE LA INSTITUCIÓN .....	1
1.1. Identificación de la institución .....	1
1.2. Reseña histórica .....	1
1.3. Misión.....	2
1.4. Visión y compromiso de trabajo .....	3
1.5. Objetivos estratégicos.....	4
1.6. Estructura organizacional.....	5
1.7. Ubicación de la Municipalidad de La Antigua Guatemala .....	9
1.8. Generalidades del municipio de Antigua Guatemala .....	10
1.8.1. Extensión territorial.....	11
1.8.2. Densidad poblacional .....	11
1.8.3. Actividades económicas.. ..	11
1.8.4. Actividades agrícola .....	12
1.8.5. Dialectos .....	12
1.8.6. Condiciones climáticas.....	12
1.8.7. Recursos naturales .....	13
1.8.8. Ubicación geográfica.....	14

2.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL.....	15
2.1.	Diagnóstico de la situación actual.....	15
2.1.1.	Funcionamiento del relleno sanitario .....	15
2.1.1.1.	Debilidades y consecuencias.....	17
2.1.1.2.	Impactos al medio ambiente y población.....	20
2.1.1.2.1.	Impacto para la salud.....	20
2.1.1.2.2.	Efectos en el ambiente.....	22
2.1.1.3.	Personal y maquinaria disponible .....	23
2.1.2.	Diagrama de causa y efecto .....	25
2.1.3.	Funcionamiento de la Secretaria del Medio Ambiente.....	26
2.1.3.1.	Organigrama .....	28
2.1.3.2.	Atribuciones .....	29
2.1.3.3.	Normativa reguladora .....	31
2.2.	Propuesta de mejora .....	31
2.2.1.	Ubicación de la planta de desechos sólidos El Choconal .....	31
2.2.1.1.	Planos generales .....	32
2.2.1.2.	Planos de distribución de las instalaciones de trabajo .....	33
2.2.1.3.	Planos específicos de las instalaciones de trabajo .....	34
2.2.1.3.1.	Planos específicos de las áreas administrativas y de servicio.....	34
2.2.1.3.2.	Planos específicos de las áreas de trabajo .....	39
2.2.1.4.	Rutas de acceso y evacuación .....	43

2.2.1.5.	Maquinaria necesaria .....	44
2.2.1.6.	Equipo de seguridad .....	50
2.2.2.	Tratamiento interno y externo para los desechos .....	52
2.2.2.1.	Desechos orgánicos .....	52
2.2.2.2.	Desechos inorgánicos .....	53
2.2.2.3.	Tratamiento realizado por personal de la planta .....	54
2.2.2.4.	Tratamiento en empresas privadas .....	55
2.2.2.5.	Reducción de impactos al medio ambiente.....	55
2.2.2.5.1.	Impacto de olores .....	55
2.2.2.5.2.	Impacto visual.....	56
2.2.2.5.3.	Impacto ambiental .....	56
2.2.2.5.4.	Suelos .....	57
2.2.2.5.5.	Agua .....	57
2.2.3.	Operación de la planta de tratamiento de desechos sólidos .....	57
2.2.3.1.	Diseño organizacional .....	58
2.2.3.1.1.	Estructura organizacional ...	58
2.2.3.1.2.	Elaboración de puestos de trabajo.....	59
2.2.3.1.3.	Perfil de puestos y funciones .....	61
2.2.3.1.4.	Horarios de trabajo .....	61
2.2.3.2.	Registros para el control de todas las actividades .....	62
2.2.3.2.1.	Horarios de recepción de desechos .....	63

	2.2.3.2.2.	Recepción diaria, semanal y mensual.....	63
	2.2.3.2.3.	Salida de material reciclable.....	64
	2.2.3.2.4.	Control de material reciclado en la planta .....	65
2.2.3.3.		Manual para separación y aprovechamiento de desechos .....	65
	2.2.3.3.1.	Desechos orgánicos.....	65
	2.2.3.3.2.	Desechos inorgánicos.....	69
	2.2.3.3.3.	Regla de las 3 erres; reducir, reciclar y reutilizar.....	72
	2.2.3.3.4.	Aprovechamiento del gas metano .....	75
	2.2.3.3.5.	Aprovechamiento del líquido lixiviado o percolado .....	80
2.2.4.		Investigación de costos.....	83
	2.2.4.1.	Inversión de infraestructura y maquinaria .....	83
	2.2.4.2.	Costos de operación .....	84
	2.2.4.2.1.	Costos fijos.....	84
	2.2.4.2.2.	Costos variables.....	86
	2.2.4.3.	Análisis de recuperación de la inversión.....	92
2.2.5.		Capacidad del terreno.....	94
	2.2.5.1.	Propuesta de utilización final para el área.....	96

3.	FASE DE INVESTIGACIÓN.....	101
3.1.	¿Cuál es el objetivo de del plan de contingencia? .....	101
3.2.	¿Qué es un desastre?.....	102
3.2.1.	Tipos de desastres .....	102
3.2.1.1.	Incendios .....	103
3.2.1.2.	Terremotos .....	105
3.2.1.3.	Inundaciones .....	106
3.2.1.4.	Ceniza volcánica .....	107
3.2.1.5.	Deslaves.....	107
3.3.	Estructura de brigadas .....	108
3.3.1.	Organigrama .....	109
3.3.2.	Funciones.....	110
3.4.	Señalización de la planta .....	113
3.4.1.	Rutas de evacuación.....	113
3.4.2.	Área de concentración en caso de emergencia .....	114
3.4.3.	Plano general .....	115
3.5.	Procedimientos a seguir en caso de emergencias.....	116
3.5.1.	Activación del plan de contingencia .....	116
3.6.	Simulacros .....	116
3.6.1.	Procedimiento .....	117
3.6.2.	Información al personal .....	118
3.6.2.1.	Medios impresos .....	120
4.	FASE DE DOCENCIA.....	121
4.1.	Planificación de capacitaciones al personal.....	121
4.1.1.	Identificar el objetivo de la capacitación .....	121
4.1.1.1.	Reciclaje.....	121
4.1.1.2.	Elaboración de compost.....	122
4.1.1.3.	Cuidado del medio ambiente.....	123

4.1.1.4.	Simulacro en caso de emergencia .....	123
4.1.2.	Programación para cada departamento de la planta .....	124
4.1.3.	Metodología a utilizar .....	125
4.1.4.	Evaluaciones .....	126
4.1.4.1.	Tabulación de resultados .....	127
4.1.4.2.	Retroalimentación a los colaboradores.....	127
4.2.	Apoyo de otras empresas para capacitaciones .....	127
4.2.1.	Determinar a qué departamento va dirigido .....	128
4.2.2.	Contenido .....	128
4.2.3.	Costos.....	129
CONCLUSIONES.....		131
RECOMENDACIONES .....		133
BIBLIOGRAFÍA.....		135
ANEXOS.....		137

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación de la Municipalidad de La Antigua Guatemala .....	10
2.	Falta de instalaciones necesarias para operación y sanitarios .....	17
3.	No cuentan con equipo de seguridad .....	18
4.	Envases plásticos recolectados .....	19
5.	Cartón recolectado.....	19
6.	Estancamiento del agua de lluvia .....	20
7.	Tractor tipo oruga para el relleno sanitario El Choconal .....	24
8.	Diagrama de causa y efecto .....	26
9.	Camión de volteo usado para recolección de desechos .....	27
10.	Organigrama de la Secretaría del Medio Ambiente .....	28
11.	Ubicación de área de El Choconal (actual relleno sanitario).....	32
12.	Plano de distribución de las instalaciones.....	33
13.	Planos de la garita .....	35
14.	Planos de administración .....	36
15.	Planos de centro de capacitaciones y guardería .....	37
16.	Medidas de un parqueo .....	39
17.	Planos de rampas de recepción de desechos .....	40
18.	Plano de bodegas .....	41
19.	Relleno sanitario .....	41
20.	Celda para elaboración del compost.....	42
21.	Planos de vestidores y baños para damas y caballeros .....	43
22.	Rutas de acceso y evacuación .....	44
23.	Montacargas .....	45

24.	Retroexcavadora .....	46
25.	Dimensiones de retroexcavadora .....	48
26.	Trituradora de residuos orgánicos .....	50
27.	Restos de cocina para compost .....	53
28.	Porcentaje de residuos sólidos recolectados en Antigua Guatemala .....	54
29.	Organigrama propuesto para la planta de tratamiento El Choconal .....	59
30.	Formato para control de ingreso de camiones .....	64
31.	Formato para control de salida de camiones .....	64
32.	Formato para control de producción de compost .....	65
33.	Primer nivel en el compost .....	68
34.	Entrega de desechos a la empresa Recicladora Antigua .....	71
35.	Reutilización de llantas como muro de contención .....	73
36.	Colores para contenedores de materiales reciclables .....	74
37.	Distribución de chimeneas en el relleno sanitario .....	76
38.	Diseño de chimenea para evacuación de gases .....	77
39.	Chimeneas en proceso de construcción .....	77
40.	Sección del relleno sanitario con 2 canales principales .....	81
41.	Construcción de chimeneas y drenajes de lixiviados .....	82
42.	Tanque para almacenar líquido lixiviado .....	82
43.	Triángulo del fuego .....	103
44.	Oscilaciones durante un sismo .....	105
45.	Organigrama de la brigada de la planta El Choconal .....	110
46.	Rutas de evacuación y punto de concentración .....	115
47.	Capacitación en elaboración del compost .....	123
48.	Desechos utilizados en evaluación del compost 1 .....	126
49.	Desechos utilizados en evaluación del compost 2 .....	127

## TABLAS

I.	Uso del suelo en Antigua Guatemala.....	13
II.	Procedimiento actual .....	16
III.	Vectores presentes en el relleno sanitario El Choconal.....	22
IV.	Especificaciones técnicas de tractor tipo oruga .....	24
V.	Especificaciones de camión de volteo .....	27
VI.	Especificaciones del montacargas.....	46
VII.	Especificaciones de retroexcavadora .....	47
VIII.	Capacidad de carga.....	47
IX.	Dimensiones de la retroexcavadora.....	49
X.	Características del equipo de seguridad propuesto .....	51
XI.	Puestos de trabajo por departamento.....	60
XII.	Horarios de trabajo .....	62
XIII.	Horarios de recepción de materiales .....	63
XIV.	Precios para materiales reciclados .....	70
XV.	Composición del biogás en el relleno sanitario.....	75
XVI.	Zonas y periodicidad de monitoreo de biogás .....	80
XVII.	Descripción de inversión inicial.....	83
XVIII.	Costos de mano de obra anual.....	84
XIX.	Proyección de salarios a 5 años, con incremento del 6% anual.....	85
XX.	Costos por mantenimiento .....	87
XXI.	Proyección en toneladas, desechos producidos en Antigua Guatemala .....	88
XXII.	Proyección de costos de operación en quetzales con incremento del 10 y 5% respectivamente .....	88
XXIII.	Proyección de insumos.....	89
XXIV.	Proyecciones de venta anuales de material reciclado .....	90

XXV.	Proyección de ventas de abono orgánico.....	92
XXVI.	Proyección de ingresos y egresos totales .....	93
XXVII.	Procedimiento durante un simulacro .....	118
XXVIII.	Programación de capacitaciones.....	125

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>DSr</b>	Cantidad de desechos sólidos recolectados (kg/día)
<b>Drsm</b>	Densidad de los desechos sólidos (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Ha</b>	Hectárea
<b>MC</b>	Factor de material de cobertura
<b>t</b>	Tiempo de vida útil
<b>V</b>	Volumen del relleno sanitario



## GLOSARIO

<b>Aerobio</b>	Relativo a la vida o a procesos que pueden ocurrir únicamente en presencia de oxígeno.
<b>Aguas de escorrentía</b>	Aguas que no penetran en el suelo o que lo hacen lentamente y que corren sobre la superficie del terreno después de la lluvia.
<b>Anaerobio</b>	Relativo a la ausencia de oxígeno libre. Requerimiento de ausencia de aire o de oxígeno para la degradación de la materia orgánica.
<b>Berma</b>	Espacio entre el pie del talud y el declive exterior del terraplén.
<b>Biodegradable</b>	Dicho de la materia orgánica, cualidad de ser metabolizada por medios biológicos.
<b>Biogás</b>	Mezcla de gases de bajo peso molecular (metano, bióxido de carbono, etc.), producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.
<b>Celda</b>	Conformación geométrica que se les da a los RSM y al material de cubierta debidamente compactado mediante equipo mecánico o por los trabajadores de un relleno sanitario.

<b>Degradable</b>	Dicho de determinadas sustancias o compuestos, cualidad de descomponerse gradualmente mediante medios físicos, químicos o biológicos.
<b>Desechos sólidos</b>	Son aquellos materiales no peligrosos descartados por la actividad del ser humano o generados por la naturaleza, y que no teniendo una utilidad inmediata para su actual poseedor, se transforman en indeseables.
<b>Disposición final</b>	Depósito definitivo de los residuos sólidos municipales en un sitio en condiciones controladas y ambientalmente adecuadas para evitar daños a los ecosistemas.
<b>Dren</b>	Estructura que sirve para el saneamiento y la eliminación del exceso de humedad en los suelos.
<b>Guajero</b>	Persona que trabaja en el relleno sanitario en la selección de material reciclable, para su posterior venta.
<b>Lixiviado o percolado</b>	Líquido producido fundamentalmente por la precipitación pluvial que se infiltra a través del material de cobertura y atraviesa las capas de basura, transportando concentraciones apreciables de materia orgánica en descomposición y otros contaminantes.

<b>Material de cobertura</b>	Capa superficial de tierra en cada celda que tiene como finalidad aislar los residuos del ambiente externo, controlar infiltraciones y la presencia de fauna nociva.
<b>Metales férreos</b>	Aquellos materiales cuya composición es de hierro o alguna aleación de éste.
<b>Metales no férreos</b>	Aquellos materiales cuya composición es, entre otros; aluminio, cobre, bronce y no poseen hierro.
<b>Metales pesados</b>	Elementos de carácter inorgánico que se encuentran presentes en ciertos materiales, como por ejemplo colorantes, pinturas, baterías, etc., y que pueden ser dañinos a la salud.
<b>Permeabilidad</b>	Es la capacidad del suelo para conducir o transportar un fluido cuando se encuentra bajo un gradiente. Varía según la densidad del suelo, el grado de saturación y el tamaño de las partículas.
<b>Relleno sanitario</b>	Es el sitio que es proyectado, construido y operado mediante la aplicación de técnicas de ingeniería sanitaria y ambiental, donde se depositan, esparcen, acomodan, compactan y cubren con tierra diariamente los desechos sólidos, contando con drenaje de gases y líquidos colados.

<b>Sirle</b>	Excrementos del ganado lanar y cabrío que se emplea para abonar la tierra.
<b>Talud</b>	Inclinación de un dique, terraplén o desmonte.
<b>Terraplén</b>	Macizo de tierra con que se rellena un hueco o que se levanta para hacer una defensa, un camino u otra obra semejante.
<b>Valor Presente</b>	Valor Presente es el valor actual de un capital que no es inmediatamente exigible es (por oposición al valor nominal) la suma que, colocada a Interés Compuesto hasta su vencimiento, se convertiría en una cantidad igual a aquél en la época de pago.
<b>Valor Presente Neto</b>	El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero que es maximizar la inversión.
<b>Vectores</b>	Seres vivos que intervienen en la transmisión de enfermedades al llevarlas de un enfermo o de un reservorio a una persona sana.

## RESUMEN

Actualmente está en funcionamiento un relleno sanitario en el área del Choconal, que sirve para depositar los desechos de Antigua Guatemala y sus aldeas. Se diseñó una planta de tratamiento de desechos sólidos con lo cual se llevaron a cabo varias actividades como:

- Observar el proceso actual y sus puntos débiles para poder generar propuestas de mejora.
- Identificar las actividades generadoras de peligro a la salud ocupacional de los trabajadores.
- Se realizaron entrevistas a la población y trabajadores del relleno sanitario a fin de recopilar información de los procesos actuales.
- Investigación de diseño de plantas industriales para la aplicación de los conceptos.
- Elaboración de hojas de control de procesos.

Se trabajó en el plan de contingencia en caso de desastres que puedan ocurrir por el clima o por la ubicación de la planta. Se analizaron varios tipos de desastres que ocurren en el área circundante a la planta de tratamiento, se detectaron las zonas y actos inseguros dentro de la planta de tratamiento. Hubo recopilación de datos por medio de entrevistas y observación acerca de los desastres que han ocurrido en el área. Además se identificó y documentó los pasos a seguir al momento de un desastre.

Es muy importante trasladar los conocimientos de las operaciones propuestas en el diseño de la planta por lo que se realizaron actividades y capacitaciones relacionados con el tema de elaboración del compost, que es el abono orgánico.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar una planta de tratamiento de desechos sólidos para eliminar la inadecuada disposición final que se le da a los residuos, y a la vez esto permita minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente, al mismo tiempo elaborar un plan de contingencia tomando en cuenta los desastres que puedan ocurrir debido a la ubicación de la planta de tratamiento y capacitando al personal operativo.

### **Específicos**

1. Ubicar todas las unidades como la garita, área de parqueo, área de separación, etc. para que exista continuidad y se evite la pérdida de tiempo y congestión.
2. Diseñar la construcción de las áreas de trabajo, baños y garita con materiales reciclados.
3. Elaborar productos provenientes de la separación y tratamiento de desechos como el compost para el beneficio de los trabajadores de la planta de tratamiento.
4. Redactar plan de contingencia especialmente para la planta de tratamiento de Antigua Guatemala.

5. Señalizar completamente la planta de tratamiento para la seguridad del personal operativo y visitantes.
6. Evaluar la ubicación de la planta de tratamiento para diseñar las medidas de contingencia.
7. Capacitación al personal operativo en la separación y elaboración de productos para su comercialización.
8. Capacitar al personal administrativo en la operación de la planta de tratamiento y búsqueda de nuevas alternativas y productos en beneficio para el medio ambiente.
9. Utilizar medios escritos, radiales y televisivos para apelar a la conciencia de la población para que se separen los desechos en cada casa.

## INTRODUCCIÓN

Cada vez está claro en el mundo que si no se controla la forma de vida consumista y disposición de los desechos resultantes, los recursos naturales se agotarán. El incremento de la población es razón importante para generar métodos que reduzcan el impacto negativo del ser humano en el medio ambiente.

Este proyecto es el resultado de la búsqueda de procesos, tecnologías nuevas y artesanales, teniendo como objetivo que sean de bajo costo y que puedan ser implementadas a corto plazo con el apoyo de entidades gubernamentales y no gubernamentales.

Además se busca que los trabajadores desarrollen estos conocimientos de reciclaje y reutilización para beneficio de sus familias y generar una planta de tratamiento autosostenible.

Actualmente el área del Choconal funciona como relleno sanitario, en donde diariamente se reciben 25 camiones, haciendo un total de 160 toneladas por día de lunes a sábado. Se realizan pocas tareas de reciclaje llevadas a cabo por 8 familias llamadas Guajeros.

Se diseñó una planta de tratamiento de desechos sólidos para minimizar el impacto negativo que tiene la ciudad de Antigua Guatemala sobre su entorno.

En el relleno sanitario hay muchas deficiencias como ausencia de sanitarios para los trabajadores, falta de equipo de seguridad e instalaciones adecuadas para la separación de los materiales reciclables. Además que no se aprovecha el recurso de los desechos sólidos como el gas metano y los líquidos lixiviados.

Para el diseño de la planta de tratamiento, se elaboraron manuales de procedimiento de recepción y separación, descripción de puestos. Además este estudio contiene un análisis de costos para mostrar que los costos fijos son mínimos, tomando en cuenta los beneficios ambientales que se tendrían.

Debido a que la municipalidad tiene su presupuesto reducido, el objetivo primordial de la planta de tratamiento a diseñar, es que sea autosostenible, brindando los materiales para la construcción de las galeras, garitas, sanitarios y demás estructuras, de los mismos desechos, utilizando por ejemplo botellas y llantas.

Como primer paso hubo una distribución de áreas de trabajo operativas y administrativas dentro del terreno existente, teniendo en cuenta una posible expansión.

Se elaboraron procedimientos para la recepción de los diferentes tipos de desechos sólidos y con qué maquinarias e instalaciones se trabajaría. También está dentro del diseño de la planta los perfiles de puestos y manual de funciones para todo el personal.

Un tema muy importante, es el plan de contingencia que debe tener una planta de producción, en donde se trabajarán con desechos sólidos, por lo que se listaron los diferentes tipos de desastres a que está expuesta el Choconal,

como; derrumbes, inundaciones, incendios, terremotos, entre otros. El objetivo de este plan, es mantener la salud ocupacional de los trabajadores y resguardar las instalaciones de la planta de tratamiento.

En el momento de estar operando la planta de tratamiento, se programaron capacitaciones a fin de mantener los procedimientos de reciclaje y elaboración de compost.



# **1. GENERALIDADES DE LA INSTITUCIÓN**

## **1.1. Identificación de la institución**

La Municipalidad de La Antigua Guatemala del departamento de Sacatepéquez, es el organismo que administra la comuna. El gobierno municipal corresponde al Concejo Municipal, el cual es responsable de ejercer la autonomía del municipio. Se integra por el alcalde, síndicos y concejales, todos electos directa y popularmente en cada municipio. Su presupuesto proviene de fondos nacionales, donaciones e impuestos, entre otros.

Tiene por objetivo lograr el bienestar del vecino y visitantes a través de la emisión e implementación de acuerdos y reglamentos municipales que normen las distintas actividades en el municipio.

El personal está dividido en 16 jefaturas, las cuales son: Concejo Municipal, alcalde, Obras sociales de la esposa del alcalde, alcaldías auxiliares, Secretaría Municipal, Juzgado de Asuntos Municipales, Juzgado de Tránsito, Evaluación, Control y Monitoreo, Departamento Jurídico, Relaciones Públicas, Tesorería, División Técnica Operativa, Secretaria del Despacho, Oficina Municipal de Planificación, Recursos Humanos y Medio Ambiente.

## **1.2. Reseña histórica**

En 1524 el capitán Don Pedro de Alvarado había ya conquistado varias provincias y continuando dicha tarea, alcanzó el territorio que los mexicanos denominaban Almolonga, que significa; manantial de agua.

Dicho lugar sorprendió a los españoles por su belleza y decidieron establecerse alrededor de 1524, bajo el nombre de Santiago de los Caballeros.

Este valle contaba con la majestuosa vista del volcán de Agua, un clima privilegiado, ríos de pacífico caudal que se encontraban a poca distancia, y hermosos paisajes

Fue fundada como ciudad en 1543, convirtiéndose en una de las más importantes del continente, pues se constituyó como la Capital del Reino, el cual comprendía Mesoamérica, lo que hoy es Chiapas y Soconusco (ahora en México), Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica.

Antigua Guatemala, es declarada Monumento Nacional el 30 de marzo de 1944. Veintiún años más tarde, en julio de 1965 fue declarada Ciudad Monumento de América, por la VIII Asamblea General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

En noviembre de 1979 la ciudad colonial es declarada Patrimonio Mundial Cultural y Natural de la UNESCO, convirtiéndose ante los ojos del mundo en un reconocido tesoro de la humanidad.

### **1.3. Misión**

“Es una municipalidad democrática que promueve los valores y fortalece la organización y desarrollo de las comunidades urbanas y rurales, en la línea de gestión y autogestión, incidiendo en las decisiones políticas, económicas, sociales y culturales a nivel local y nacional, para mejorar la calidad de vida de la población.”

#### **1.4. Visión y compromiso de trabajo**

“Servidor público municipal: es la persona a la que Dios le dio el privilegio de ponerse al servicio de los vecinos y visitantes, los conocimientos, dones y talentos para construir con esfuerzo una mejor Antigua Guatemala, a través de su trabajo.”

“Honestidad: es la forma de servir a los demás con responsabilidad y transparencia, siendo amable, puntual, correcto y tolerante.”

“Vocación de servicio: el trabajo no es un horario, ni un salario, es la oportunidad de servir a los demás como trabajador municipal, mostrando siempre la voluntad de contribuir a solucionar los problemas de las personas.”

“Trabajo en equipo: somos un equipo de trabajo, comprometido a servir a la sociedad antiguëña y a quienes nos visitan, de forma responsable, honesta y consecuente.”

“Compromiso: estamos comprometidos con Dios, nuestras familias, compañeros de trabajo, y con nosotros mismos; pero especialmente con nuestros vecinos, para servirles atenta, cordial y respetuosamente.”

“Transparencia: los recursos que hoy administramos son de todos los vecinos de La Antigua Guatemala, por lo que debemos ser responsables del mejor uso de los mismos.”

“Solidaridad: estaremos siempre dispuestos, a ayudar y apoyar el trabajo en equipo, contribuyendo a buscar las mejores soluciones a las necesidades de los

vecinos, brindando de forma sincera y permanente una mano amiga que contribuya a lograr los objetivos planificados.”

“Voluntad: estamos convencidos que muchos de los problemas de nuestro municipio se pueden solucionar si las palabras se acompañan de hechos que demostraran a las futuras generaciones que tuvimos la voluntad de hacer las cosas. Cuando los sueños se convierten en realidad, es porque ha existido voluntad.”

“Orgullo: nos sentimos orgullosos de ser parte del equipo de trabajo de la Municipalidad de La Antigua Guatemala.”

“Empleado municipal: el alcalde, el Concejo Municipal, jefes de departamento, y colaboradores, somos hoy empleados municipales, servidores del municipio de Antigua Guatemala. Somos imagen institucional al servicio de los vecinos y visitantes las 24 horas del día, teniendo la responsabilidad y el compromiso de ser ejemplo. Debemos cultivar la mística de servicio y solidaridad hacia nuestros semejantes para que con la ayuda de Dios podamos incidir en los cambios positivos que necesita NUESTRA ANTIGUA GUATEMALA.”

### **1.5. Objetivos estratégicos**

- Ser la institución líder a nivel local, departamental y nacional, demostrando los más altos niveles de relaciones humanas, administración y funcionamiento, organización y planificación, control y retroalimentación, ejecución física y presupuestaria con credibilidad y transparencia.
- Contribuir con el fortalecimiento de los valores morales, cívicos, culturales para lograr una sociedad más justa, equitativa y solidaria en la

construcción de una mejor calidad de vida, alcanzando un desarrollo sostenible.

- Tener cobertura municipal especializada en gestión y autogestión para las comunidades, generando mejoras en su calidad de vida.
- Ser una institución municipal financieramente sólida, generadora de sus propios ingresos, ofreciendo servicios de alta calidad para la satisfacción de las necesidades de nuestros vecinos.
- Ser una municipalidad técnicamente comprometida con los requerimientos de la globalización, innovando y manteniendo la calidad de los servicios.
- Lograr el bienestar de los vecinos y visitantes a través de la emisión e implementación de acuerdos y reglamentos municipales que normen las distintas actividades en el municipio.

#### **1.6. Estructura organizacional**

La estructura organizacional, es el medio del que se sirve una organización cualquiera para conseguir sus objetivos. Da orden a la empresa. Responsabiliza al talento humano de la organización en cada una de las áreas que se han definido previamente.

Su finalidad, es la de establecer un sistema de papeles que han de desarrollar los miembros de una organización para trabajar juntos de forma óptima, a fin de que sean alcanzadas las metas fijadas en la planificación.

## Tipos de estructura organizacional

- Funcional

Es simple y se utiliza en empresas que trabajan en condiciones estables y que tienen pocos productos o servicios y que sus tareas son rutinarias.

Lo importante de esta estructura, es que agrupa a personas que tienen una posición similar dentro de la organización o que desarrollan funciones semejantes, utilizando recursos y habilidades del mismo estilo en departamentos como; ingeniería, producción, finanzas, mercadotecnia, recursos humanos, calidad, entre otras.

Este es el tipo de estructura que tiene la Municipalidad de La Antigua Guatemala, ya que se agrupan a personas con funciones semejantes en departamentos como relaciones públicas, tesorería municipal, secretaria del medio ambiente, entre otros.

- Por producto/servicios

Utilizada en las organizaciones que agrupan las actividades con base en los productos o servicios que comercializan. Es muy común en empresas que tienen gran cantidad de productos y que por ser estos tan extensos resulta incontrolable organizarse en una estructura funcional.

Las empresas adoptan este tipo de estructura cuando el crecimiento hace indispensable que se nombre a varios gerentes divisionales, con autoridad sobre las funciones de producción, ventas y servicio respecto a sus líneas de productos.

La principal ventaja es el enfoque de la empresa en la satisfacción del cliente.

- Divisional

La forma divisional, es una serie de entidades semiautónomas acopladas mediante una estructura administrativa central. Pero estas entidades acopladas, que en el caso de la burocracia profesional son individuos o profesionales del núcleo de operaciones. En la forma divisional son unidades de la línea media, que se denominan por lo general divisiones, la administración que las reúne se denomina sede central.

La forma divisional difiere de otras estructuras, en que en un aspecto importante, no se trata de una estructura completa, hasta el núcleo de operaciones, sino una estructura superpuesta en otras, es decir; que cada división dispone de una estructura propia.

La forma divisional reúne a la agrupación a base del mercado para las unidades de la parte superior de la línea media. Se crean divisiones según los mercados a los que se atiende y cada división se ocupa de sus propias actividades de compras, ingeniería, fabricación y marketing.

La dispersión de las funciones operativas minimiza la interdependencia entre divisiones de modo que, cada una de ellas puede funcionar como entidad semiautónoma, sin necesidad de coordinarse con las demás.

- Matricial

Este tipo de estructura agrupa a las personas simultáneamente por

funciones y divisiones, combinando las estructuras funcional y divisional.

El objetivo principal, es buscar la mayor integración de recursos especializados, lo cual es de gran utilidad cuando se desarrollan proyectos con tiempo definidos, en cuanto a su elaboración o entrega.

A diferencia de los demás tipos de estructuras organizacionales, ésta no es aplicable en cualquier tipo de empresa, ya que está pensada para desarrollarse en aquellas que trabajan en proyectos, como empresas de ingeniería civil o firmas de publicidad.

- Por proceso

Consiste en agrupar actividades y grupos humanos por cada una de las partes en que se puede subdividir la parte de proceso o transformación, el que a su vez hace parte del proceso productivo.

La estructura organizacional por proceso, tampoco es pura, sino que se suele dar en conjunto con la estructura organizacional funcional.

Las ventajas que presenta este modelo de organización pueden ser,,: usar tecnología altamente especializada, aprovechar las habilidades especializadas de los trabajadores, se simplifica la capacitación por tratar solo asuntos puntuales y propios de la especialización, facilita la supervisión y la coordinación intradepartamental, aunque la dificultad a nivel interdepartamental.

- En red

Este tipo de estructura organizacional, es un armazón que sirve de base

para el funcionamiento simultáneo, coordinado, equilibrado e integrado de más de una organización, pues presenta las diversas relaciones interorganizacionales existentes entre los diferentes elementos que la conforman. Estas interrelaciones comprenden aspectos técnicos y de comportamiento, basados en los condicionantes y componentes que influyen en su propio diseño.

- Por clientes

Se utiliza para agrupar actividades que reflejen un interés principal en los clientes, es común en una variedad de empresas. Los clientes son la clave para la forma de agrupar las actividades, cuando cada grupo de clientes es administrado por un jefe de departamento. Los propietarios de empresas y sus gerentes disponen las actividades sobre esta base para atender los requisitos de grupos de clientes bien definidos.

La Municipalidad de La Antigua Guatemala utiliza el organigrama mixto, debido a que es una organización con un gran número de unidades en la base. Este tipo de organigrama utiliza combinaciones verticales y horizontales para ampliar las posibilidades de graficación. Ver anexo A.

### **1.7. Ubicación de la Municipalidad de La Antigua Guatemala**

Desde la ciudad de Guatemala se debe tomar la carretera CA-1, saliendo por la Calzada Roosevelt. Una vez en la carretera encontrará un mirador a su izquierda, luego llegará a San Lucas Sacatepéquez, el cual es fácilmente reconocible por sus comercios y gasolineras. Al final de esa recta, pasando bajo el puente, un cruce a la derecha lo llevará directo a La Antigua sin desviaciones haciendo un total de 45 kilómetros de recorrido. (Ver figura 1)



### **1.8.1. Extensión territorial**

La Antigua Guatemala tiene una extensión de 78 kilómetros cuadrados. Cuenta con 1 ciudad, 13 aldeas y 13 caseríos.

### **1.8.2. Densidad poblacional**

Los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) indican que en La Antigua Guatemala actualmente hay aproximadamente 44 786 habitantes, teniendo una densidad poblacional de 574 habitantes por kilómetro cuadrado.

### **1.8.3. Actividades económicas**

Como en muchas ciudades de Guatemala, en La Antigua Guatemala la primera actividad económica es el turismo; visitantes interesados en ver iglesias, ruinas, fincas de café, volcanes, entre otros sitios de interés.

Hay también muchas escuelas de idioma español; es uno de los lugares más populares y mejor reconocidos en América Latina, en donde estadounidenses y europeos acuden para estudiar español.

Muchos pobladores se dedican a fabricar artesanías, las cuales se comercializan dentro y fuera del país.

La Antigua Guatemala también es reconocida por el cultivo de café. Cultiva un tipo de café internacionalmente reconocido, por lo cual es objeto de sobre precio en los mercados gourmet. Sus cualidades se deben a que las áreas donde se cultiva se encuentran en las faldas de los volcanes de Agua, Acatenango y de Fuego, en donde las características ecológicas y climáticas

hacen que el suelo presente las condiciones óptimas para la fertilidad de los mejores cafetales.

No por menos, el café de La Antigua Guatemala es considerado uno de los cafés más finos que se producen en el mundo. Como parte importante del pasado y presente que envuelve a esta ciudad, algunas fincas productoras de café de La Antigua Guatemala han abierto sus puertas a turistas nacionales y extranjeros, y les ofrecen recorridos por las plantaciones y las procesadoras del grano, en donde no sólo se aprende el proceso que lleva el grano, desde que se corta hasta llegar a una taza de café, sino también se aprende a apreciar la importancia de los bosques de café, que en el caso de Guatemala, forman una parte importante del corredor Biológico Mesoamericano, pulmón de América.

#### **1.8.4. Actividades agrícolas**

Dado el nivel socioeconómico de la población, la producción es diversa; existen artesanías, ebanisterías, platerías, alfarerías, hierro forjado, entre otros. La ciudad está rodeada por fincas de café que ocupan la mayor parte de la extensión del valle y las faldas de las montañas y volcanes. El segundo producto (no tradicional) de exportación es la producción de rosas.

#### **1.8.5. Dialectos**

En el centro de la ciudad se habla el idioma español y en los alrededores del idioma maya predominante es el Cachiquel.

#### **1.8.6. Condiciones climáticas**

El clima es templado. Las temperaturas no varían mucho durante el día y

tienden a quedarse en los 22 a 25 grados centígrados. Alrededor de las 6 de la tarde, mientras la caída del sol empieza, las temperaturas empiezan a bajar alrededor de los 5 grados centígrados. La estación de invierno o lluvia ingresa a mediados del mes de mayo y termina en octubre.

### 1.8.7. Recursos naturales

- Uso potencial de suelo

Se define al uso que debiera darse al recurso de suelo, en un área definida en un momento específico. El municipio de La Antigua Guatemala, presenta las siguientes categorías de uso potencial.

Tabla I. **Uso del suelo en Antigua Guatemala**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>%</b>	<b>ÁREA</b>
<b>Agrícola</b>	35	3 427 Ha
<b>Forestal</b>	26	2 545 Ha
<b>De protección</b>	39	3 818 Ha

Fuente: Ministerio de Agricultura.

- Flora

El tipo de cobertura forestal es importante desde el punto de vista ecológico y socioeconómico. Está conformada principalmente por especies de gravilea, eucalipto, ciprés e ilamo.

La mayor parte de área boscosa en La Antigua Guatemala, se encuentran en la finca Florencia con bosque natural mixto, finca el Hato con bosque natural de coníferas, los astilleros de San Mateo con bosque natural de coníferas, San Pedro Las Huertas, San Juan del Obispo con bosque, San Cristóbal el Alto con bosque natural mixto.

- Fauna

La fauna del municipio está asociada a los tipos de cultivos y clases de árboles, por lo que predominan en el área especies como sanates, ardillas, armadillos, tacuacines, venado, taltuzas, loros y pericos.

#### **1.8.8. Ubicación geográfica**

El municipio de La Antigua Guatemala forma parte del departamento de Sacatepéquez, está localizado en la parte central del departamento y colinda al norte con Jocotenango y San Bartolomé Milpas Altas; al este con San Bartolomé Milpas Altas, Santa Lucía Milpas Altas, Magdalena Milpas Altas y Santa María de Jesús; al sur con Santa María de Jesús; al oeste con San Antonio Aguas Calientes, Ciudad Vieja y Santa Catarina Barahona, todos del departamento de Sacatepéquez.

## **2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diagnóstico de la situación actual**

Para hacer el diagnóstico, se utilizaron técnicas como entrevistas mediante un cuestionario previamente redactado, la observación, análisis de documentos, diagrama de causa y efecto de Ishikawa y el método de las 6 m's.

En uno de los primeros acercamientos a la municipalidad de La Antigua Guatemala y al área del Choconal, ésta convocó a una reunión con entidades gubernamentales, periodistas, universitarios y sociedad civil, para mostrar la situación, actual en que opera el relleno sanitario el Choconal y al mismo tiempo solicitar el planteamiento de nuevas ideas y procedimientos, con el objetivo de minimizar el impacto al medio ambiente.

#### **2.1.1. Funcionamiento del relleno sanitario**

La Municipalidad de La Antigua Guatemala, es la encargada de la administración del relleno sanitario el Choconal por medio de la secretaria del medio ambiente.

Ingreso de camiones: diariamente se reciben 25 camiones haciendo un total de 160 toneladas por día de lunes a sábado, provenientes de La Antigua Guatemala con desechos.

Horarios: el horario de recepción de desechos es por las tardes. En días festivos no hay horario y la cantidad recibida se triplica.

Cobro de ingreso al relleno sanitario: no se les cobra ninguna cuota a los camiones que van a dejar basura y ripio. Adicionalmente se tiene ingreso de camiones con tierra proveniente de construcciones, el ingreso para estos camiones es de Q 25,00.

Mano de obra actual: un grupo de 8 familias, llamados guajeros, son los que están autorizados para separar los desechos para tomar los materiales que se puedan reciclar. Los guajeros no reciben ningún tipo de pago por parte de la municipalidad, solo se les extiende el permiso para poder trabajar.

Tabla II. **Procedimiento actual**

<b>Pasos</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	Ingreso de camiones
<b>2</b>	Descarga de basura en el relleno sanitario
<b>3</b>	Un grupo de guajeros extraen materiales para reciclar
<b>4</b>	El tractor tritura la basura pasándole encima
<b>5</b>	Una vez triturada, el tractor la ubica en el área de destino final
<b>6</b>	Se distribuye una capa de cal para regular la acidez
<b>7</b>	Al final del día se deja caer una última capa de tierra fértil

Fuente: elaboración propia.

Procesos en los alrededores del relleno sanitario: se siembra árboles de llamo e Izote, que son especies de árbol de rápido crecimiento, para reforestar y bambú para las laderas del relleno para evitar los deslaves.

### 2.1.1.1. Debilidades y consecuencias

En la visitas al relleno sanitario el Choconal, se evidenció la falta de instalaciones para la separación de desechos y sanitarios adecuados para los trabajadores y guajeros (ver figura 2), no cuentan con equipo de seguridad industrial (ver figura 3), los líquidos lixiviados y el gas metano contamina el ambiente, solamente se reciclan materiales como envases plásticos y cartón, dejando a un lado la gran variedad de materiales reciclables (ver figura 4 y 5), el agua de lluvia se estanca porque no hay desniveles en el terreno ni drenajes (ver figura 6) y no hay agua potable para los trabajadores y guajeros.

Figura 2. **Falta de instalaciones necesarias para operación y sanitarios**



Fuente: relleno sanitario El Choconal.

La falta de instalaciones, tiene como consecuencia que no se tenga un procedimiento ordenado para separar los materiales, faltan bodegas para almacenar los materiales, no está delimitada el área de descarga de camiones ni las rutas de los mismos, poniendo en peligro a los trabajadores.

Actualmente los trabajadores del relleno hacen sus necesidades fisiológicas, lo cual atrae a moscas que posteriormente pueden transmitir enfermedades.

Figura 3. **No cuentan con equipo de seguridad**



Fuente: vertedero de basura del Mercado Municipal de La Antigua Guatemala.

La no utilización de equipo de seguridad industrial, puede producir accidentes laborales y enfermedades ocupacionales como; corte con vidrios y objetos puntiagudos, dolor de espalda al levantar objetos pesados, entre otros.

Figura 4. **Envases plásticos recolectados**



Fuente: área de separación de materiales reciclable, relleno sanitario El Choconal.

Figura 5. **Cartón recolectado**



Fuente: área de separación de materiales reciclable, relleno sanitario El Choconal.

No se reciclan otros materiales que pueden reutilizarse o reciclarse, con lo que se contamina el suelo al enterrarlo.

Figura 6. **Estancamiento del agua de lluvia**



Fuente: relleno sanitario El Choconal.

Debido a la falta de canales de conducción de lluvia, el agua de lluvia se queda estancada, penetra en el relleno sanitario, lo cual resulta en una alta producción de líquidos lixiviados. Esto también genera que la tierra se humedezca provocando deslaves.

#### **2.1.1.2. Impactos al medio ambiente y población**

Los residuos sólidos domésticos, generan grandes cantidades de desechos orgánicos e inorgánicos. Es prioritario compatibilizar el desarrollo económico y social con la protección de la naturaleza evitando las agresiones a los ecosistemas vivos y al medio ambiente en general.

##### **2.1.1.2.1. Impacto para la salud**

Se analizaron los efectos en la salud de las personas de los riesgos directos e indirectos presentes en el relleno sanitario.

- Riesgos directos

Los guajeros al estar en contacto directo con los desechos, como vidrios rotos, metales, jeringas, hojas de afeitar, excrementos de origen humano o animal, e incluso con residuos infecciosos de establecimientos hospitalarios y sustancias de la industria, han resultado con cortes, lesiones y enfermedades.

La actividad de separación y selección de materiales se realiza en condiciones sin la más mínima protección de seguridad industrial.

En el relleno sanitario carecen de los servicios básicos de agua, alcantarillado y electricidad y se encuentran sometidos a malas condiciones alimentarias, lo que se refleja en un estado de desnutrición crónica y en problemas gastrointestinales de origen parasitario.

Otro efecto, es que los mismos guajeros se transforman en vectores sanitarios y potenciales generadores de problemas de salud entre las personas, con las cuales conviven y están en contacto.

- Riesgos indirectos

El riesgo indirecto más importante encontrado en el relleno sanitario, es la proliferación de animales portadores de microorganismos que transmiten enfermedades a toda la población, conocidos como vectores.

Los vectores como las moscas, mosquitos, ratas y cucarachas han encontrado alimento y un ambiente favorable para su reproducción, lo que ha resultado en la transmisión de enfermedades, desde simples diarreas hasta dolencias de mayor gravedad.

Tabla III. **Vectores presentes en el relleno sanitario El Choconal**

<b>Vectores</b>	<b>Formas de Transmisión de enfermedades</b>	<b>Principales Enfermedades que transmiten</b>
<b>Roedores</b>	Mordisco, orina y heces pulgas	Típus, Leptospirosis
<b>Moscas</b>	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifoidea, Salmonelosis, Cólera, Amibiasis, Disentería, Giardiasis
<b>Mosquitos</b>	Picadura de mosquito hembra	Malaria, Leishmaniasis, Fiebre amarilla, Dengue, Filariasis
<b>Cucarachas</b>	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifoidea, Cólera, Giardiasis
<b>Aves</b>	Heces	Toxoplasmosis

Fuente: doctor Gustavo Palencia.

#### **2.1.1.2.2. Efectos en el ambiente**

- Contaminación del agua

En el relleno sanitario no se tienen controles sobre los líquidos lixiviados o percolados provenientes de los desechos sólidos depositados, lo que resulta en la contaminación de los depósitos de agua subterráneos.

La contaminación llega también al río Pensativo, el cual nace en la parte alta de la finca Florencia.

- Contaminación del suelo

Otro efecto negativo fácilmente reconocible, es la contaminación del suelo, haciendo casi imposible que nazca alguna planta o árbol en el área. Además el deterioro estético del área circundante, con la consecuente desvalorización, tanto del terreno donde se localiza el relleno sanitario, como de las áreas colindantes.

- Contaminación del aire

El impacto ambiental del aire, es mínimo, ya que se tienen medidas de mitigación del mismo como colocar una capa de cal una vez que estén esparcidos los desechos y al final del día se coloca una capa de tierra.

### **2.1.1.3. Personal y maquinaria disponible**

El relleno sanitario el Choconal cuenta con el siguiente personal que trabaja a tiempo completo:

- 1 operador para el tractor para distribuir y triturar los desechos
- 1 guardián, quién vigila que no ingresen desechos de otras áreas

Además trabaja en el relleno sanitario un grupo de 8 familias llamadas guajeros; a los cuales se les permite ingresar 3 días a la semana para que separen algunos materiales como latas, cartón y plástico para que lo puedan

vender a empresas recicladoras y así reducir el volumen de los desechos que se depositan en el relleno sanitario. La municipalidad no realiza ningún cobro ni pago para los guajeros.

En el relleno sanitario se distribuyen los desechos por medio de un tractor tipo oruga (ver figura 7) el cual los tritura y al final del día coloca una capa de tierra para disminuir la propagación de moscas.

Figura 7. **Tractor tipo oruga para el relleno sanitario El Choconal**



Fuente: relleno sanitario El Choconal

Tabla IV. **Especificaciones técnicas de tractor tipo oruga**

<b>TRACTOR TIPO ORUGA</b>	
Motor	
Potencia Neta a 2 200 rpm (Hp)	180
Marca	Cummins
Modelo	6CTAA-8,3
Número de Cilindros	6
Cilindrada Total (L)	8,3

Continuación de la tabla IV.

<b>Instalación Eléctrica</b>	
Tensión de Funcionamiento (V)	24
Baterías	2
Capacidad Total (Ah)	160
Mantenimiento	Cada 150 horas
Motor de arranque (KW)	7,8
<b>Convertidor de Par</b>	
Tipo	Mono etapa Mono fase
Relación de Conversión	3.2:1
Capacidad de la Lámina (m3)	3,2 a 5,6
Peso Operacional (kg)	20 050
País de Fabricación	Italia

Fuente: elaboración propia.

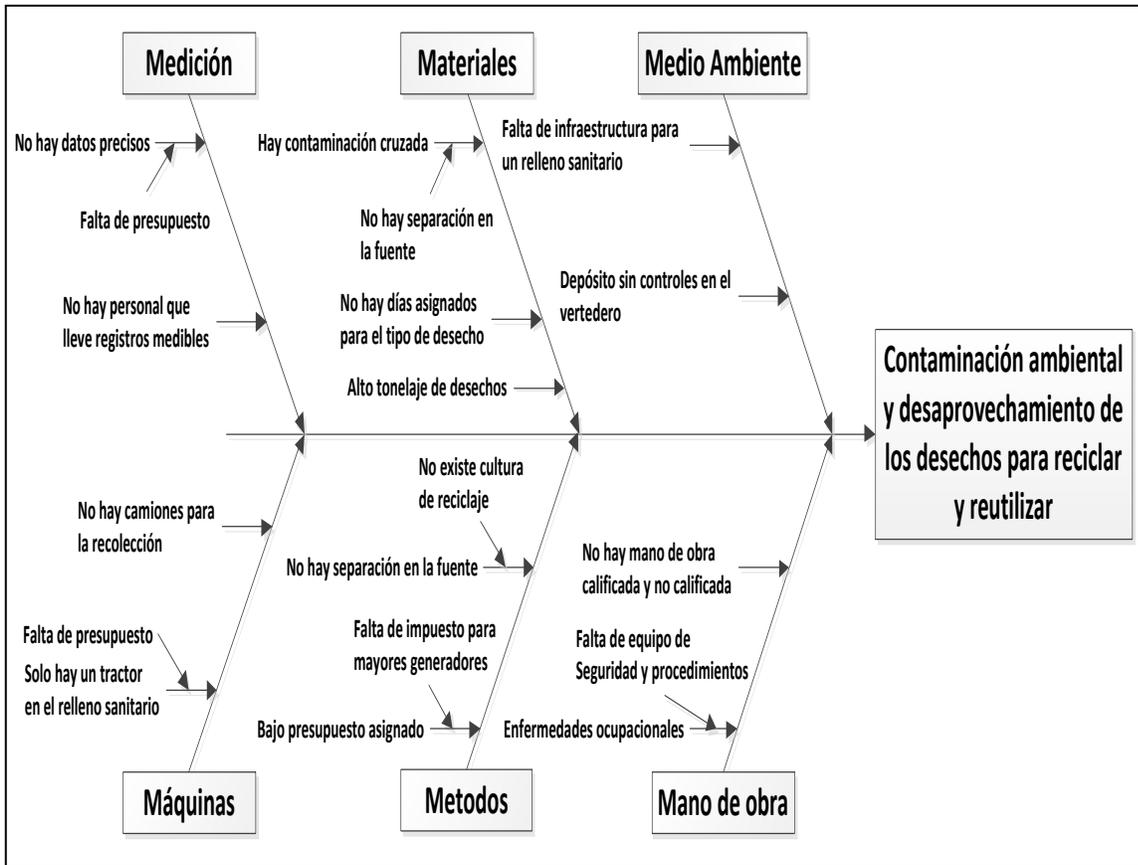
### 2.1.2. Diagrama de causa y efecto

Utilizando el método de las 6 m's, medición, materiales, medio ambiente, máquinas, método y mano de obra (ver figura 8), sirvió como base para identificar las causas, sub causas y el efecto del problema de los residuos sólidos en La Antigua Guatemala.

Las entrevistas al ingeniero Vitelio Contreras, encargado de la Secretaria del Medio Ambiente de Antigua Guatemala, usuarios del servicio de recolección

de basura, guajeros que trabajan en el Choconal ayudaron a alimentar el diagrama de causa y efecto aprendido en los cursos de Ingeniería Industrial.

Figura 8. Diagrama de causa y efecto



Fuente: elaboración propia, en el programa Microsoft Visio.

### 2.1.3. Funcionamiento de la Secretaria del Medio Ambiente

La Secretaría del Medio Ambiente, tiene a su cargo mantener e incrementar las áreas recreacionales, fortalecer la estructura ambiental, capacitaciones a colegios y escuelas acerca del cuidado del medio ambiente, velar por el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, asesoría técnica

con relación al ambiente, control y combate de basureros clandestinos, entre otras.

La municipalidad cuenta con 4 camiones para la recolección de desechos del mercado municipal, barrido de calles y parques (ver figura 9).

Figura 9. **Camión de volteo usado para recolección de desechos**



Fuente: <http://procomamich.blogspot.com/p/maquinaria-pesada-y-ligera.html>  
Consulta: febrero del 2011.

Tabla V. **Especificaciones de camión de volteo**

Marca	Internacional
Línea	WorkStar
Motor	7400 cc turbodiésel
Volumen de carga	7 m <sup>3</sup>
Capacidad de carga	12 toneladas

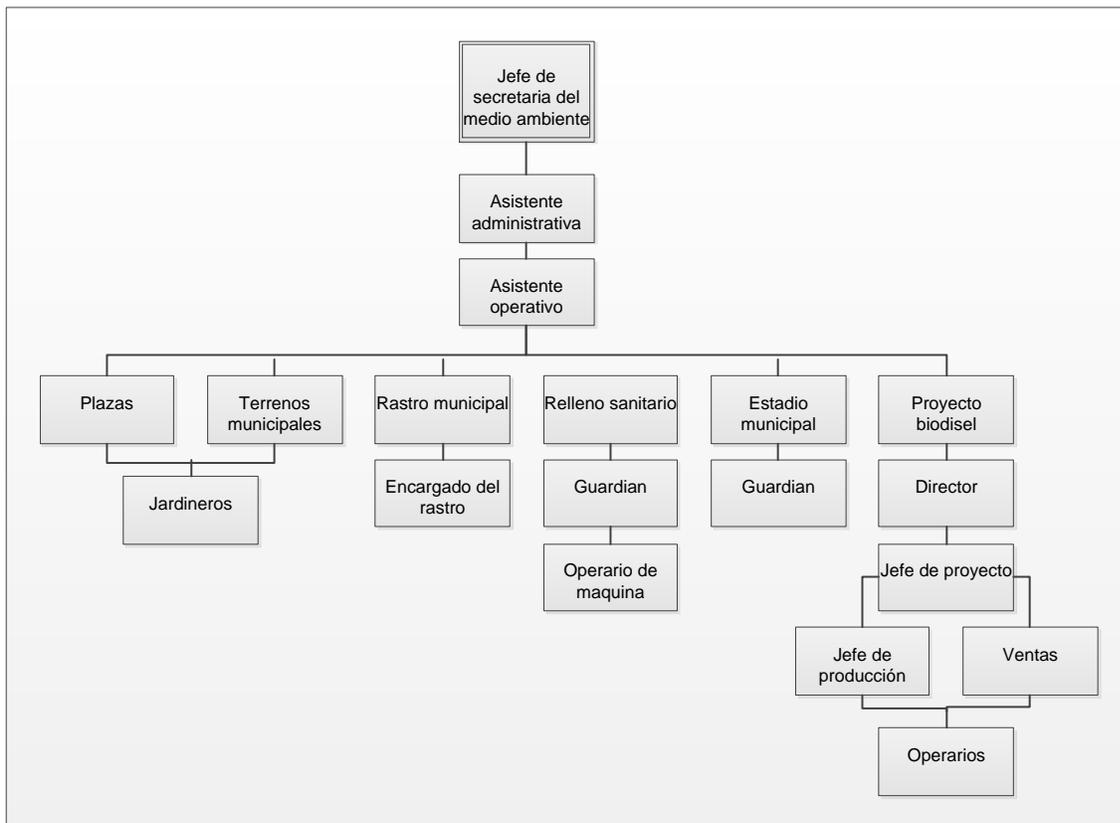
Fuente: elaboración propia.

### 2.1.3.1. Organigrama

La Secretaría del Medio Ambiente, está representada por medio de un organigrama tipo vertical (ver figura 10), el cual presenta las unidades ramificadas de arriba hacia abajo a partir del titular, en la parte superior, y desagregan los diferentes niveles jerárquicos en forma escalonada.

El Departamento de la Secretaría del Medio Ambiente está compuesta por 80 personas distribuidas en las siguientes áreas:

Figura 10. **Organigrama de la Secretaría del Medio Ambiente**



Fuente: Secretaría de Medio Ambiente, Municipalidad de La Antigua Guatemala.

### 2.1.3.2. Atribuciones

Para dar cumplimiento al mandato constitucional de satisfacer las necesidades de la comunidad y asegurar su participación en el progreso económico, social y cultural de la comuna, los miembros de la secretaria del medio ambiente cuentan con las siguientes atribuciones:

- Jefe de la secretaria del medio Ambiente Administrar los recursos, equipos, materiales, maquinaria y personal para el funcionamiento de los proyectos y mantenimientos municipales.
- Asistente administrativa Apoyo en las funciones del jefe de la secretaria del medio ambiente.
- Asistente operativo Encargado de coordinar y supervisar a todo el personal operativo del departamento.
- Jardineros Operarios encargados del mantenimiento de jardines.
- Encargado del rastro Guardianía del equipo y encargado de supervisar y llevar registro de las operaciones del rastro.
- Guardián del relleno sanitario Registro de ingresos y egresos con desechos y trabajo de los guajeros.

- Operario de máquina en el relleno sanitario Recibir los desechos, dispersarlos y agregarles una capa de tierra al final del día.
- Guardián del estadio municipal Controlar el ingreso y egreso de personas y mantenimiento.
- Director del proyecto biodiesel Administrar recursos y personal para la producción e investigación del biodiesel.
- Jefe de proyecto biodiesel Coordinar con jefe de producción y encargado de ventas la producción del biodiesel.
- Jefe de producción biodiesel Asignar y supervisar ejecución de órdenes de trabajo.
- Ventas del biodiesel Recolección de materia prima, promoción y venta de biodiesel.
- Operarios del biodiesel Encargados de transformar la materia prima en combustible

### **2.1.3.3. Normativa reguladora**

La Secretaria del Medio Ambiente, toma como base las leyes vigentes en el país, cuyo contenido jurídico regula la protección del medio ambiente y la salud. En el anexo B se describen las leyes ambientales de Guatemala.

## **2.2. Propuesta de mejora**

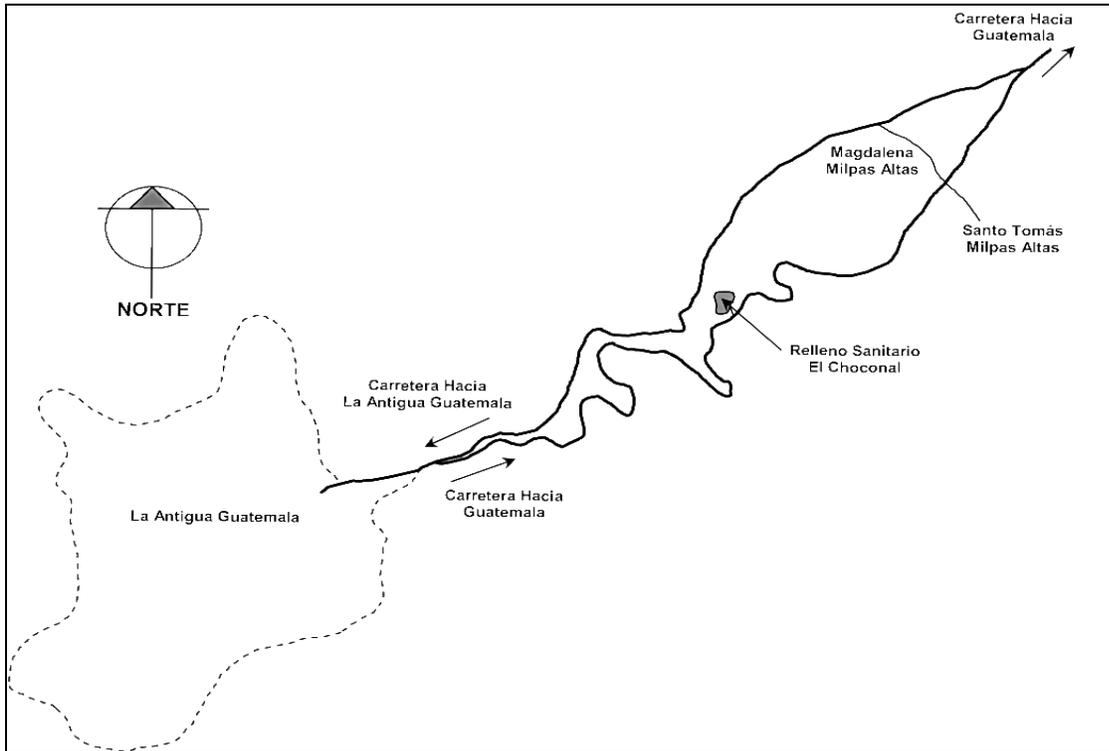
En el presente trabajo se aplicó una propuesta de mejora al manejo de los desechos sólidos en el relleno sanitario El Choconal, a través de la aplicación de la metodología de los cursos de Ingeniería Industrial, proponiendo la distribución de las áreas de trabajo, procedimientos de producción, sistemas de control y registros de las operaciones.

También se planificó un plan de contingencia, en prevención ante desastres que pueden ocurrir debido a la ubicación de la planta de tratamiento y capacitaciones en temas relacionados a la operación de la planta de tratamiento y a la conservación del medio ambiente.

### **2.2.1. Ubicación de la planta de desechos sólidos El Choconal**

El área del Choconal se encuentra a 13 kilómetros del centro de La Antigua Guatemala, en el kilómetro 37,5 sobre la carretera que lleva de esa misma ciudad hacia Magdalena Milpas Altas, Sacatepéquez. (Ver figura 11).

Figura 11. **Ubicación de área de El Choconal (actual relleno sanitario)**



Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Publisher.

### 2.2.1.1. Planos generales

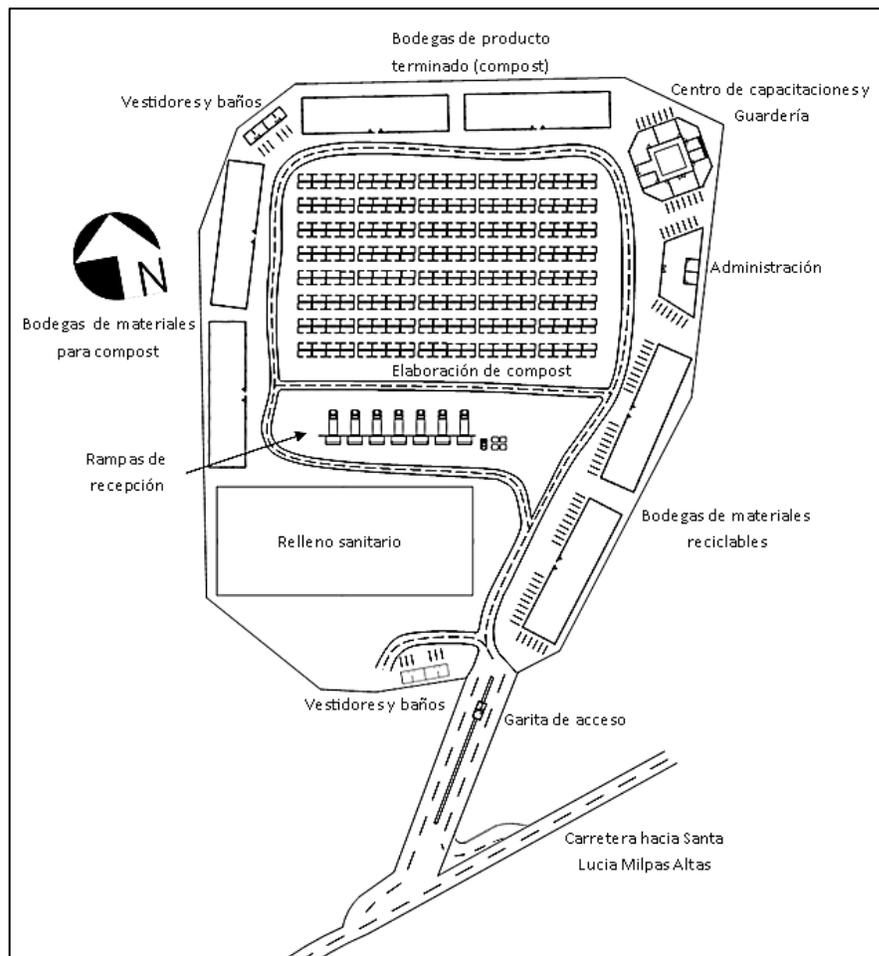
En el área El Choconal se tienen 2 hectáreas divididas en subáreas. En la primera subárea estaba ubicada la fosa 1 la cual se trabajó por varios años hasta que llegó a su capacidad máxima. Actualmente es un área plana. (Ver anexo C).

La subárea 2 tiene una fosa de 30 metros de ancho por 80 metros de largo y 6 metros de profundidad. En ella se realizarán trabajos para llegar a una dimensión de 40 metros de ancho, profundidad de 15 metros y el largo quedará igual.

### 2.2.1.2. Planos de distribución de las instalaciones de trabajo

Aprovechando la planicie del terreno, se diseñaron las oficinas administrativas, bodegas, parqueos y el área para la elaboración del compost en el área de la fosa, que llegó a su capacidad máxima. (Ver figura 12).

Figura 12. Plano de distribución de las instalaciones



Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Visio.

### **2.2.1.3. Planos específicos de las instalaciones de trabajo**

Los planos de las instalaciones de trabajo están divididos en; administrativos, en donde se generan los planes de trabajo, capacitaciones y guardería. Posteriormente se tienen los planos de las áreas de trabajo, en las cuales se llevaran a cabo los procesos de producción.

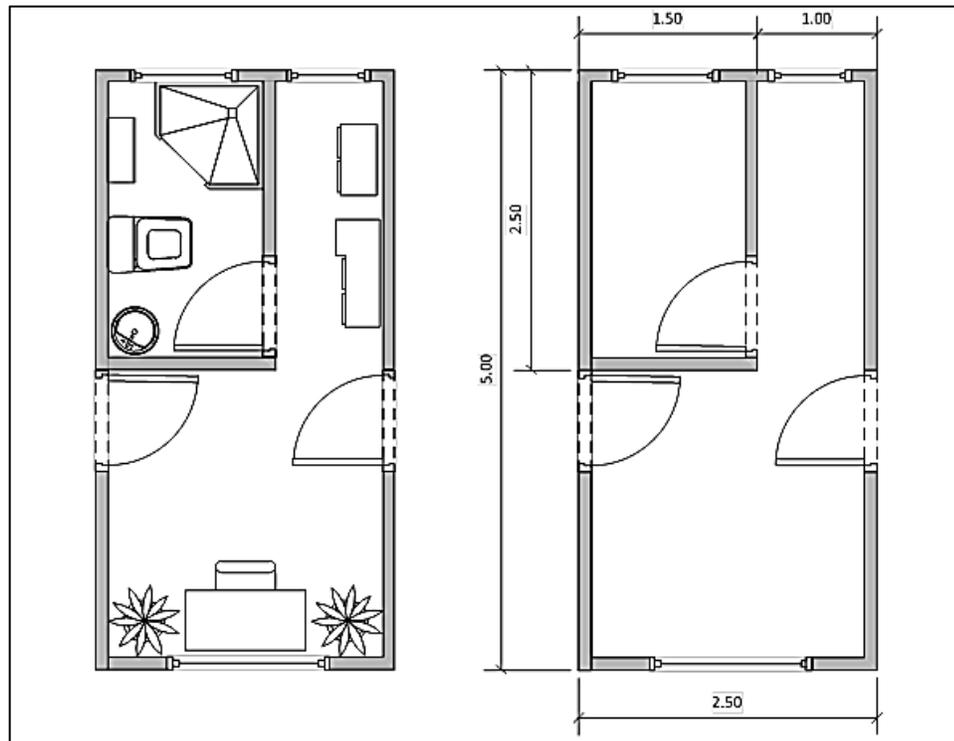
#### **2.2.1.3.1. Planos específicos de las áreas administrativas y de servicio**

En las áreas administrativas y de servicio están diseñados los planos de la garita de acceso, administración, guardería y centro de capacitaciones y parqueos.

- Garita de acceso

Estará ubicada en el camino interior que lleva hacia la planta de tratamiento de desechos sólidos, a 50 metros de la carretera; esto para evitar que el congestionamiento de los camiones que ingresan a la planta afecte a la carretera principal. (Ver figura 13).

Figura 13. Planos de la garita



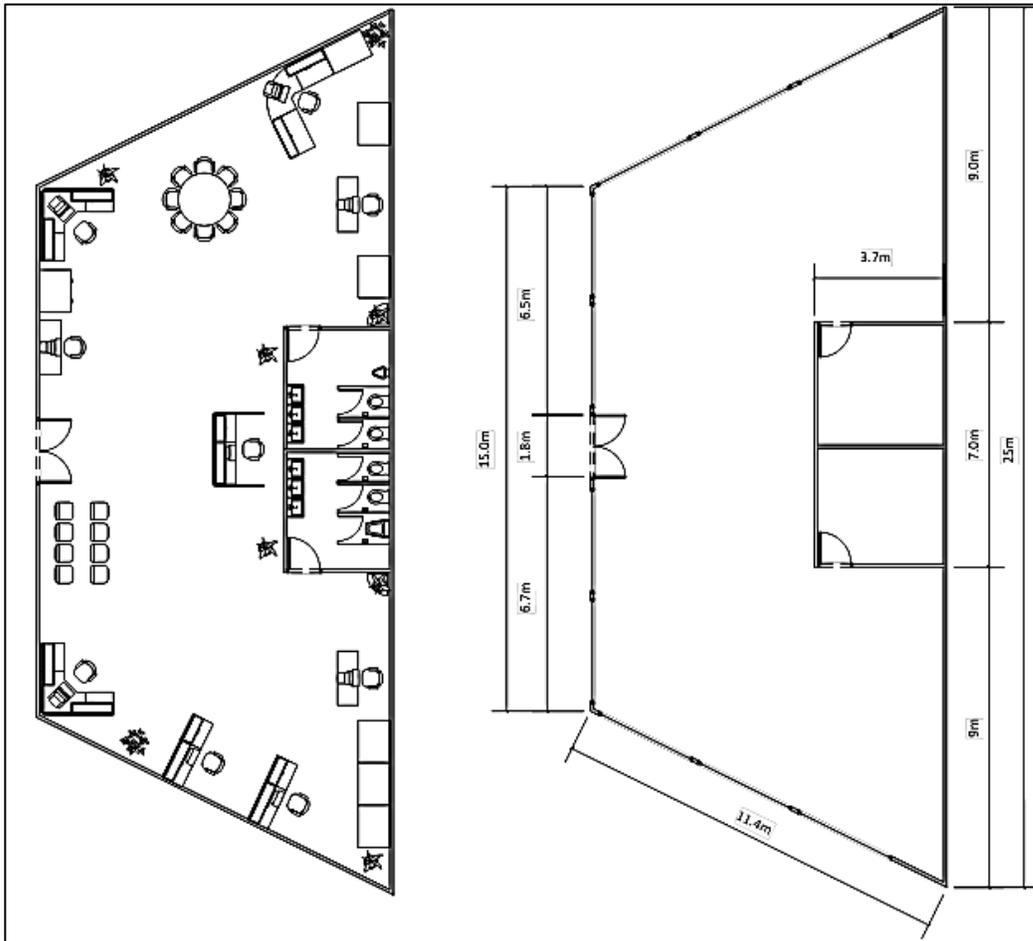
Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Visio.

- Administración

El área administrativa tendrá una vista de 180 grados de los procesos de la planta y estará ubicada en la parte nor oriente del terreno, que es en donde el terreno tiene más altura.

El edificio tendrá espacios internos sin paredes y en el exterior paredes a media altura y con vidrio en la parte superior. (Ver figura 14).

Figura 14. Planos de administración



Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Visio.

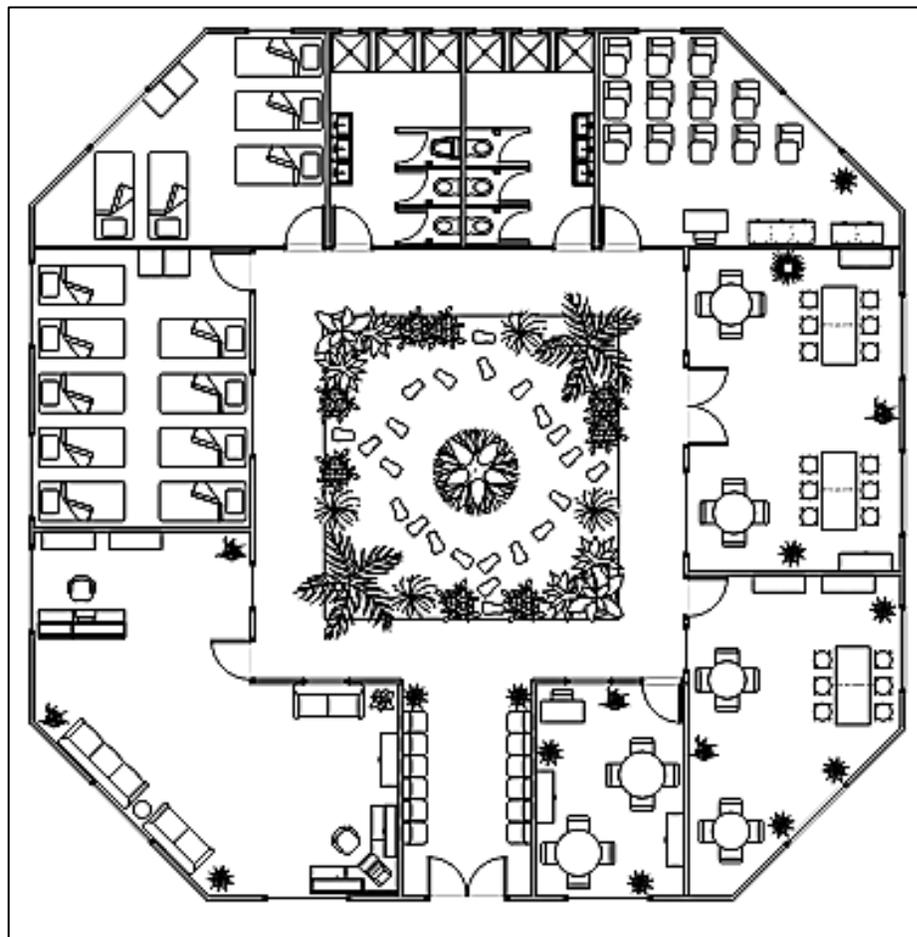
- Centro de capacitaciones y guardería

El centro de capacitaciones se utilizará para dar charlas a estudiantes y a todos los que estén interesados en informarse acerca de los temas ambientales, los procesos y funcionamiento de la planta de tratamiento de desechos sólidos.

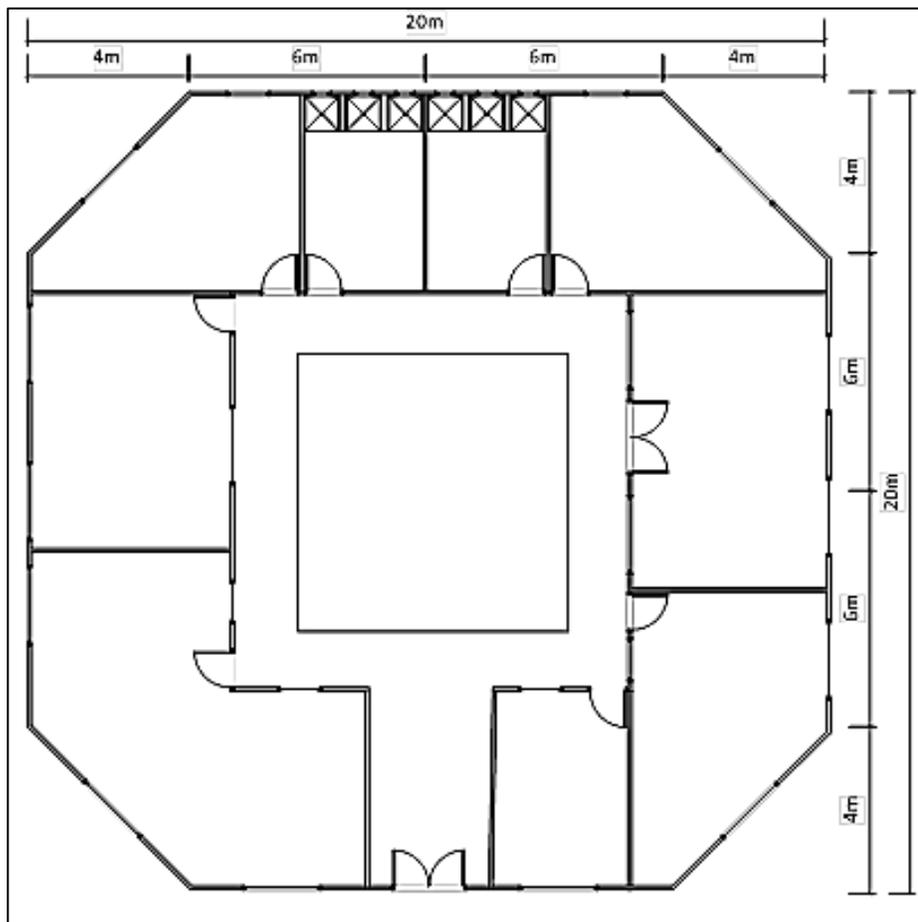
La guardería es necesaria, ya que los trabajadores administrativos y los recicladores tienen la necesidad de dejar a sus hijos al cuidado de otras personas en sus horas de trabajo y no cuentan con presupuesto necesario.

Al igual que todos los edificios de la planta de tratamiento de desechos sólidos, serán diseñados para que tengan muy buena circulación de aire y una excelente iluminación para depender en lo mínimo de recursos que no sean naturales. (Ver figura 15).

Figura 15. **Planos de centro de capacitaciones y guardería**



Continuación de la figura 15.

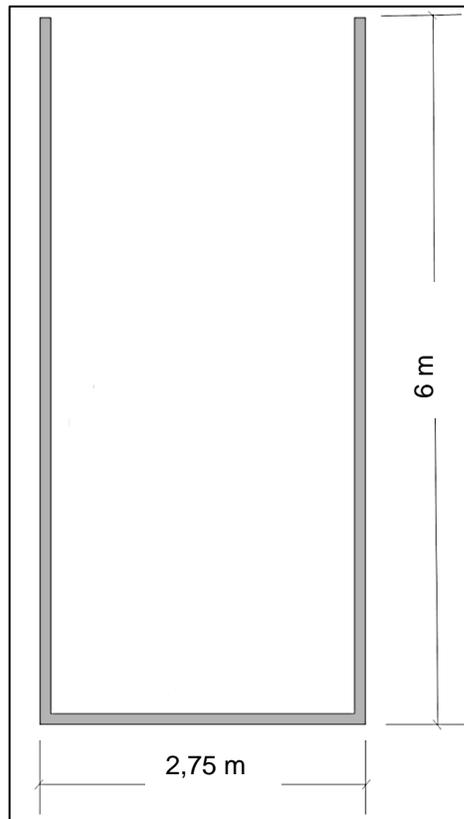


Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Visio.

- Parques

Las áreas de parqueo toman muchas configuraciones. Los espacios de estacionamiento dentro de la planta, se diseñaron perpendiculares y angulares (30, 45, o 60 grados) respecto a los edificios y a la carretera. Todas estas disposiciones de parques tienen las mismas medidas estándar para un parqueo, que es 6 metros de largo y 2,75 metros de ancho. (Ver figura 16).

Figura 16. **Medidas de un parqueo**



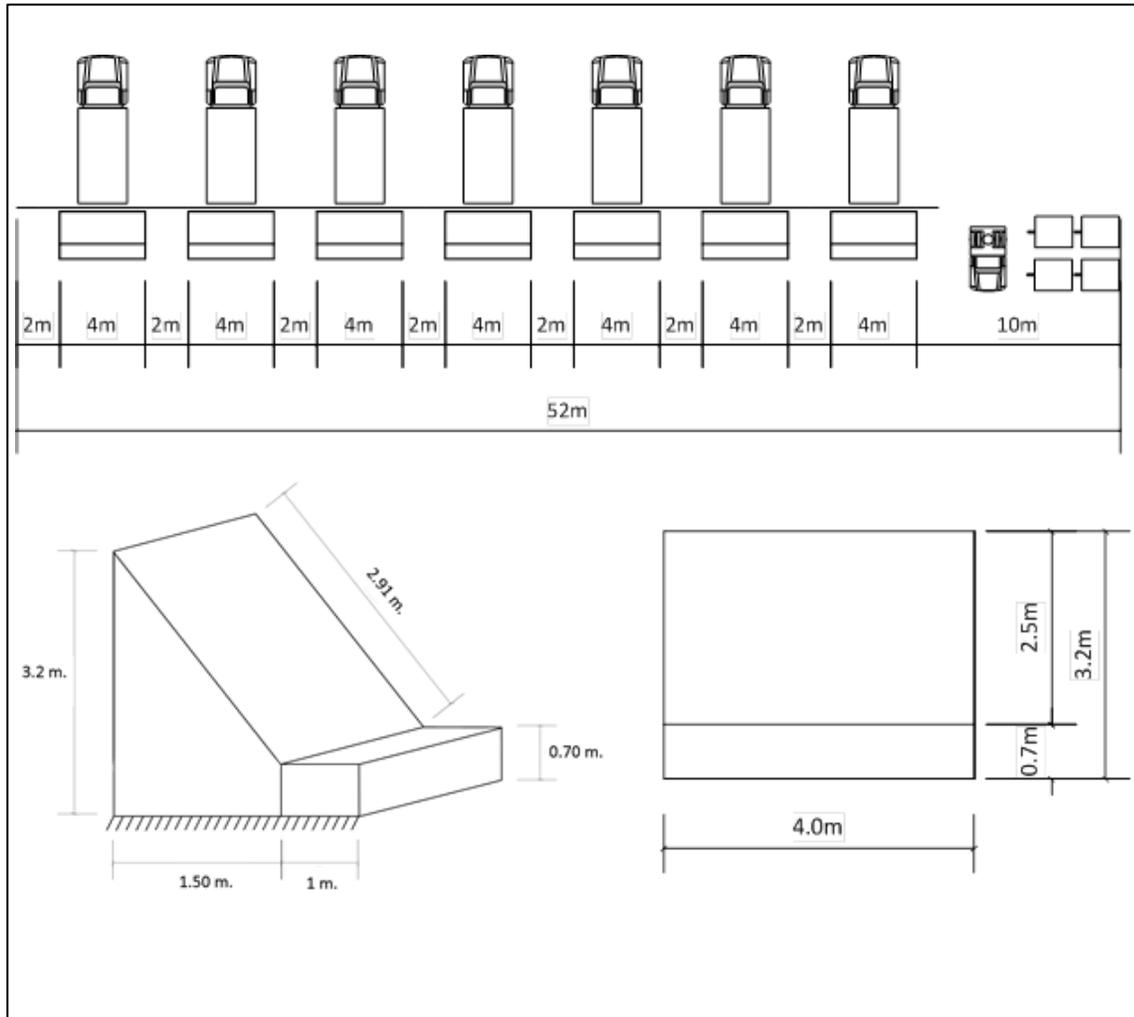
Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Visio.

#### **2.2.1.3.2. Planos específicos de las áreas de trabajo**

Los planos de las áreas de trabajo están compuestos por las rampas de recepción de desechos, bodegas, elaboración de compost, vestidores y baños, las cuales se diseñaron en base a los volúmenes investigados de desechos que ingresan al relleno sanitario.

- Zona de recepción y separación de materiales

Figura 17. Planos de rampas de recepción de desechos

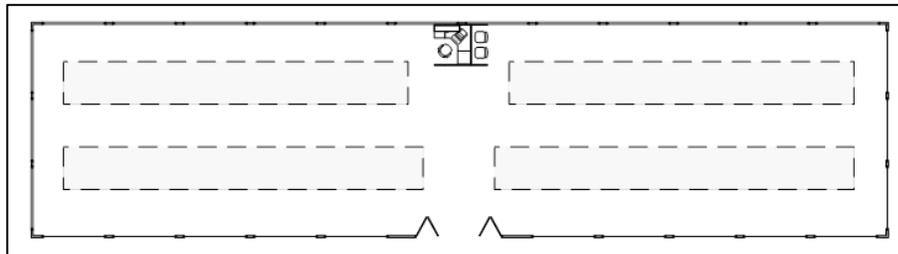


Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Visio.

- Bodegas

Las bodegas de materiales orgánicos, materiales reciclables y abono, tendrán las mismas dimensiones. (Ver figura 18).

Figura 18. **Plano de bodegas**



Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Visio.

- Relleno sanitario

Diseñado en un prisma invertido de sección trapezoidal, de 40 metros de ancho por 80 metros de largo y 15 metros de profundidad. (Ver figura 19).

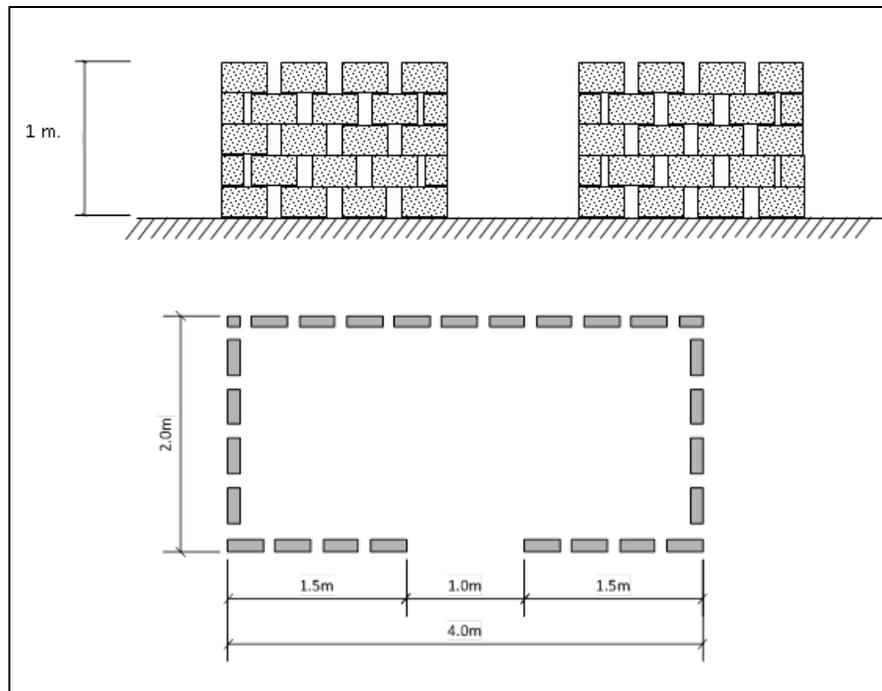
Figura 19. **Relleno sanitario**



Fuente: [http://www.desechos.net/news\\_items/15-el-relleno-sanitario-de-santa-marta-modelo-para-otros-municipios](http://www.desechos.net/news_items/15-el-relleno-sanitario-de-santa-marta-modelo-para-otros-municipios). Consulta: abril del 2011.

- Área de elaboración de compost

Figura 20. **Celda para elaboración del compost**



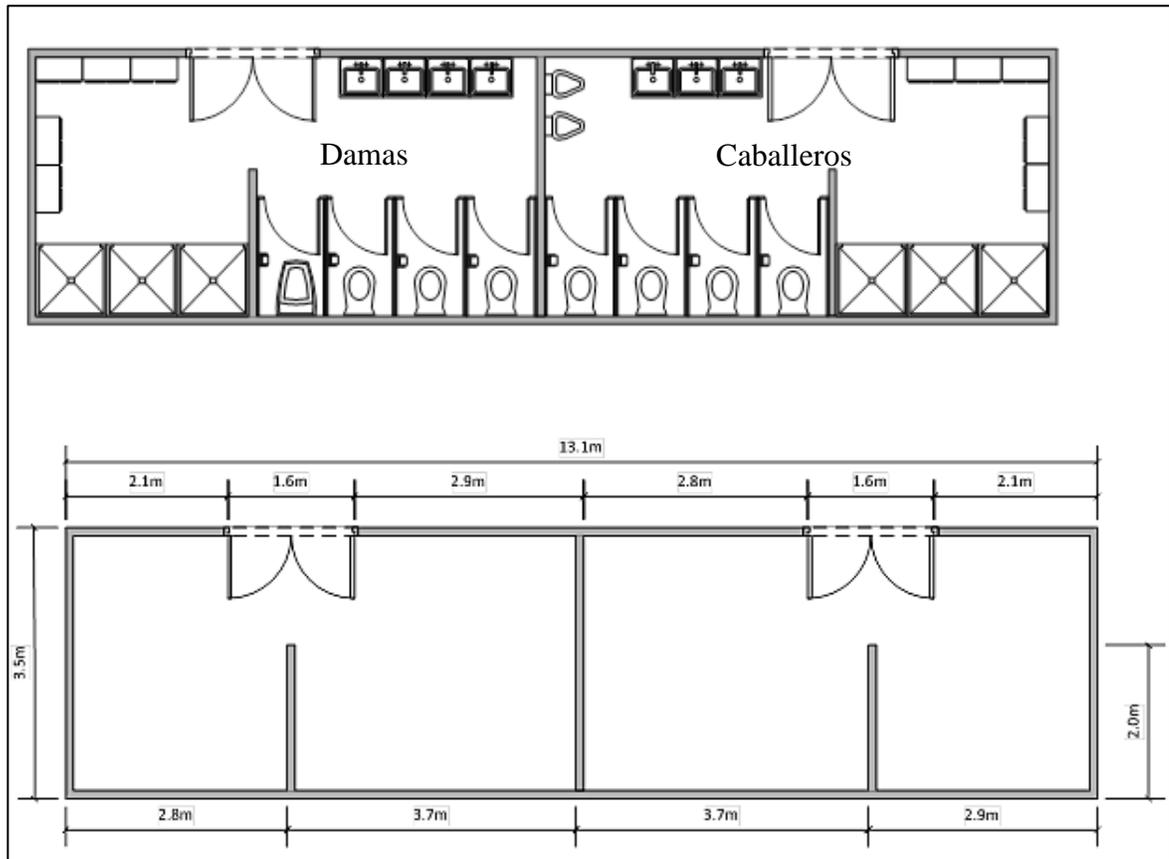
Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Visio.

- Baños y Vestidores

Estas áreas de servicio, para los trabajadores de la planta de tratamiento, estarán ubicadas uno a un costado del relleno sanitario y el otro cerca del área de elaboración del compost.

Contará con servicios separados para damas y caballeros. (Ver figura 21).

Figura 21. Planos de vestidores y baños para damas y caballeros

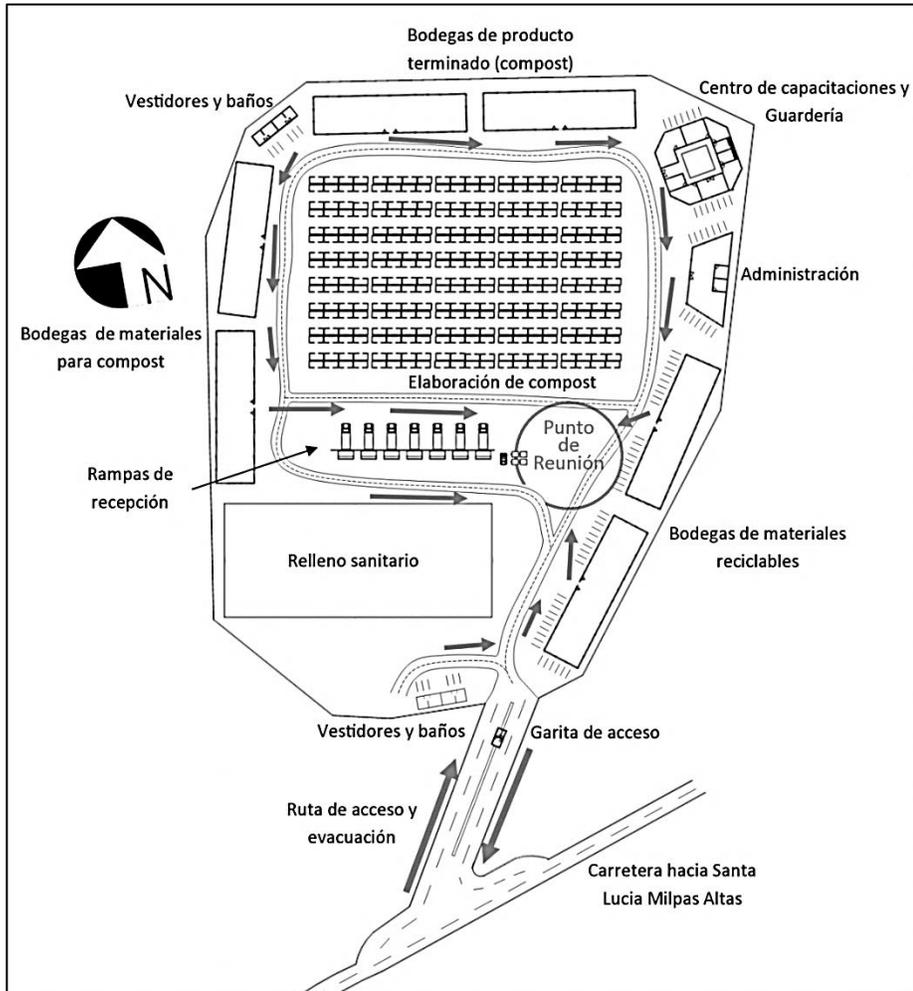


Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Visio.

#### 2.2.1.4. Rutas de acceso y evacuación

Las rutas de evacuación dentro de la planta, están dirigidas desde cada área de trabajo hacia el punto de concentración que está localizado en un área libre de árboles. (Ver figura 22). Las rutas de acceso y evacuación al exterior, es la entrada hacia la planta, compuesta por 2 carriles de ingreso y 2 de egreso.

Figura 22. **Rutas de acceso y evacuación**



Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Visio.

### 2.2.1.5. **Maquinaria necesaria**

Una de las máquinas más importantes es la retroexcavadora, que se utilizarán en toda la operación del relleno sanitario. Se necesita también un montacargas para el traslado de los materiales y una trituradora de desechos para hacer más pequeños los residuos.

Además se lista a continuación el equipo de seguridad industrial necesario para evitar accidentes dentro de la planta.

- Montacargas

La planta de tratamiento necesitará un montacargas (ver figura 23 y tabla VI), para llevar los vagones en donde se depositarán los desechos para trasladarlos de las rampas hacia las bodegas respectivas.

Figura 23. **Montacargas**



Fuente: [www.solutionlift.net/montacargas3\\_12.html](http://www.solutionlift.net/montacargas3_12.html). Consulta: febrero del 2011.

Tabla VI. **Especificaciones del montacargas**

Fabricante	Nissan
Marca	Goodsense
Modelo	FY20B-R1
Motor	1982 cc
Combustible	Gas LPG
Capacidad de carga	2,000 kg
Velocidad	20 km/h

Fuente: [www.solutionlift.net/montacargas3\\_12.html](http://www.solutionlift.net/montacargas3_12.html). Consulta: febrero del 2011.

- **Retroexcavadora**

Se utilizará para trabajar en el relleno sanitario, removiendo tierra y dispersando los desechos. (Ver figuras 24, 25 y tablas VII, VIII, IX)

Figura 24. **Retroexcavadora**



Fuente: [www.viarural.com.es](http://www.viarural.com.es). Consulta: febrero del 2011.

Tabla VII. **Especificaciones de retroexcavadora**

<b>Fabricante</b>	<b>Caterpillar</b>
<b>Modelo</b>	420 D
<b>Motor</b>	4 400 cc
<b>Combustible</b>	Diesel
<b>Capacidad de carga</b>	2 000 kg
<b>Avance</b>	32,8 km/h
<b>Retroceso</b>	32,8 km/h
<b>Velocidades</b>	4

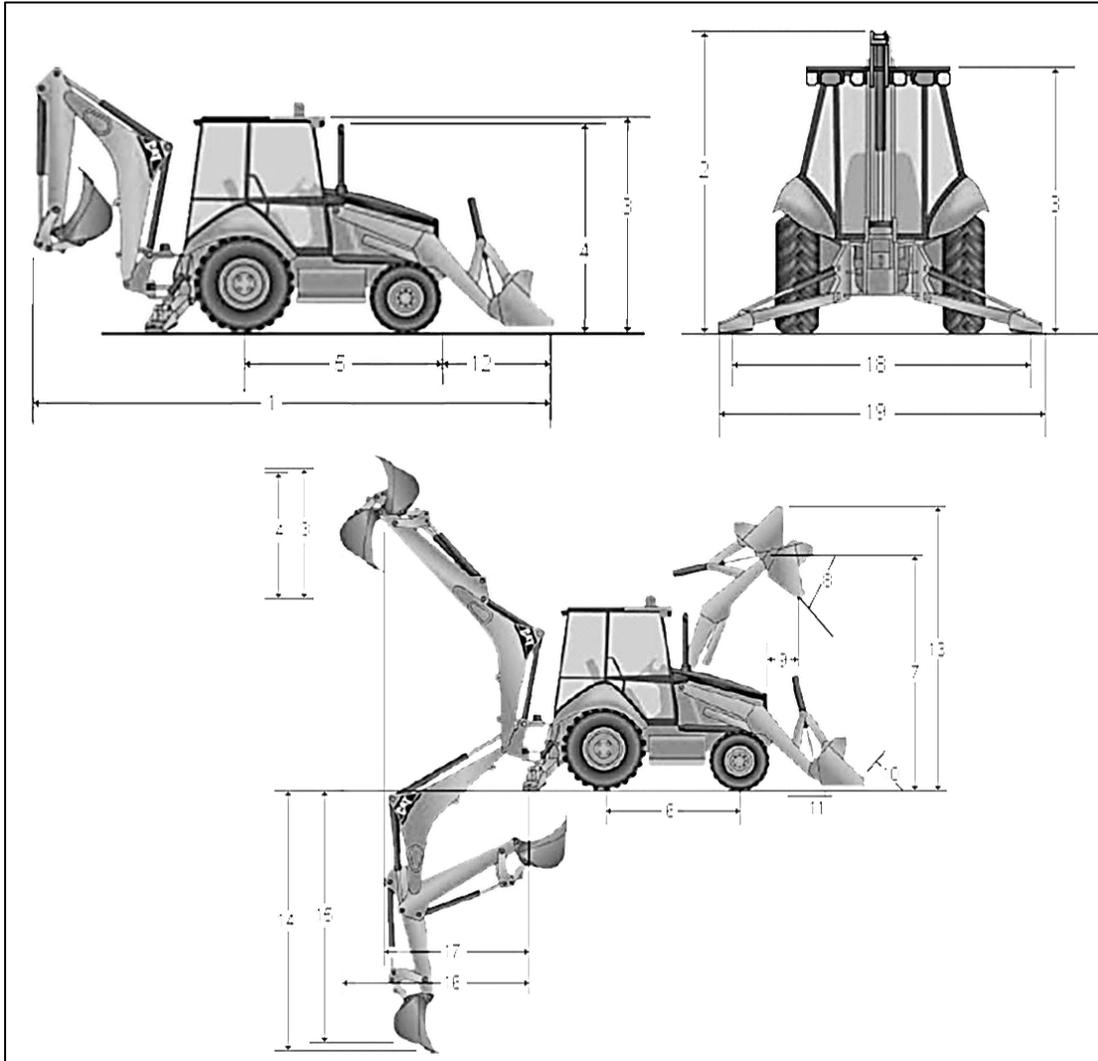
Fuente: [www.viarural.com.es](http://www.viarural.com.es). Consulta: febrero del 2011.

Tabla VIII. **Capacidad de carga**

<b>Eje delantero estático con tracción en dos ruedas</b>	13 765 kg
<b>Eje delantero dinámico con tracción en dos ruedas</b>	3 170 kg
<b>Eje delantero estático con tracción en cuatro ruedas</b>	12 271 kg
<b>Eje delantero dinámico con tracción en cuatro ruedas</b>	3 170 kg
<b>Eje trasero estático</b>	27 800 kg
<b>Eje trasero dinámico</b>	9 270 kg

Fuente: [www.viarural.com.es](http://www.viarural.com.es). Consulta: febrero del 2011.

Figura 25. Dimensiones de retroexcavadora



Fuente: [www.viarural.com.es](http://www.viarural.com.es). Consulta: febrero del 2011.

Tabla IX. **Dimensiones de la retroexcavadora**

<b>1</b>	6,949 mm	<b>11</b>	135 mm
<b>2</b>	3,585 mm	<b>12</b>	1,474 mm
<b>3</b>	2,770 mm	<b>13</b>	3,996 mm
<b>4</b>	2,670 mm	<b>14</b>	4,390 mm
<b>5</b>	2,660 mm	<b>15</b>	4,362 mm
<b>6</b>	2,100 mm	<b>16</b>	5,650 mm
<b>7</b>	3,266 mm	<b>17</b>	1,732 mm
<b>8</b>	43°	<b>18</b>	3,219 mm
<b>9</b>	753 mm	<b>19</b>	3,689 mm
<b>10</b>	40°	-	-

Fuente: [www.viarural.com.es](http://www.viarural.com.es). Consulta: febrero del 2011.

- Trituradora de residuos

La trituradora de residuos transforma desperdicios orgánicos en una pequeña partícula para ser usada en el proceso de elaboración del compost. (Ver figura 26).

Modelo: MPO-1500L

Capacidad: 1 500 kg/hora

Dimensión: 1 700 x 1 000 x 1 500 milímetros

Lámina: de acero templado, lámina 36

Motor: HP de Yanmar 16 (JAPÓN)

Figura 26. Trituradora de residuos orgánicos



Fuente: [www.rodagigi.com](http://www.rodagigi.com). Consulta: febrero del 2011.

#### 2.2.1.6. Equipo de seguridad

En conjunto con el Ingeniero Vitelio Contreras y el personal del relleno sanitario, se llegó a conformar el siguiente listado de equipo de seguridad necesario para el personal de la planta de tratamiento. (Ver tabla X).

Tabla X. **Características del equipo de seguridad propuesto**

EQUIPO	ESPECIFICACIONES	RIESGO A CUBRIR	ÁREA DE UTILIZACIÓN Y FORMA DE USO
	<p>Guante impregnado de látex. Manejo de vidrio, antiderrapante, barrera térmica, Fuente: <a href="http://www.dipsa.com">www.dipsa.com</a></p>	<p>Cortes con objetos punzocortantes y evitar que se suelten los objetos resbalosos</p>	<p>Rampas, relleno sanitario y bodegas.</p>
	<p>Lentes de policarbonato, resistente a impactos, filtran rayos UV. Fuente: <a href="http://www.elvex.com">www.elvex.com</a></p>	<p>Objetos que penetren en los ojos y salpicaduras de líquidos peligrosos</p>	<p>Utiliza área de recepción en todo momento.</p>
	<p>Casco de polietileno, para absorber la energía cinética de un golpe Fuente: <a href="http://www.duerto.com">www.duerto.com</a></p>	<p>Golpes mecánicos en la cabeza</p>	<p>Se implementará un código de colores para diferenciar áreas.</p>
	<p>Bota de hule, suela antiderrapante y antiperforación, punta de acero. Fuente: <a href="http://www.directindustry.es">www.directindustry.es</a></p>	<p>Evitar humedad en los pies, cortes y aplastamiento de dedos.</p>	<p>Todo el personal operativo de la planta. Uso en todo momento dentro de la planta.</p>
	<p>Traje impermeable, transpirabilidad, acolchado contra golpes, brazos no cubiertos. Fuente: <a href="http://www.novadry.com">www.novadry.com</a></p>	<p>Contacto con sustancias o materiales tóxicos.</p>	<p>Todas las áreas operativas.</p>

Fuente: elaboración propia. Consulta: febrero del 2011.

## **2.2.2. Tratamiento interno y externo para los desechos**

Los desechos sólidos tendrán un tratamiento interno por parte del personal de la planta de tratamiento El Choconal y externo, a cargo de proveedores encargados de transformarlos o reciclarlos.

### **2.2.2.1. Desechos orgánicos**

- Elaboración de compost

Se utilizará para tratar los desechos orgánicos. El compost es obtenido de manera natural por descomposición aeróbica (con oxígeno) de residuos orgánicos como restos vegetales y excrementos de ganado, por medio de la reproducción masiva de bacterias aerobias termófilas que están presentes de forma natural en cualquier lugar.

Materias primas: restos de frutas y verduras, recortes de grama, malas hierbas, ramas de poda de los árboles, restos urbanos como los procedentes de las cocinas como pueden ser restos de fruta y hortalizas (ver figura 27), restos de animales de mataderos, entre otros. Estiércol animal como el de vaca, caballo y oveja.

Es necesario triturar los restos antes de su incorporación al compost, ya que con trozos grandes, el tiempo de descomposición se prolonga.

Figura 27. **Restos de cocina para compost**



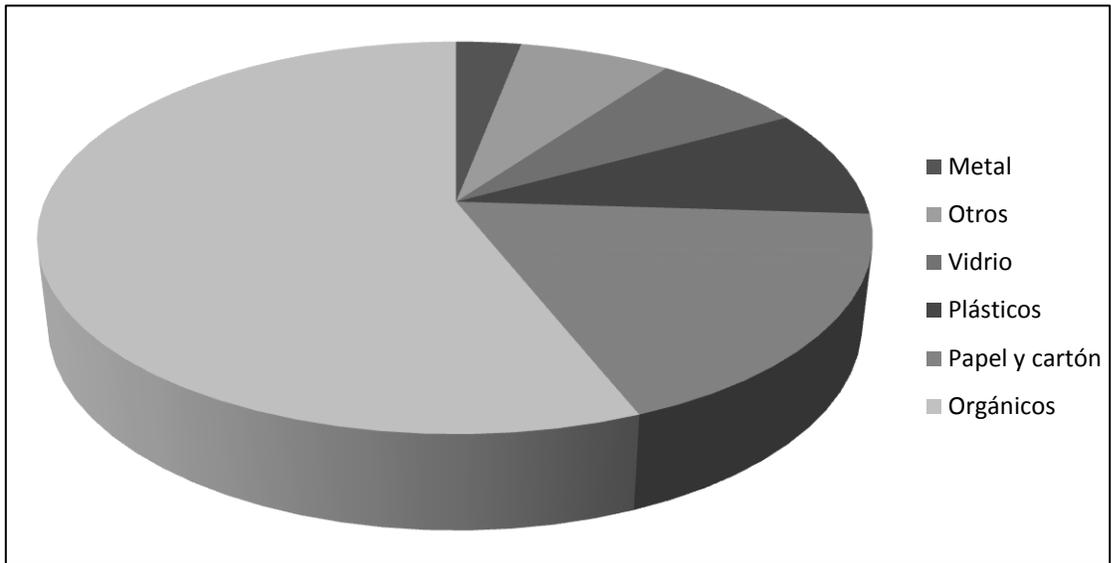
Fuente: elaboración de compost en el relleno sanitario El Choconal.

Materias primas que no se pueden utilizar: ningún desperdicio de animal, pescado, carne y huesos, por los olores que pueda producir y además atraería a roedores. Plantas o frutos enfermos y/o grandes cantidades de vegetales podridos. Estiércol de animales domésticos y desechos humanos ya que contienen patógenos; cenizas o aserrín de maderas tratadas o aglomerados. Malezas y plantas que tienen raíces persistentes, y que tengan semillas.

#### **2.2.2.2. Desechos inorgánicos**

Tomando en cuenta los datos obtenidos al analizar diferentes bolsas de desechos de diferentes casas, se sabe que los desechos inorgánicos son aproximadamente un 44 por ciento del total de desechos producidos (ver figura 28). Estos tendrán distintos tratamientos dependiendo del tipo de material.

Figura 28. **Porcentaje de residuos sólidos recolectados en Antigua Guatemala**



Fuente: elaboración propia.

Algunos de los desechos inorgánicos que llegan al relleno sanitario son vidrio, envases PET, productos de plástico, baterías de vehículos, metales, chatarra, aluminio, desechos hospitalarios y peligrosos, aparatos electrónicos, entre otros. Estos desechos se enviarán a las empresas encargadas de transformarlos en materias primas de nuevo.

### **2.2.2.3. Tratamiento realizado por personal de la planta**

El personal de la planta trabajará con los desechos orgánicos provenientes del mercado municipal, casas, barrido de calles y jardinería en parques y elaborarán abono orgánico por medio del compost.

Los residuos hospitalarios serán depositados en el relleno sanitario y neutralizados, que es la combinación de un ácido o una base con un efluente de carácter tóxico o peligroso para ajustar el pH o acidez a niveles aceptables. Las bases comúnmente utilizadas para la neutralización son la cal viva, hidróxido de calcio, soda caustica e hidróxido de amonio mientras que los ácidos más frecuentes son el ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y ácido nítrico.

#### **2.2.2.4. Tratamiento en empresas privadas**

Los materiales reciclables serán recolectados en las rampas y almacenados para posteriormente trasladarlos hacia las empresas recicladoras. El almacenaje durará el tiempo en que se tarde en tener volúmenes convenientes para minimizar los costos por traslado hacia las empresas recicladoras.

#### **2.2.2.5. Reducción de impactos al medio ambiente**

Uno de los objetivos estratégicos de la planta de tratamiento El Choconal, es reducir los impactos sobre el medio ambiente. Los impactos a reducir son: olores, visual y ambiental.

##### **2.2.2.5.1. Impacto de olores**

En una planta de tratamiento de desechos sólidos, se pueden generar malos olores provenientes de la descomposición de los materiales. Las medidas a tomar en cuenta en el diseño, para la reducción de olores son:

- Construcción de bodegas de almacenaje con 1 metro de pared de block y el resto con malla metálica, para la buena circulación de aire.

- En el relleno sanitario, durante el proceso y al finalizar el día, los desechos se cubrirán con una capa de tierra.

La molestia que estaría relacionada al aire, sería el polvo generado en el relleno sanitario durante los trabajos con la retroexcavadora al ubicar los desechos y la tierra dentro del mismo. Primordialmente sería una molestia y un irritante ocular; sin embargo, puede también llevar micro organismos patógenos que podrían ser inhalados.

#### **2.2.2.5.2. Impacto visual**

Todo el concepto de la planta de tratamiento, es amigable al medio ambiente, por lo que se considera que no existirá impacto visual negativo.

Además se diseñaron oasis, jardineras y árboles de sombra, distribuidos por todas las instalaciones para que la construcción este de la mano con la naturaleza.

También existirá un cerco vivo alrededor de la planta de tratamiento con árboles de izote, bambú e ilamo.

#### **2.2.2.5.3. Impacto ambiental**

El impacto negativo al ambiente es mínimo, ya que el diseño de la planta se trata de acoplarse a la topografía del terreno.

Las jardineras y vegetación distribuida en la planta, tiene el objetivo de ayudar a contrarrestar la huella de carbono producida por los vehículos que ingresen a la planta.

#### **2.2.2.5.4. Suelos**

Los suelos estarán protegidos, ya que se tiene contemplado recubrirlos con revestimiento de PEAD (polietileno de alta densidad) para evitar filtraciones.

Parte de la producción de abono orgánico se utilizaría para resanar el suelo alrededor de la planta de tratamiento.

#### **2.2.2.5.5. Agua**

Los líquidos lixiviados que provengan de la operación del relleno sanitario serán canalizados en la parte inferior, almacenados en un tanque y bombeados a la superficie para ser tratados. Esto evitará que contaminen los mantos freáticos.

### **2.2.3. Operación de la planta de tratamiento de desechos sólidos**

El primer paso para el diseño de la operación de la planta de tratamiento, es establecer el diseño organizacional, siguiendo con la elaboración de los formatos de control, finalizando con los manuales de operación de la planta.

### **2.2.3.1. Diseño organizacional**

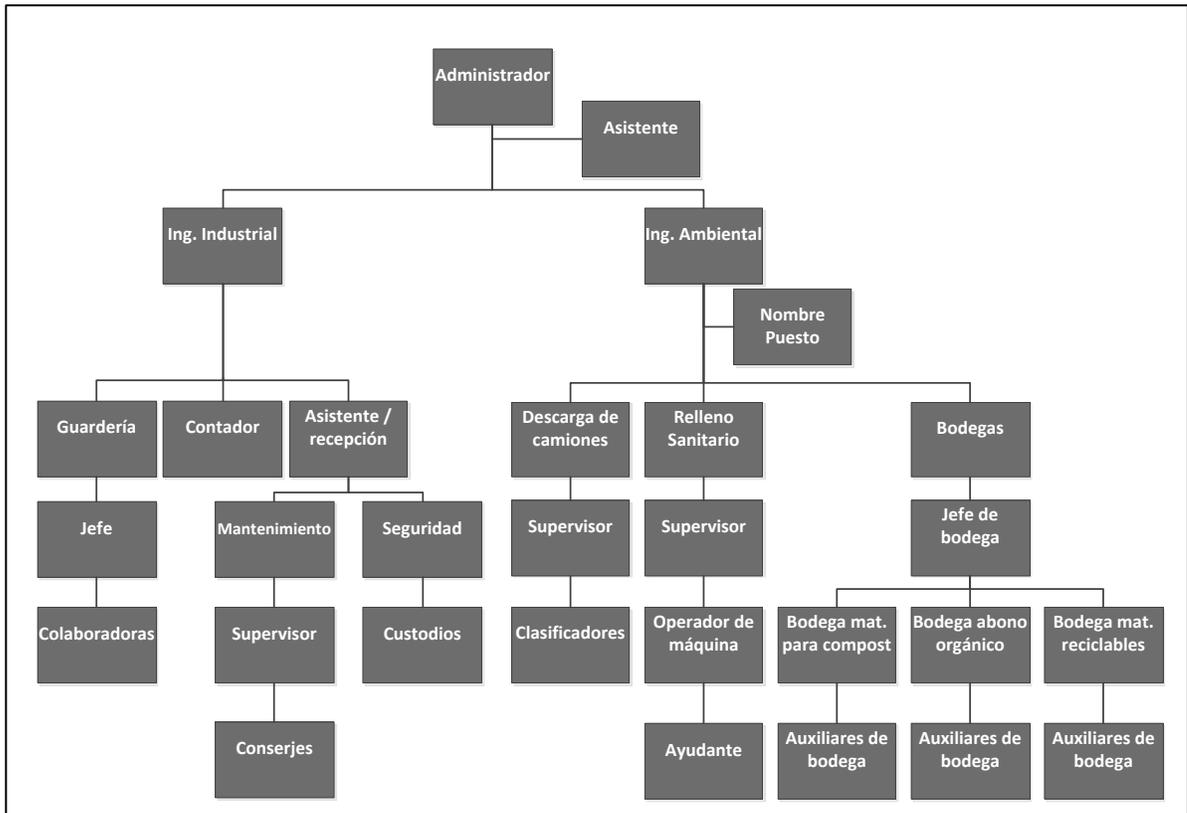
Para garantizar que la planta de tratamiento se construya y opere de conformidad con las especificaciones y recomendaciones dadas, y para tener la certeza de que se cumplan los objetivos propuestos, es necesario que se estructure la administración por lo cual se diseñó un organigrama.

#### **2.2.3.1.1. Estructura organizacional**

La administración de la planta de tratamiento tendrá una estructura organizacional tipo funcional, ya que es simple y tiene pocos servicios con tareas rutinarias, agrupando a personas con la misma posición en departamentos como el área de compost, bodegas, administración, etc.

El relleno sanitario funcionará por medio de un organigrama tipo vertical (ver figura 29), los cuales presentan las unidades ramificadas de arriba abajo a partir del titular, en la parte superior, y los diferentes niveles jerárquicos en forma escalonada.

Figura 29. **Organigrama propuesto para la planta de tratamiento El Choconal**



Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Visio.

### 2.2.3.1.2. **Elaboración de puestos de trabajo**

La calidad del servicio, depende del grado de control que se pueda ejercer sobre los distintos procesos que se desarrollan en el manejo de los desechos sólidos de la planta el Choconal. Por esta razón la propuesta principal consiste en implementar puestos de trabajo idóneos para el control integral de los procesos.

Tabla XI. **Puestos de trabajo por departamento**

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>PUESTO DE TRABAJO</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>Administración</b>	Administrador/Logística	1
	Ingeniero Ambiental	1
	Asistente	2
	Recepcionista	1
	Ingeniero Industrial	1
	Contador	1
<b>Seguridad</b>	Guardias de Seguridad	6
<b>Relleno Sanitario</b>	Supervisor de relleno sanitario	1
	Operador de máquina	1
	Ayudante	1
<b>Descarga de camiones</b>	Supervisor de descarga	1
<b>Bodegas</b>	Clasificadores	14
	Jefe de bodega	3
	Operarios Bodega Materiales p/ compost	2
	Operarios Bodega Materiales Abono Orgánico	2
	Operarios Bodega Materiales Reciclables	2
<b>Guardería</b>	Jefe de guardería	1
	Colaboradoras	5
<b>Mantenimiento</b>	Supervisor de mantenimiento	1
	Operarios	3

Fuente: elaboración propia.

El total de los puestos de trabajo queda de la siguiente forma:

Administrativos	14
Operativos	30
Seguridad	<u>6</u>
TOTAL	50 personas

#### **2.2.3.1.3. Perfil de puestos y funciones**

Con base a la lista de puestos de trabajo descrita anteriormente, se elaboraron los perfiles de puestos, los cuales son documentos que recogen la información obtenida por medio del análisis, quedando reflejados de este modo, los requerimientos, aspectos organizativos, formación y experiencia para el puesto. (Ver anexo D).

#### **2.2.3.1.4. Horarios de trabajo**

El personal administrativo y operativo tendrá un horario diurno normal de 45 horas semanales, según el artículo 116, Capítulo Tercero del Código de Trabajo. (Ver tabla XII).

Tabla XII. **Horarios de trabajo**

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>DÍAS</b>	<b>HORARIO</b>	<b>HORAS /SEMANA</b>
Administración y Guardería	Lunes a viernes Sábado	7:00 a 16:00 7:00 a 12:00	45 horas
Bodegas	Lunes a viernes Sábado	7:00 a 16:00 7:00 a 12:00	45 horas
Relleno sanitario y Área de descarga	Lunes a viernes Sábado	7:00 a 16:00 7:00 a 12:00	45 horas
Seguridad	Lunes a domingo	6:00 a 6:00	24 horas trabajo y 24 horas descanso
Mantenimiento	Lunes a viernes Sábado	7:00 a 16:00 7:00 a 12:00	45 horas

\*Todos los departamentos tienen almuerzo de 1 hora

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.3.2. Registros para el control de todas las actividades**

Es necesario registrar todas las actividades para generar estadísticas, controles, proponer mejoras, etc. Para este fin, se definen los formatos de inspección de áreas, control de horarios, sistemas de control de la metodología y revisiones constantes para su correcto funcionamiento.

### 2.2.3.2.1. Horarios de recepción de desechos

Como primer paso, se delimitan los horarios de recepción para desarrollar a partir de esto, las necesidades y horarios de todos los departamentos. (Ver tabla XIII).

Tabla XIII. Horarios de recepción de materiales

<b>DIA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>HORARIO</b>
<b>Lunes</b>	Orgánico	8:00 a 12:00
<b>Martes</b>	Reciclable y peligroso	8:00 a 12:00
<b>Miércoles</b>	Reciclable y peligroso	8:00 a 12:00
<b>Jueves</b>	Orgánico	8:00 a 12:00
<b>Viernes</b>	Reciclable y peligroso	8:00 a 12:00
<b>Sábado</b>	Orgánico	8:00 a 12:00

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.3.2.2. Recepción diaria, semanal y mensual

Con este tipo de control, se conocerán los volúmenes de desechos que ingresan y egresan por día, para así poder hacer reportes semanales, mensuales, semestrales y anuales; además del lugar de procedencia. (Ver figura 30). Este formato lo debe llenar el supervisor de la descarga de camiones y trasladar resultados mensuales a el ingeniero ambiental.

Figura 30. **Formato para control de ingreso de camiones**

Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos EL choconal, La Antigua Guatemala Control de Ingresos/Egresos								No. 000001		
CONTROL DE RECEPCIÓN										
Fecha	Inf. De transporte			Descripción	Origen	Hora	Hora	Recibió	Firma	Puesto
	Placa	Piloto	Tonelaje camión			Entrada	Salida			

Fuente: elaboración propia, en el programa Microsoft Excel.

### 2.2.3.2.3. Salida de material reciclable

Cuando se tengan grandes volúmenes de materiales reciclables, las empresas los recogerán o se trasladará con personal de la planta de tratamiento, debiendo llenar en los dos casos un formato para el control de los egresos. (Ver figura 31).

Figura 31. **Formato para control de salida de camiones**

Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos EL choconal, La Antigua Guatemala Control de Ingresos/Egresos								No. 000001		
SALIDA DE MATERIAL PARA RECICLAJE										
Fecha	Empresa Recicladora			Descripción	Cantidad	Hora	Hora	Entregó	Firma	Puesto
	Placa	Piloto	Tonelaje Camión		en libras	Entrada	Salida			

Fuente: elaboración propia, en el programa Microsoft Excel.

### 2.2.3.2.4. Control de material reciclado en la planta

La elaboración de compost debe llevar un estricto control para documentar la fecha de ingreso, los procesos intermedios y la fecha en que está listo para empacar. (Ver figura 32).

Figura 32. Formato para control de producción de compost

Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos											No. 000001			
EL choconal, La Antigua Guatemala														
Control de Procesos														
Módulo:	<input type="text"/>	CONTROL DE PRODUCCIÓN DE COMPOST												
Celda		Proceso de volteos										Fecha final	Bodega	Responsable
		1er.	2do.	3er.	4to.	5to.	6to.	7mo.	8vo.					
	Fecha temp.													
	Humedad													
	pH													
	Fecha temp.													
	Humedad													
	pH													

Fuente: elaboración propia, en el programa Microsoft Excel.

### 2.2.3.3. Manual para separación y aprovechamiento de desechos

Con base a la información sobre el aprovechamiento de los desechos sólidos, se elaboraron los manuales para los desechos orgánicos e inorgánicos.

#### 2.2.3.3.1. Desechos orgánicos

Los desechos orgánicos están compuestos por materias provenientes de restos de cosechas, de vegetales de cocina, de poda de arbustos y grama.

Paso 1: ingreso de camiones. Los camiones recolectores tendrán destinados los días lunes, jueves y sábado para trasladar los materiales orgánicos hacia la planta de tratamiento. (Llenar formato de ingreso de camiones figura 32).

Paso 2: descarga de camiones en las rampas. Aquí el personal de rampas separará los desechos orgánicos y los inorgánicos que vengan mezclados y los depositan en vagones.

Paso 3: traslado de materiales orgánicos hacia la bodega correspondiente. El montacargas trasladará el vagón.

Paso 4: personal del área de compost, utiliza los desechos orgánicos para elaboración de compost

- Procedimiento para elaboración de compost

Paso 1: clavar cuatro palos de 2 metros de largo en distintos lugares dentro de la celda, esto para que sirva de respiradero a la pila de abono al retirarlos.

Paso 2: triturar los residuos para que el tiempo de descomposición sea corto.

Paso 3: debido a la experiencia en descomposición de materiales en el compost, se colocan los materiales en capas en relación de 4 a 1, o sea 20 centímetros de materiales orgánicos como grama, residuos de cocina, restos de cáscaras de huevos, hojas de árbol caídas, pieles, restos de frutas y verduras, bolsas de té, cenizas y papeles; por 5 centímetros de estiércol de animal, preferentemente

de vacas o caballos. En caso de no disponer de estiércol, se puede sustituir por tierra, preferentemente suelta, negra y con lombrices, ya que de esta manera se incorpora muchos microorganismos que comenzarán el proceso de descomposición de los materiales orgánicos. (ver figura 33).

Paso 4: continuar agregando estas capas alternadamente hasta alcanzar aproximadamente 1,5 metros de altura.

Paso 5: luego de alcanzada la altura necesaria, apisonar levemente la pila y retirar los palos para permitir que penetre el aire.

Paso 6: regar semanalmente la pila y realizar un primer volteo aproximadamente un mes después de haberla construido (puede transcurrir más tiempo en invierno y menos en verano).

Paso 7: realizar un segundo volteo entre uno y dos meses después del primero. El compost se puede utilizar aproximadamente un mes después del segundo volteo, cuando tenga olor a tierra fresca.

Paso 8: cuando el compost esté maduro se traslada a la bodega de compost para su posterior utilización o venta.

Figura 33. **Primer nivel en el compost**



Fuente: elaboración de compost en el relleno sanitario El Choconal.

#### Importante

- Si aparecen hormigas en el compost, quiere decir que está muy seco. Hay que agregarle agua.
- Para evitar moscas, mosquitos y gusanos, enterrar bien los restos de comida frescos.
- Tipos de compost producido

Según la época en la que se aporta a la tierra y el cultivo, pueden encontrarse dos tipos de compost:

Compost maduro: es estable, es decir, que en él, el proceso de fermentación está esencialmente finalizado. El olor que despide es a tierra fresca y la apariencia es de tierra.

Compost joven o fresco: hay que tener en cuenta que no siempre es necesario esperar a tener compost maduro para poder hacer uso de él. El compost fresco tiene características diferentes, a pesar de haberse descompuesto, permite reconocer las estructuras del material original y no es tan ligero ni esponjoso.

#### **2.2.3.3.2. Desechos inorgánicos**

Los desechos inorgánicos están compuestos por los materiales metálicos, plásticos, papel, vidrio y componentes electrónicos, los cuales se pueden reciclar o reutilizar.

- Materiales reciclables

Paso 1: ingreso de camiones los días martes, miércoles y viernes.

Paso 2: descarga de camiones en las rampas. Aquí el personal de rampas separará los desechos inorgánicos reciclables en vagones.

Paso 3: traslado de desechos reciclables a la bodega correspondiente. El montacargas trasladará el vagón.

Paso 4: los desechos inorgánicos reciclables se almacenarán hasta tener volúmenes ideales para su transporte.

Se realizó un ensayo de entrega de material reciclable en la empresa Recicladora Antigua, ubicada en la 1ra. calle 2-42 zona 4, Ciudad Vieja, Sacatepéquez (ver figura 34), que es una empresa que se dedica a la compra y venta de metales y materiales para reciclaje. Los precios de los materiales que compran se describen en la tabla XIV.

Tabla XIV. Precios para materiales reciclados

<b>MATERIAL</b>	<b>Precio/libra</b>
<b>Cobre brillante</b>	Q15,50
<b>Cobre</b>	Q14,50
<b>Aluminio mixto</b>	Q3,70
<b>Lata quemada</b>	Q3,10
<b>Bronce</b>	Q9,00
<b>Acero</b>	Q3,00
<b>Lata</b>	Q4,00
<b>Latón de radiador</b>	Q8,00
<b>Cobre y aluminio de radiador</b>	Q6,50
<b>Batería con agua</b>	Q1,00
<b>Batería sin agua</b>	Q1,10
<b>Tarjetas electrónicas</b>	Q2,00
<b>Vidrio</b>	Q0,12
<b>Aluminio</b>	Q2,50
<b>Tapón de octavo</b>	Q1,00
<b>Papel</b>	Q0,45
<b>Prensa</b>	Q0,30
<b>Revista</b>	Q0,15
<b>Envases PET</b>	Q0,70

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Entrega de desechos en la empresa Recicladora Antigua**



Fuente: Recicladora Antigua, Ciudad Vieja, Sacatepéquez.

- **Materiales no reciclables**

Paso 1: ingreso de camiones.

Paso 2: descarga de camiones en las rampas. Aquí el personal de rampas separará los desechos inorgánicos no reciclables en vagones.

Paso 3: traslado de desechos reciclables hacia el relleno sanitario. El montacargas trasladará el vagón.

Paso 4: los desechos se colocan en el lugar del destino final y se cubren con tierra.

### **2.2.3.3.3. Regla de las 3 erres; reducir, reciclar y reutilizar**

La regla de las tres erres, también conocida como las tres erres de la ecología o simplemente 3R, es una propuesta sobre hábitos de consumo, popularizada por la organización ecologista Greenpeace, que pretende desarrollar hábitos generales responsables como el consumo responsable. Este concepto hace referencia a estrategias para el manejo de residuos que buscan ser más sustentables con el medio ambiente y específicamente dar prioridad a la reducción en el volumen de residuos generados.

- Reducir

Se reduce el problema, se disminuye el impacto en el medio. Los problemas de concientización se empiezan solucionando ésta erre. La reducción puede realizarse en 2 niveles: reducción del consumo de bienes o de energía.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con esta erre son:

- Reducir o eliminar la cantidad de materiales destinados a un uso único (por ejemplo, los empaques plásticos).
- Adaptar los aparatos en función de sus necesidades (por ejemplo poner lavadoras y lavavajillas llenos y no a media carga).
- Reducir pérdidas energéticas o de recursos: de agua, desconexión de aparatos eléctricos, entre otros.

Actualmente menos del 1 por ciento de las bolsas producidas en el mundo se reciclan debido al alto costo. En La Antigua Guatemala, se está promoviendo el uso de bolsas de tela en lugar de las plásticas, las cuales contaminan los ríos, lagos, mares y la tierra.

- Reutilizar

Ésta se basa en reutilizar un objeto para darle una segunda vida útil. Todos los materiales o bienes pueden tener más de una vida útil, bien sea reparándolos para un mismo uso o con imaginación para un uso diferente.

Ejemplos de reutilización, son utilizar la otra cara de las hojas impresas, rellenar botellas para construcción, utilizar llantas usadas para hacer muro de contención (ver figura 35), entre otros.

En el relleno sanitario, se tiene disponibilidad de llantas usadas, las cuales se usarán en la construcción de muros para la protección del talud.

Figura 35. **Reutilización de llantas como muro de contención**



Fuente: [http://www.eird.org/esp/revista/no\\_17\\_2010/art19.html](http://www.eird.org/esp/revista/no_17_2010/art19.html). Consulta: Noviembre del 2011.

- Reciclar

Es el proceso donde materiales de desperdicio son recolectados y transformados en nuevos materiales que pueden ser utilizados o vendidos como nuevos productos o materias primas.

El primer paso del reciclaje, es separar los desechos en la fuente. De acuerdo a la recomendación de la Federación Centroamericana del Plástico, (FICAPLAST), los colores de los contenedores pueden ser negro para desechos orgánicos, amarillo para plásticos y latas, azul para papel y cartón, verde para vidrio. (Ver figura 36).

Figura 36. **Colores para contenedores de materiales reciclables**



Fuente: <http://revistaindustria.com/?p=4190>. Consulta noviembre del 2011.

Estos contenedores estarán ubicados en lugares estratégicos de la planta de tratamiento del Choconal.

#### 2.2.3.3.4. Aprovechamiento del gas metano

##### Control y captación de gases

Uno de los principales elementos de control y como medida de la mitigación ambiental que se instalará en el relleno sanitario, son las chimeneas para la evacuación de los gases que se producirán por efecto de la biodegradación de la materia orgánica, que contienen los desechos.

Algunos de los gases que se producen en un relleno sanitario, son el metano y el bióxido de carbono, los cuales forman el biogás (ver tabla XV), cuyas propiedades son retener el calor generado por la radiación solar y elevar la temperatura de la atmósfera, por lo que son gases que contribuyen al efecto invernadero.

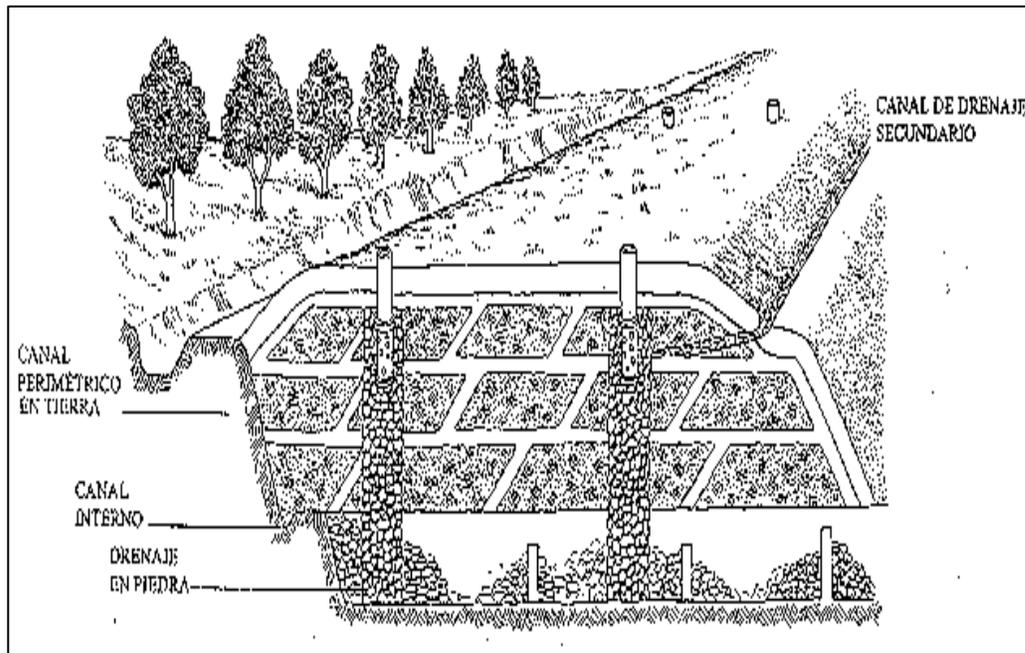
Tabla XV. Composición del biogás en el relleno sanitario

Gas	Porcentaje
metano (CH <sub>4</sub> )	55 a 70 %
dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	30 a 40 %
Hidrógeno (H)	1 a 3 %
gases diversos	1 a 5 %

Fuente: elaboración propia.

A fin de evacuar el gas, las chimeneas se colocarán una por cada celda de 5 metros de ancho, por 5 metros de largo (ver figura 37); estarán conectadas entre sí a media altura del relleno sanitario.

Figura 37. **Distribución de chimeneas en el relleno sanitario**



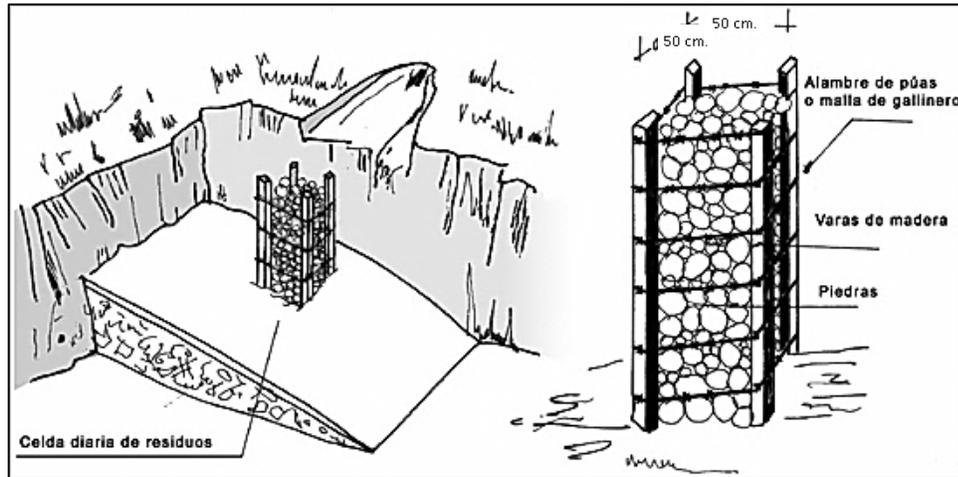
Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/curso/relleno/capitulo4.html>.

Consulta diciembre del 2011

### Construcción de chimenea

Las chimeneas consistirán en cuatro cañas o reglas de madera de 5 x 5 centímetros de grueso, envueltas en malla de gallinero, formando un cuadrado de 50 x 50 centímetros, colocándose en su interior piedra redondeada de tamaño uniforme y de diámetro comprendido entre 20 centímetros aproximadamente. (Ver figuras 38 y 39).

Figura 38. **Diseño de chimenea para evacuación de gases**



Fuente: [www.bvsde.paho.org](http://www.bvsde.paho.org). Consulta: diciembre del 2011.

Figura 39. **Chimeneas en proceso de construcción**



Fuente: [www.elmundo.com/portal//servicios/empresa/periodistas.php](http://www.elmundo.com/portal//servicios/empresa/periodistas.php).

Consulta: diciembre del 2011.

## Procedimiento para el tratamiento del biogás

Durante toda la operación del relleno, después del término de su vida útil, es indispensable mantener un monitoreo permanente de todas las dependencias internas y del perímetro externo, con el fin de detectar cualquier migración de biogás que pudiera producirse.

Paralelamente, en forma diaria se deben observar otros indicadores que pueden reflejar emanaciones no medibles, pero si observables, tales como marchitamiento de árboles y siembras, malos olores.

Para prevenir situaciones de riesgo asociados al manejo de biogás, se realizarán los siguientes pasos:

- Se programará mantenimiento permanente de las instalaciones y sistemas de captación de biogás.
- Supervisión del material de cobertura, para impedir la formación de mezclas aire metano, dentro de rangos potencialmente explosivos.
- Si en las tuberías ranuradas instaladas en forma externa al área se detectara metano en concentraciones que afectara la seguridad del relleno, se procederá a realizar el agotamiento puntual de dichos tubos mediante la conexión directa a un ventilador, que succione ininterrumpidamente dichas migraciones.
- Con el propósito de prever la ocurrencia de incendios y de evitar su propagación, se realizará un aseo constante de la chimenea, se desarmará periódicamente y se le dará mantenimiento a las instalaciones.

- En caso de incendio, se debe dar aviso inmediato al cuerpo de bomberos y se procederá a controlar el incendio con los recursos disponibles en el relleno sanitario, mientras arriban los bomberos.
- Cuando la acumulación sea la indicada, se deberá prender la chimenea para evacuar el gas.
- Si no hay suficiente metano para mantener la llama, la boca de la chimenea debe taparse con polietileno para evitar malos olores, hasta que la cantidad de metano sea la requerida para la combustión.

#### Lugar de monitoreo

El programa de monitoreo, contemplara la medición de biogás en todas las instalaciones existentes en el relleno sanitario, principalmente en las chimeneas. (Ver tabla XVI).

Durante toda la operación del relleno, después del término de su vida útil, es indispensable mantener un monitoreo permanente de todas las dependencias internas y del perímetro externo, con el fin de detectar cualquier migración de biogás que pudiera producirse. La finalidad de esta medida preventiva, es la detección anticipada de potenciales migraciones de gases combustibles al exterior del relleno sanitario que puedan ser peligrosas a las personas y al medio ambiente.

Tabla XVI. **Zonas y periodicidad de monitoreo de biogás**

<b>Zona</b>	<b>Periodicidad</b>
<b>Celda de relleno sanitario</b>	Diario
<b>Chimeneas de ventilación</b>	Diario
<b>Terreno natural adyacente</b>	Diario
<b>Instalaciones de trabajo</b>	Semanal

Fuente: elaboración propia.

La cantidad de metano producido en un vertedero debido a la fermentación anaerobia de las materias orgánicas depositadas, es función de los factores:

- Humedad
- Temperatura
- Cantidad de materia orgánica y
- Estado de compactación, puesto que es preciso una ausencia de oxígeno.

#### **2.2.3.3.5. Aprovechamiento del líquido lixiviado o percolado**

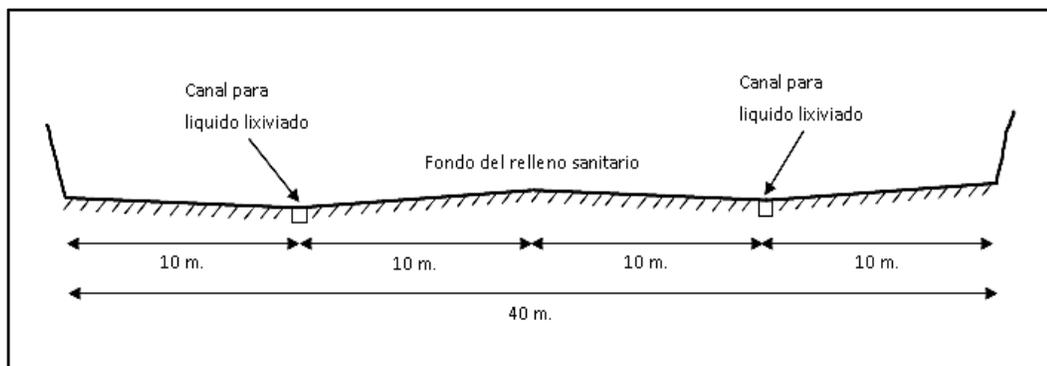
El control de los líquidos percolados, se realiza a través de los drenes inferiores en la base de las celdas, los cuales servirán para conducir estos líquidos.

Los drenajes para la conducción de las aguas de precipitación, son parte de las obras civiles a ser ejecutadas antes de iniciar la operación del relleno.

- Drenajes

Se construirán 2 canales principales, paralelos a lo largo del relleno sanitario y canales secundarios siguiendo el diseño de una espina de pescado. (Ver figuras 40 y 41).

Figura 40. **Sección del relleno sanitario con 2 canales principales**



Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Visio.

Los canales se diseñaron con medidas de 0,4 x 0,4 y se justifica por la viscosidad y adherencia del líquido y más aún por la inexistencia de datos precisos sobre la producción de lixiviado, que depende de factores climáticos, de la constitución y humedad de los residuos sólidos, del tipo de cobertura del relleno, de los métodos constructivos y tipo de suelo.

El canal estará relleno con piedra bola de 20 centímetros de diámetro y tapado con saquillos de yute o plástico.

Figura 41. **Construcción de chimeneas y drenajes de lixiviados**



Fuente: [www.bvsde.paho.org](http://www.bvsde.paho.org). Consulta: diciembre del 2011.

Los canales tendrán una pendiente de 1 por ciento para conducir los líquidos en dirección poniente, en donde estará ubicado un tanque para su almacenaje. (Ver figura 42).

Figura 42. **Tanque para almacenar líquido lixiviado**



Fuente: [www.rotoplast.com](http://www.rotoplast.com). Consulta: diciembre del 2012.

El tanque tiene una capacidad de 7 000 litros, un diámetro de 2,40 metros y una altura de 2,65 metros. Tomando en cuenta variables como la inexistencia de residuos orgánicos, que el relleno sanitario contará con techo improvisado para evitar la filtración pluvial, la producción de lixiviados sería de 2,5 litros por celda de 5 x 5 metros. Datos tomados en experiencias en otros vertederos.

#### **2.2.4. Investigación de costos**

Estos cálculos describen la inversión inicial necesaria por parte de la y municipalidad y organizaciones que estén dispuestas a apoyar. Además se demuestra la rentabilidad de la planta de tratamiento de desechos sólidos El Choconal.

##### **2.2.4.1. Inversión de infraestructura y maquinaria**

La infraestructura de la planta El Choconal tendrá un diseño colonial, siendo fiel al estilo antigüeño, con techos de duralita y tejas. Los caminos serán carrileras de concreto combinados con grama y jardineras en lugares estratégicos.

Tabla XVII. **Descripción de inversión inicial**

<b>CONCEPTO</b>	<b>INVERSIÓN INICIAL</b>
<b>Infraestructura</b>	Q2 899 843,00
<b>Maquinaria y equipo</b>	Q704 688,00
<b>Mobiliario y equipo</b>	Q45 725,00
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>Q3 650 256,00</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.4.2. Costos de operación

Son costos que se requieren para mantener y operar los activos fijos. Se analizaron 2 tipos de costos de operación, los costos fijos que incluye el pago de planillas y los costos variables en donde está incluido el pago del consumo de la energía eléctrica, agua potable, materiales necesarios para la producción, entre otros, que a pesar de que se incurre cada mes en dichos costos, algunas veces en monto defiere de mes a mes.

#### 2.2.4.2.1. Costos fijos

Para el buen funcionamiento administrativo y de producción, es necesario contar con los siguientes colaboradores:

Tabla XVIII. Costos de mano de obra anual

DEPARTAMENTO	PUESTO DE TRABAJO	CANTIDAD	SALARIO ANUAL
<b>Administración</b>	Administrador/Logística	1	Q210 000,00
	Ingeniero Ambiental	1	Q140 000,00
	Asistente	2	Q140 000,00
	Recepcionista	1	Q35 00,00
	Ingeniero/Industrial	1	Q140 000,00
	Contador	1	Q35 00,00
<b>Seguridad</b>	Guardias de seguridad	6	Q210 000,00
	Supervisor	1	Q42 000,00
<b>Relleno sanitario</b>	Operador de máquina	2	Q140 000,00
	Ayudante	1	Q32 536,00*
<b>Descarga</b>	Supervisor	1	Q42 000,00

Continuación de la tabla XVIII.

	Clasificadores	14	Q455 504,00*
	Jefe	1	Q70 000,00
Bodegas	Operarios para compost	2	Q65 072,00
	Operarios abono orgánico	2	Q65 072,00
	Operarios reciclables	2	Q65 072,00
Guardería	Jefe	1	Q42 000,00
	Colaboradoras	5	Q162 680,00*
Mantenimiento	Supervisor	1	Q70 000,00
	Operarios	3	Q97 608,00*
	<b>TOTAL</b>		<b>Q2 157 008,00</b>

Fuente: análisis de estudio de mercado laboral y Ministerio de trabajo.

\*Salario mínimo Q2 074,00, bonificación Q250,00, Total Q2 324,.00

A continuación se detalla la proyección de salarios anual para 5 períodos, tomando un incremento anual del 6 por ciento según datos de los últimos incrementos al salario mínimo.

Tabla XIX. **Proyección de salarios a 5 años, con incremento del 6% anual**

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>Salario año 1</b>	<b>Salario año 2</b>	<b>Salario año 3</b>
<b>Administración</b>	Q455 000,00	Q482 300,00	Q511 238,00
<b>Seguridad</b>	Q252 000,00	Q267 120,00	Q283 147,20
<b>Relleno sanitario</b>	Q172 536,00	Q182 888,16	Q193 861,45
<b>Descarga</b>	Q567 504,00	Q601 554,24	Q637 647,49

Continuación de la tabla XIX.

<b>Bodegas</b>	Q195 216,00	Q206 928,96	Q219 344,70
<b>Guardería</b>	Q204 680,00	Q216 960,80	Q229 978,45
<b>Mantenimiento</b>	Q167 608,00	Q177 664,48	Q188 324,35
<b>TOTALES</b>	<b>Q2 014 544,00</b>	<b>Q2 135 416,64</b>	<b>Q2 263 541,64</b>

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>Salario año 4</b>	<b>Salario año 5</b>
<b>Administración</b>	Q541 912,28	Q574 427,02
<b>Seguridad</b>	Q300 136,03	Q318 144,19
<b>Relleno Sanitario</b>	Q205 493,14	Q217 822,72
<b>Descarga</b>	Q675 906,34	Q716 460,72
<b>Bodegas</b>	Q232 505,38	Q246 455,.70
<b>Guardería</b>	Q243 777,15	Q258 403,78
<b>Mantenimiento</b>	Q199 623,81	Q211 601,24
<b>TOTALES</b>	<b>Q2 399 354,14</b>	<b>Q2 543 315,38</b>

Fuente: análisis de estudio de mercado y últimos aumentos al salario mínimo.

#### **2.2.4.2.2. Costos variables**

Estos costos son en su mayoría por consumo de servicios y productos para la operación, los cuales varían su valor mes a mes.

Tabla XX. **Costos por mantenimiento**

<b>CONCEPTO</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>
<b>Energía eléctrica</b>	Q36 000,00	Q36 000,00	Q36 000,00
<b>Agua potable</b>	Q3 600,00	Q3 600,00	Q3 700,00
<b>Teléfono</b>	Q18 000,00	Q18 090,00	Q18 180,45
<b>Útiles</b>	Q12 000,00	Q12 000,00	Q13 000,00
<b>TOTALES</b>	<b>Q69 600,00</b>	<b>Q69 690,00</b>	<b>Q70 880,45</b>

<b>CONCEPTO</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Energía eléctrica</b>	Q36 000,00	Q36 000,00
<b>Agua potable</b>	Q3 600,00	Q3 800,00
<b>Teléfono</b>	Q18 271,35	Q18 362,71
<b>Útiles</b>	Q12 000,00	Q14 000,00
<b>TOTALES</b>	<b>Q69 871,35</b>	<b>Q72 162,71</b>

Fuente: análisis de instalaciones y procesos de oficinas.

La siguiente proyección, se utilizará para hacer los cálculos de ingresos por venta de material reciclado y orgánico, tomando como base los porcentajes de desechos recolectados en Antigua Guatemala.

Tabla XXI. **Proyección en toneladas, desechos producidos en Antigua Guatemala**

Año	Papel						TOTAL
	Orgánico 56%	y cartón 18%	Plástico 9%	Vidrio 7%	Otros 7%	Metal 3%	
1	27 955	8 986	4 493	3 494	3 494	1 498	49 920
2	29 353	9 435	4 717	3 669	3 669	1 572	52 416
3	30 821	9 907	4 953	3 853	3 853	1 651	55 037
4	32 362	10 402	5 201	4 045	4 045	1 734	57 789
5	33 980	10 922	5 461	4 247	4 247	1 820	60 678

Fuente: análisis de la composición de porcentual de desechos sólidos a 5 años.

Tabla XXII. **Proyección de costos de operación en quetzales con incremento del 10 y 5% respectivamente**

CONCEPTO	Año 1	Año 2	Año 3
Combustibles y lubricantes	Q39 600,00	Q39 996,00	Q40 395,96
Repuestos y accesorios	Q19 800,00	Q19 899,00	Q19 998,50
<b>TOTALES</b>	<b>Q59 400,00</b>	<b>Q59 895,00</b>	<b>Q60 394,46</b>

Continuación de la tabla XXII.

<b>CONCEPTO</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Combustibles y lubricantes</b>	Q40 799,92	Q41 207,92
<b>Repuestos y accesorios</b>	Q20 098,49	Q20 198,98
<b>TOTALES</b>	<b>Q60 898,41</b>	<b>Q61 406,90</b>

Fuente: análisis de precios de mercado y requerimientos de maquinaria.

Tabla XXIII. **Proyección de insumos**

<b>Concepto</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>
<b>Bolsas plásticas</b>	Q111 820,00	Q114 056,40	Q116 337,53
<b>Sacos de polietileno</b>	Q139 775,00	Q142 570,50	Q145 421,91
<b>Hilo plástico para coser</b>	Q2 750,00	Q2 805,00	Q2 861,10
<b>Totales</b>	<b>Q254 345,00</b>	<b>Q259 431,90</b>	<b>Q264 620,54</b>

<b>Concepto</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Bolsas plásticas</b>	Q118 664,28	Q121 037,56
<b>Sacos de polietileno</b>	Q148 330,35	Q151 296,96
<b>Hilo plástico para coser</b>	Q2 918,32	Q2 976,69
<b>Totales</b>	<b>Q269 912,95</b>	<b>Q275 311,21</b>

Fuente: Análisis de precios de mercado y necesidades de producción.

## Proyección de ingresos por venta de materiales reciclables

Analizando los datos de la capacidad de producción y los estudios de mercado, demanda en La Antigua Guatemala, ciudad capital y lugares cercanos, de productos orgánicos y para reciclaje, se proyectan a continuación los ingresos por venta en los siguientes 5 años.

- **Material reciclado**

Material utilizable: se toma en cuenta el 80 por ciento debido a pérdidas por diferentes motivos como contaminación cruzada de materiales, falta de reciclaje de la población, entre otros.

Papel y cartón:  $8\,986 \text{ ton} * 80\% = 7\,188,80 \text{ toneladas}$   
 $7\,188,80 \text{ ton} * 2\,000 \text{ lb} = 14\,377\,600 \text{ lb}$

Precio promedio del papel, cartón y revistas: Q0,30 /libra  
 $14\,377\,600 \text{ lb} * Q0,30 = Q4\,313\,280,00$

Tabla XXIV. **Proyecciones de venta anuales de material reciclado**

<b>Año</b>	<b>Papel y Cartón 18%</b>	<b>Plástico 9%</b>	<b>Vidrio 7%</b>
<b>1</b>	Q4 313 280,00	Q5 032 160,00	Q670 848,00
<b>2</b>	Q4 528 800,00	Q5 283 040,00	Q704 448,00
<b>3</b>	Q4 755 360,00	Q5 547 360,00	Q739 776,00
<b>4</b>	Q4 992 960,00	Q5 825 120,00	Q776 640,00
<b>5</b>	Q5 242 560,00	Q6 116 320,00	Q815 424,00

Continuación de la tabla XXIV.

<b>Año</b>	<b>Metal 3%</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	Q16 537 920,00	<b>Q26 567 187,00</b>
<b>2</b>	Q17 354 880,00	<b>Q27 884 795,00</b>
<b>3</b>	Q18 227 040,00	<b>Q29 283 846,00</b>
<b>4</b>	Q19 143 360,00	<b>Q30 753 105,00</b>
<b>5</b>	Q20 092 800,00	<b>Q32 282 879,00</b>

Fuente: análisis de producción de materiales reciclados y precios de mercado.

- Venta de abono orgánico

La materia orgánica está constituida por un porcentaje de humedad, lo cual hace que el producto resultante sea una cantidad menor al finalizar el proceso del compost. Se utilizará el 80 por ciento del material, para los cálculos debido a pérdidas por contaminación cruzada y otros factores.

Cálculos para el año 1:

Desechos orgánicos año 1: 27 955 toneladas

Desechos orgánicos utilizables (debido a pérdidas durante el transporte hacia la planta de tratamiento por diferentes motivos como contaminación):

$$27\ 955 * 80\% = 22\ 364 \text{ toneladas al año}$$

Debido a que la relación de producción de compost es de 1:4 debido a la perdida por humedad, estas son las toneladas de abono producidas por año:

$$22\ 364\ \text{ton} / 4 = 5\ 591\ \text{ton de abono orgánico}$$

$$5\ 591\ \text{ton} * 2\ 000\ \text{lb} = 11\ 182\ 000\ \text{lb}$$

$$11\ 182\ 000\ \text{lb} * Q0,32 = Q3\ 578\ 240,00\ \text{anuales}$$

Tabla XXV. **Proyección de ventas de abono orgánico**

<b>Años</b>	<b>Abono Orgánico</b>
<b>1</b>	Q3 578 240,00
<b>2</b>	Q3 757 184,00
<b>3</b>	Q3 945 088,00
<b>4</b>	Q4 142 336,00
<b>5</b>	Q4 349 440,00

Fuente: Estimados de producción y precios de venta del mercado.

### **2.2.4.3. Análisis de recuperación de la inversión**

El primer paso para el análisis de la recuperación de inversión, es estimar los flujos de efectivo para el proyecto. Teniendo esta información, se analizaron dos métodos, el valor presente neto y la tasa beneficio/costo.

- Valor Presente Neto

Este análisis se trabajará por medio de la evaluación del flujo de caja, junto con el Valor Presente Neto. Se utilizará una tasa de interés del 24 por ciento tomando como referencias los datos de los financiamientos bancarios.

Valor Presente:  $VP = VF * 1 / (1+i)^n$   
 $VP = Q31\ 641.00 * 1 / (1+0,24)^1$   
 $VP = Q25\ 517\ 725,00$

Tabla XXVI. **Proyección de ingresos y egresos totales**

<b>Año</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Egresos</b>	<b>V.P. Ingresos</b>	<b>V.P. Egresos</b>
<b>1</b>	Q30 145 427,00	Q2 397 889,00	Q25 517 725,00	Q2 035 833,06
<b>2</b>	Q31 641 979,00	Q2 524 433,00	Q21 610 909,21	Q1 729 602,63
<b>3</b>	Q33 228 934,00	Q2 659 437,00	Q18 302 214,28	Q1 468 583,21
<b>4</b>	Q34 895 441,00	Q2 800 036,00	Q15 494 503,76	Q1 248 701,05
<b>5</b>	Q36 632 319,00	Q2 952 196,20	Q13 022 468,08	Q1 051 315,70
			<b>Q93 947 820,33</b>	<b>Q7 534 035,65</b>

Fuente: sumatoria de ingresos y egresos.

Valor Presente Neto

$$VPN = - I + (VP \text{ ingresos} - VP \text{ egresos})$$

$$VPN = - Q3\ 650\ 256,00 + (Q93\ 947\ 820,33 - Q7\ 534\ 035,65)$$

$$VPN = Q82\ 763\ 528,68$$

Finalizando la evaluación financiera para determinar el rendimiento de la inversión, se obtiene un Valor Presente Neto de Q82 763 528,68 con una tasa de descuento del 24 por ciento anual. Por ser un resultado positivo, se considera una buena alternativa para invertir.

- Tasa de beneficio/costo

El coste beneficio, es una lógica o razonamiento basado en el principio de obtener los mayores y mejores resultados al menor esfuerzo invertido. Aquellos dónde los beneficios superan el coste son exitosos, caso contrario fracasan.

La razón beneficio/costo se calcula dividiendo, el valor presente de los beneficios entre el valor presente de los costos. Al utilizar este criterio se requiere que la razón sea mayor que uno, para que el proyecto sea aceptable.

Si se obtiene una tasa de Q1,75, se concluye que por cada quetzal invertido se recupera Q0,75.

$$\text{Tasa beneficio – costo} = \frac{\text{Valor presente de los beneficios}}{\text{Valor presente de los costos}}$$

$$\text{Tasa beneficio/costo} = \frac{\text{Q } 93\,947\,820,33}{\text{Q } 7\,534\,035,65}$$

$$\text{Tasa beneficio/costo} = \text{Q } 12,46$$

Conclusión: por cada quetzal invertido, se recuperan Q11,46

### **2.2.5. Capacidad del terreno**

Para el cálculo de la capacidad del terreno, se tomaron en cuenta las siguientes variables:

V = volumen del relleno sanitario

DSr = cantidad de desechos sólidos recolectados (kg/día)

MC = factor de material de cobertura de 1,10  
(significa, 10 cm. cúbicos)

Drsm = densidad de los desechos sólidos (kg/m<sup>3</sup>)

t = tiempo de vida útil

- Cálculos previos

Volumen del relleno sanitario

$$V = \text{base} * \text{largo} * \text{altura}$$

$$V = (40 \text{ m}) * (80 \text{ m}) * (15 \text{ m})$$

$$V = 48\,000 \text{ m}^3$$

Densidad

$$\text{Volumen de una carreta: } 1 \times 1 \times 0,80 = 0,80 \text{ m}^3$$

Densidad: Peso / volumen

$$\text{Drsm} = 250 \text{ kg} / 0,80 \text{ m}^3$$

$$\text{Drsm} = 312,5 \text{ kg/m}^3$$

Cantidad de desechos sólidos recolectados (kg/día)

$$\text{DSr} = (160\,000 \text{ kg/día}) * 3\% \text{ (\% de residuos no reciclables)}$$

$$\text{DSr} = 4\,800 \text{ kg/día}$$

Vida útil

$$t = \frac{V * \text{Drsm}}{\text{DSr} * \text{MC}}$$

$$t = \frac{(48,000 \text{ m}^3) * (312,5 \text{ kg/m}^3)}{(4,800 \text{ kg/día}) * (1,10)}$$

$$t = 2840,9 \text{ días, equivalente a 7,78 años}$$

### **2.2.5.1. Propuesta de utilización final para el área**

#### Actividades generales del plan de cierre

- En lo técnico: un plan de cierre de una Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos, se desarrolla mediante la colocación de una capa de material de cobertura, que se obtendrán de las excavaciones de las trincheras.

Se deberá recubrir con una capa vegetal y forestación de los alrededores de la planta de tratamiento y, además, colocar un letrero que indique la clausura. Debe implementarse vigilancia en la vía de ingreso para cortar el depósito de desechos en sus orillas.

- En lo administrativo: se debe tener en cuenta que son actividades sin complejidad y los involucrados en el cierre deben ser nominados por la Alcaldía.
- Los asuntos legales: la aplicación de sanciones y multas y otras de carácter económico, para quien pretenda continuar su uso, después que se declare clausurado.
- La información: todos los funcionarios y personal de servicio general, deben ser informados que la planta de tratamiento de desechos sólidos ha sido cerrada y que las personas que continúen con su uso serán sancionadas.

- Operación de la clausura: las acciones claves son:
  - Emitir una acción de personal para que un funcionario cumpla las actividades de clausura.
  - Establecer los compromisos entre manejadores y emisores de desechos: la municipalidad y privados.

Las fases principales para la selección y realización de las acciones correctoras son:

Fase 1, lo urgente: saneamiento del área, retirar todos los desechos volátiles y los que pudieren ser arrastrados por los escurrimientos superficiales; recoger todos los desperdicios existentes en la vía de acceso.

Acciones inmediatas para neutralizar la propagación de vectores: colocar una capa de cobertura de 60 centímetros e iniciar un programa de desratización en todo el territorio, que incluye la ciudad.

Elaboración de un plan de seguridad e higiene: la vigilancia del botadero clausurado y la responsabilidad municipal sobre la disposición final futura.

Abrir un registro de denuncias sobre alteraciones del nuevo status.

Fase 2, el corto plazo: intervenir en botaderos alternos. Estabilización de taludes, material de cobertura, cerramientos, uso futuro del sitio. Determinar con la población los problemas de contaminación. Eliminar los botaderos clandestinos, en terrenos aledaños a la Ciudad y promover el saneamiento general.

- Las actividades de cierre

Instalar una chimenea para ventilación de gases, en la parte central del botadero, donde la pendiente permite algún margen de maniobrabilidad. Identificar los lixiviados expuestos a la subsuperficie. Aislar los desechos del ambiente, con materiales de permeabilidad baja. Se puede quemar plástico, papel o cartón. Verificar la tolerancia vegetal a las condiciones finales previstas en el sistema de recubrimiento final. El monitoreo a largo plazo no es difícil de ser implementado. Deben plantearse ciertos controles que permitan actuar durante la presentación de crisis.

- Lista de verificación final

Sensibilidad del medio ambiente:

Área de recarga de agua potable, áreas urbanas vecinas, actividades agrícolas, elevada permeabilidad del suelo y daños en el paisaje.

Contaminación visible:

Efluentes de lixiviado, daños a la vegetación, decoloración del suelo, emisiones de olores y destrucción de la vida acuática.

Los contenidos peligrosos:

Emisiones líquidas, emisiones gaseosas y contaminación del suelo.

Alta probabilidad de contaminación:

Área extensa (> 1 Ha) contaminada, puntos de alta contaminación e investigación.

Otros riesgos

Incendios y humo, aparecimiento de emanaciones desconocidas, deslizamientos y situaciones locales nuevas.

- Utilización final

Con las operaciones de cierre y verificaciones finalizadas se diseñarán áreas de juegos para que la antigua Planta El Choconal funcione como polideportivo y poder utilizar las instalaciones y edificios como centro de capacitaciones.

Se diseñarán viveros productores de árboles para reforestar periódicamente las áreas colindantes.



### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. ¿Cuál es el objetivo del plan de contingencia?**

##### Objetivo general

Establecer la metodología que regule la coordinación de la respuesta, a una emergencia o desastre, optimizando los recursos materiales, financieros y humanos de la Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos y con ello permitir una recuperación temprana.

##### Objetivos específicos

- Identificar las áreas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo del área de El Choconal, de la finca Florencia, en donde estará ubicada la planta de tratamiento de desechos sólidos.
- Operar los diferentes niveles de alerta y sus fases para la apropiada activación del plan de respuesta.
- Establecer las responsabilidades de los diferentes actores que deben intervenir antes, durante y después de un evento.
- Definir los mecanismos de respuesta en campo, con las instituciones de atención y socorro.
- Sistematizar la información y datos estadísticos para generar documentos de buenas prácticas en gestión de riesgos.

- Establecer los mecanismos que permitan una adecuada coordinación interinstitucional para la transición de la emergencia, la rehabilitación y una recuperación temprana.

### **3.2. ¿Qué es un desastre?**

Un desastre se produce cuando se dan estas tres condiciones al mismo tiempo:

- Si las personas viven en lugares peligrosos, como por ejemplo cerca de un volcán activo, en laderas con peligro de deslizamientos, cerca de ríos caudalosos que se pueden inundar, entre otras.
- Si se produce un fenómeno extremo, ya sea natural o causado por ciertas actividades humanas.
- Si además, el fenómeno provoca muchos daños, particularmente en aquellos lugares en donde no se ha tomado ninguna medida preventiva.

#### **3.2.1. Tipos de desastres**

Los desastres se dividen generalmente, de acuerdo a sus causas, en dos categorías: los naturales y los provocados por el ser humano. Los desastres naturales incluyen la mayoría de incidentes que pueden afectar a la planta de tratamiento, como son terremotos, inundaciones, deslaves y ceniza volcánica. Uno de los desastres provocados por el ser humano y que puede ser importante en riesgo para la planta de tratamiento es el incendio.

### 3.2.1.1. Incendios

Para que un incendio exista se necesitan 3 elementos: combustible, oxígeno y calor. (Ver figura 43)

Figura 43. Triángulo del fuego



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos5/prevfuegos.shtml>. Consulta: enero del 2012.

Existen dos tipos de incendios que se pueden dar en los rellenos sanitarios:

- Superficial

El fuego se propaga en forma horizontal sobre la superficie del terreno. Son los incendios más comunes.

Características: normalmente son provocados por fuentes ajenas al sitio como:

- Los residuos llegan con altas temperaturas o ya encendidos.
- Pueden ser provocados a través de maquinaria pesada.
- Alguien fumando en el sitio.

Causas: poca supervisión al descargar residuos en el frente de trabajo.

Iniciado durante la operación y el manejo de maquinaria pesada:

- Escombros atrapados debajo de la maquinaria.
  - El calor generado por la maquinaria, puede prender los residuos
  - Exceso de calor en el escape de maquinaria
  - Fumar en áreas no designadas
- Incendio subterráneo

El fuego se inicia en forma superficial, propagándose bajo el suelo mineral debido a la acumulación y compactación de los combustibles, así como por su acumulación en los afloramientos rocosos, en donde se encuentran mantillo, raíces, hojas y otros materiales vegetales.

Causas: infiltración de oxígeno en el relleno sanitario.

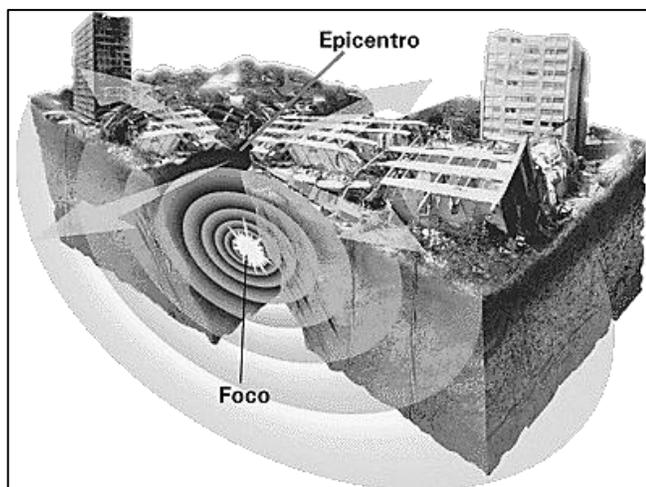
Presencia de fuego en el subsuelo/residuos.

### 3.2.1.2. Terremotos

Dado que nuestro país tiene una alta probabilidad de ocurrencia de sismos, realidad de la que no escapa el área de estudio, el proyecto ha considerado la ocurrencia de este tipo de fenómenos naturales de una magnitud que pudiera ocasionar daño a las obras de este proyecto.

Durante un sismo los residuos depositados se movilizarán con las oscilaciones del medio circundante (ver figura 44), con lo cual sería muy limitada la posibilidad de generar procesos de falla de taludes y derrames de los residuos depositados.

Figura 44. **Oscilaciones durante un sismo**



Fuente: [www.elmundodelasobrasciviles.blogspot.com](http://www.elmundodelasobrasciviles.blogspot.com). Consulta: enero del 2012.

### **3.2.1.3. Inundaciones**

Pueden definirse como la ocupación por el agua de zonas o áreas que en condiciones normales se encuentran secas. Se producen debido al efecto del ascenso temporal del nivel del río, lago u otro. En cierta medida, las inundaciones pueden ser eventos controlables por el hombre, dependiendo del uso de la tierra cercana a los causes de los ríos.

Las inundaciones se producen principalmente por la ocurrencia de lluvias intensas prolongadas, como sucede durante las tormentas tropicales y el paso de huracanes, unido a dificultades locales en el drenaje provocado por diferentes causas, principalmente por la acción negligente de las personas.

- Tipos de inundación

De acuerdo a su origen, las inundaciones se clasifican en: pluviales, fluviales y costeras.

- Inundaciones pluviales y fluviales

Se dan como consecuencia de las precipitaciones que se producen cuando la humedad contenida en los mares, océanos y otros grandes cuerpos de agua, es transportada hacia la tierra por el viento; al ascender el vapor de agua y disminuir su temperatura, está se presenta en cualquiera de las siguientes formas; lluvia, nieve o granizo. El proceso puede originarse debido a la existencia de: huracanes, vientos anormales, entre otros. Este es el tipo de inundación que podría afectar el área de El Choconal.

- Inundaciones costeras

Además de las inundaciones pluviales (causadas directamente por la lluvia) y fluviales (desbordamiento de ríos), las zonas costeras pueden ser afectadas por las mareas de tormenta.

A este fenómeno se suma el del oleaje y juntos causan daños muy importantes, como la socavación de los cimientos en los edificios costeros, el naufragio de las embarcaciones, la demolición y destrucción de instalaciones portuarias, la rotura de las obras de defensa costera y la erosión de las playas y riscos. El efecto del agua no sólo es destructivo al avanzar tierra adentro, sino también en su retirada hacia el mar.

#### **3.2.1.4. Ceniza volcánica**

Dentro de los fenómenos volcánicos, se encuentran la emisión o expulsión de gases, flujos de lava, flujos de lodos, proyectiles y cenizas. Debido a la distancia que se tienen del área de El Choconal hacia el volcán de Fuego y el volcán de Pacaya, el fenómeno que pudiera afectar es el de la ceniza volcánica.

Las cenizas volcánicas son una composición de partículas de roca y mineral muy finas (de menos de 2 milímetros de diámetro) eyectadas por un viento volcánico y se genera a partir de la roca cuarteada y separada en partículas diminutas durante un episodio de actividad volcánica explosiva.

#### **3.2.1.5. Deslaves**

Los deslaves ocurren día con día en cualquier parte del mundo, de tal forma que cada año las víctimas y los daños materiales son incalculables.

Los problemas que presenta la inestabilidad de las laderas de las montañas, son uno de los peligros naturales más destructivos del planeta. Este tipo de eventos puede originarse por terremotos y lluvias intensas. Los mecanismos básicos de inestabilidad del terreno son: los caídos o derrumbes, flujos, deslizamientos y las expansiones o desplazamientos laterales de los terrenos.

Los derrumbes, son movimientos repentinos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes abruptas y acantilados, por lo que el movimiento es de caída libre, rodando y rebotando y suelen presentarse mayormente en las carreteras.

Los flujos, son movimientos del suelos y/o fragmentos de rocas ladera abajo, en donde las partículas, granos fragmentados tienen movimientos relativos sobre una superficie de falla. Los más importantes, son los de lodo y las avalanchas de suelos y rocas.

### **3.3. Estructura de brigadas**

Una brigada, será un grupo de funcionarios de la planta de tratamiento que se unen, organizan y capacitan para trabajar el área de los primeros auxilios en el marco del Plan de Emergencias de la planta de tratamiento el Choconal. La cantidad de miembros que la integran estará directamente relacionada con el tamaño de la planta física, la cantidad de personas, las jornadas de trabajo y el flujo de personas que accedan a la misma.

- Proceso de formación de la brigada:
  - Conformando grupos. Porque una sola persona no hace una brigada. Si trabajan juntos se puede cubrir mayores espacios.
  - Definiendo labores específicas. Van desde acciones pequeñas hasta algunas que consumen más tiempo. Todas son importantes.
  - Nombrando un líder de la brigada. Él o ella será el representante, reportará a la administración o a seguridad industrial. Definirá las labores específicas que se mencionaron anteriormente, e igualmente el grupo con el cual va a trabajar, coordinará las respectivas rotaciones, de tal manera que todo el personal del área trabaje en la brigada. Deben establecer las zonas para hacer aseo, asignar las tareas, la duración de la misma y el responsable.

Otras labores estratégicas que también puede hacer la brigada, es realizar campañas de educación y comunicación. Esta labor es realmente muy importante, los esfuerzos de la brigada deben ir acompañados de un componente educativo para todos los niveles de la organización. Allí se puede hablar de la brigada, sus objetivos y beneficios.

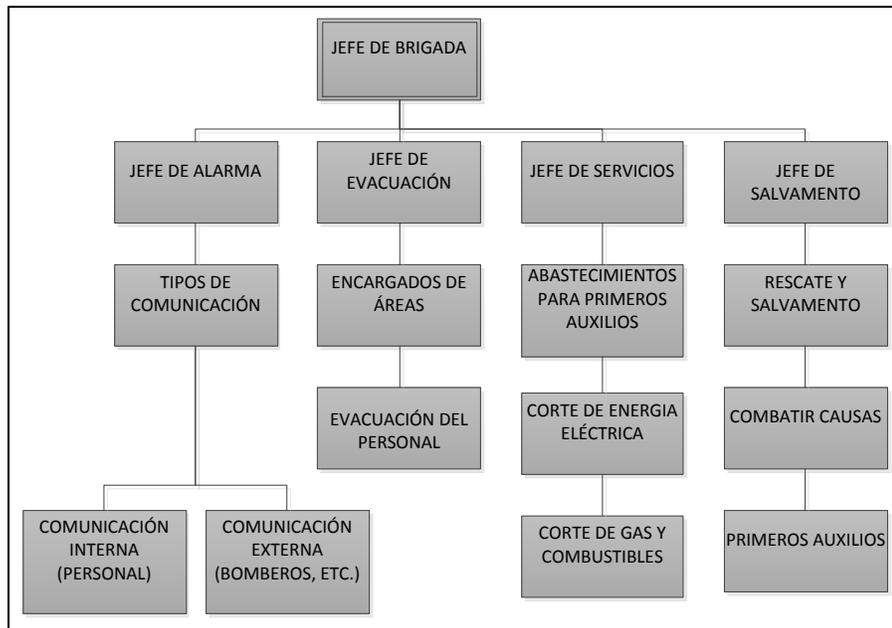
- Dotar al personal de las herramientas necesarias. Esto es para que cada uno pueda desempeñar mejor su labor.

### **3.3.1. Organigrama**

El organigrama de la brigada de emergencia está compuesto por personal interno, cuyo jefe de brigada será el administrador de la planta de tratamiento.

A continuación se detalla el organigrama y las funciones de cada integrante.

Figura 45. **Organigrama de la brigada de la planta El Choconal**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.2. Funciones

Las funciones de la brigada, se organizan en tres momentos, antes, durante y después de la emergencia. Teniendo en cuenta estos tres momentos, las principales actividades que se realizan son:

- Antes
  - Identificar posibles situaciones de emergencia médica que se pueden presentar en el lugar como padecimientos que se podrían complicar.

- Tener disponible el equipo de primeros auxilios y ubicado en los lugares estratégicos previamente elegidos.
- Coordinar la capacitación necesaria para los miembros de la brigada.
- Durante
  - Evaluar la condición de los pacientes.
  - Brindar la asistencia básica en primeros auxilios.
  - Determinar la necesidad de traslado y cuidados médicos para los pacientes.
  - Mantener informado al mando de la brigada sobre las acciones que realiza, y los requerimientos necesarios para la ejecución de sus tareas.
- Después
  - Evaluar la aplicación de los planes de respuesta.
  - Elaborar el informe correspondiente
  - Adoptar las medidas correctivas necesarias para mejorar la capacidad de respuesta, teniendo como base la evaluación realizada.

#### Organización y funciones del personal de contingencia

La organización estará compuesta por el personal permanente de la Planta El Choconal.

Jefe de brigada (administrador)

Se encargará de suministrar todo lo necesario para implementar el Plan de Contingencia. Al finalizar la emergencia deberá finalizar la evacuación, de manera conjunta con el Jefe de Acción del Plan de Contingencia, en base a la experiencia obtenida y a los reportes del personal que hubiere participado en la Emergencia. Será la única persona autorizada para prestar declaraciones a autoridades y a los medios informativos.

Jefes de acción: alarma, evacuación, servicios y salvamento (Jefes de áreas)

Serán los encargados de entrenar al personal (pudiendo contratar a un asesor externo) que trabajará en las instalaciones para que estén preparados a afrontar cualquier eventualidad.

Se encargarán de revisar que todo el equipo de salvamento de esté operativo y que las salidas de evacuación de las oficinas administrativas estén libres de obstáculos. Asimismo, tendrá a mano el teléfono para solicitar apoyo al Cuerpo de Bomberos, policías, ambulancias, etc.

Una vez concluida la emergencia, deberán, conjuntamente con el Jefe de Brigada, realizar la evaluación del Plan de Contingencia.

Encargados de área (trabajadores de la planta)

Su función será entrar en contacto con la emergencia a cargo de la brigada. Se encargará además de cortar el fluido eléctrico y fugas de gas en las zonas de operaciones. Evacuará a toda persona ajena al combate de la emergencia o que no esté prestando apoyo.

Asegurará la movilización de hombres y equipos apropiados para las acciones a tomar y supervisar las mismas.

Personal de apoyo (secretaria y guardias de seguridad)

Se encargarán de proteger la documentación de la empresa y estarán a disposición del jefe de brigada, para prestar apoyo en la evaluación de personal que pudiera resultar herido.

### **3.4. Señalización de la planta**

Identificados los riesgos internos y externos, se está en condiciones de definir las rutas de evacuación para la población que utiliza las instalaciones de la planta de tratamiento.

Se define como primer paso, las áreas de menor riesgo, en donde se reunirán todas las personas al momento de ocurrir un desastre. El segundo paso es definir las salidas de emergencia, dosificando los flujos de población.

Además se debe colocar un sistema de alarma que debe ser escuchado en todas las áreas de la planta.

#### **3.4.1. Rutas de evacuación**

Las principales normativas sobre vías y salidas de evacuación, señalización e iluminación en lugares de trabajo son las siguientes:

En cuanto a las vías y salidas de evacuación, es importante que permanezcan despejadas y libres de elementos que puedan estropear el

desplazamiento ligero hacia una zona exterior. Las dimensiones de las vías y salidas de evacuación serán proporcionales al número de empleados y personas que permanezcan en el lugar.

Cada uno de los lugares del establecimiento (por más apartados que se encuentren como las bodegas) debe tener rutas de desalojo para cualquier caso de peligro. Las salidas y puertas de emergencia no deben ser giratorias o corredizas. Es importante que éstas se abran hacia el exterior. Las puertas de emergencia no deberán cerrarse con llave.

Dado el caso en el que se dañe la iluminación, es preciso que se tengan equipadas con alguna iluminación alterna, las rutas de evacuación. Se instalarán para este fin luces de emergencia que funcionan con baterías al no tener corriente eléctrica. Las rutas que deben ser utilizadas para la evacuación serán marcadas con materiales visibles y duraderos, para que personas tanto internas (personal de la empresa) como externas (visitantes) a la institución tengan una visión clara de los lugares accesibles o no para la evacuación.

#### **3.4.2. Área de concentración en caso de emergencia**

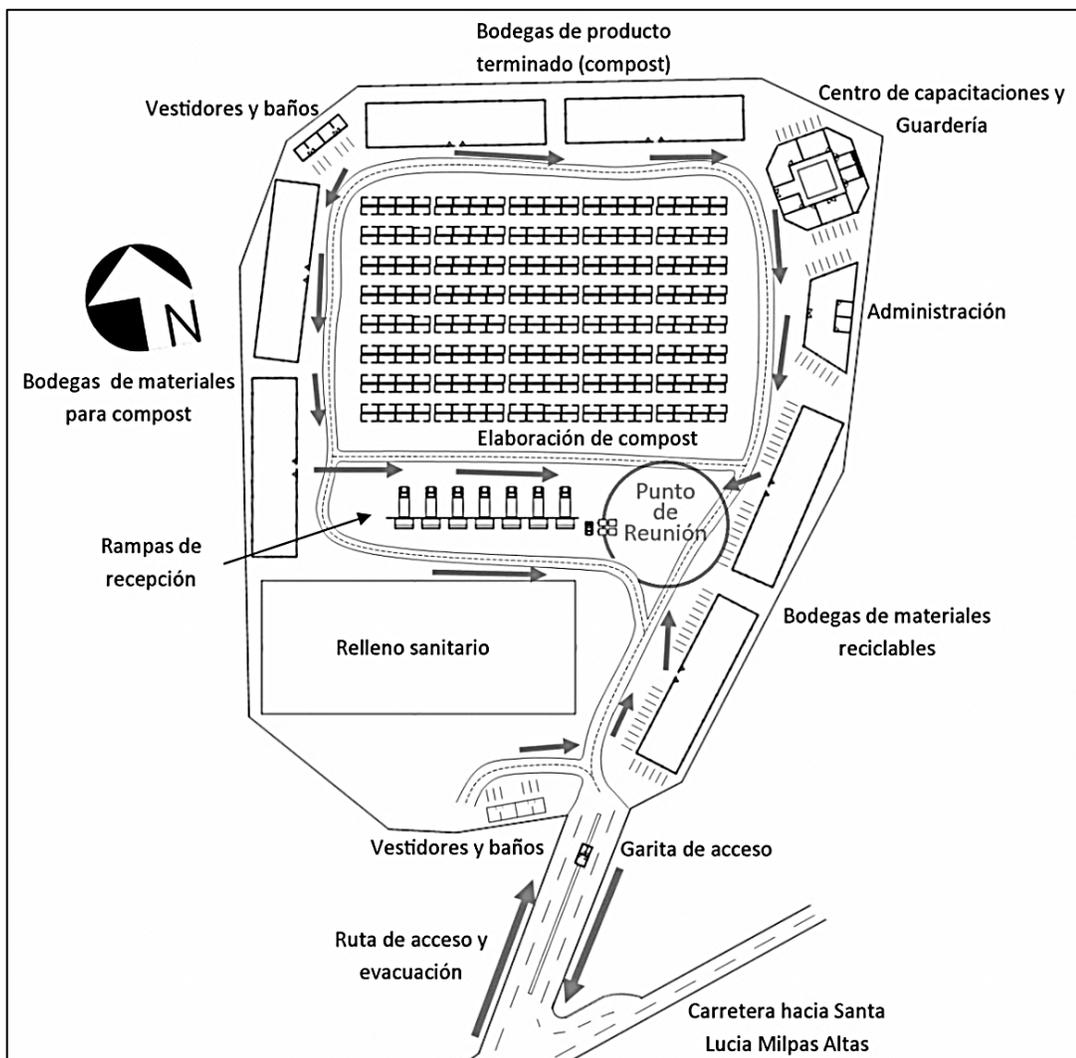
Este punto de concentración debe ofrecer mayor seguridad y no deben existir elementos que pongan en riesgo la integridad física del personal, como líneas eléctricas de alta tensión, postes, transformadores o árboles.

El lado oriente de las rampas, es el designado para reunir a las personas que se encuentren en la planta El Choconal en el momento de una emergencia. (Ver figura 46).

### 3.4.3. Plano general

En el plano de planta general, se indican a escala reducida todas las áreas de la planta de tratamiento, la ruta de evacuación y el punto de concentración.

Figura 46. Rutas de evacuación y punto de concentración



Fuente: elaboración propia, con el programa Microsoft Visio.

### **3.5. Procedimientos a seguir en caso de emergencias**

Al momento de ocurrir una emergencia, todo el personal debe evacuar las instalaciones y llegar al punto de reunión, si fuera necesario; posteriormente esperar las instrucciones de la brigada.

#### **3.5.1. Activación del plan de contingencia**

Este se dará por los siguientes medios, dependiendo el grado de la emergencia:

- Hablado si es leve como la ceniza volcánica
- Gorgoritos en caso de incendios
- Por sirena instalada en los patios de la planta de tratamiento, en la ocurrencia de un terremoto, una inundación o deslave.

Los encargados de la activación de este plan, son el jefe de brigadas y sus colaboradores.

### **3.6. Simulacros**

Estos se deben programar cada 6 meses. Los integrantes de la brigada realizarán las siguientes tareas para llevar a cabo un simulacro:

- Informar del punto de reunión al personal de la planta.
- Difundir el plan de emergencia a los brigadistas.

- Implementar y probar el sistema de alarma interna.
- Entregar silbatos a los jefes de área y brigadistas.
- Entregar equipo a brigadistas (gafetes, chalecos, etc.).
- Designar funciones: guías y retaguardias, brigadistas de control de tránsito vehicular, brigadistas de control de accesos y resguardo del edificio, observadores, brigadistas que realizarán censo del personal y personal que tome el tiempo oficial de evacuación.
- Recorrer el edificio, siguiendo las rutas de evacuación.
- Colocar manta informativa sobre el ejercicio de evacuación e implementar campaña de difusión.

### **3.6.1. Procedimiento**

Su realización deberá llevarse a cabo en el tiempo mínimo requerido, con la finalidad de evaluar los resultados, los ejercicios de evacuación, considerando los datos generales del inmueble, número de áreas, censo de trabajadores, el comportamiento y participación de brigadistas, la señalización existente en el inmueble, si está considerada la participación de personas con capacidades diferentes, el comportamiento de la población que trabaja en el inmueble y los resultados del ejercicio.

Tabla XXVII. **Procedimiento durante un simulacro**

Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos EL choconal, La Antigua Guatemala	No. 000001 
<b>PROCEDIMIENTO EN CASO DE OCURENCIA DE UNA EMERGENCIA</b>	
Activarán el sistema de alarma interno	
Dirigirán y controlarán al personal de su área	
Iniciarán el desalojo cuando se les indique	
Apoyarán a los demás brigadistas	
Auxiliarán a las personas discapacitadas	
Indicarán al personal que proceda en orden, en silencio y caminando con rapidez	
Indicarán a los visitantes las rutas de evacuación	
Verificarán que no haya quedado ninguna persona en su área	
Evitarán que alguien regrese a su área de trabajo	
En el punto de reunión, realizarán el censo del personal y entregarán la información al Coordinador General	
Reportarán las personas que por alguna causa no participaron o hayan entorpecido el desarrollo del ejercicio	
Coordinarán el reingreso al inmueble, indicando al personal que lo realice en orden	
Darán por terminado el ejercicio, participando y dando opinión en la reunión de evaluación con el fin de retroalimentar el plan de evacuación	
Rendirán el Informe. El Coordinador General de la Brigada, realizará el informe final con los resultados del ejercicio: número de participantes, tiempo oficial y si se presentó algún incidente, no considerado en la hipótesis.	

Fuente: elaboración propia.

### 3.6.2. Información al personal

Con el fin de que el personal conozca las acciones a desarrollar en el momento que se realice el Ejercicio de Evacuación, se deberán tener presentes las siguientes recomendaciones para la difusión interna del evento:

Mensaje No. 1. El día \_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ a las \_\_\_\_\_ hrs. se realizará un simulacro de evacuación con hipótesis de sismo, por lo cual deberá permanecer alerta a las indicaciones del personal del Comité Interno de Protección Civil de la planta El Choconal y la Secretaría de Protección Civil.

Mensaje No. 2. Al escuchar el sonido del sistema de alarma (silbato), deberá suspender sus actividades, seguir las indicaciones dadas con anticipación por parte del personal de Brigada de la Planta El Choconal.

Mensaje No. 3. Si usted se encuentra en la planta baja del edificio, deberá evacuar el inmueble hacia el punto de reunión previamente establecido e identificado en el exterior del edificio. Recuerde hacerlo en orden, en silencio y caminando con rapidez (sin correr). Si usted se encuentra en niveles superiores del edificio, deberá dirigirse por las rutas de evacuación establecidas, siguiendo las indicaciones de los brigadistas de protección civil hasta ubicarse en el punto de reunión fuera del edificio.

Mensaje No. 4. Después de que se haya iniciado el Ejercicio de Evacuación y activado el sistema de alarma interno, evite regresar a su lugar de trabajo y atienda inmediatamente las instrucciones del personal de las brigadas de protección civil de la planta El Choconal.

Mensaje No. 5. En el punto de reunión, se realizará el censo de personas que evacuaron y si se detecta la falta de una o más personas, los brigadistas procederán a su localización, para conducirlo a la zona de menor riesgo y en caso que esté accidentado, esperar la presencia de los cuerpos de emergencia especializados. Todo el personal debe continuar en el punto de reunión y regresar a su lugar de trabajo, una vez que los representantes de la Brigada lo indiquen. Recuerde por su Seguridad Salir en Orden, en Silencio y Caminando con Rapidez (sin correr). Secretaría de Protección Civil.

### **3.6.2.1. Medios impresos**

La información se entregará por medio de volantes y trifolios que indiquen el tipo de emergencia, el plan de contingencia, el día y hora del simulacro.

Estos se repartirán a todos los trabajadores de la planta y estarán visibles en la cartelera de la bodega.

## **4. FASE DE DOCENCIA**

### **4.1. Planificación de capacitaciones al personal**

El personal de la planta será capacitado periódicamente con las tecnologías existentes, y nuevas en temas de manejo de desechos sólidos.

#### **4.1.1. Identificar el objetivo de la capacitación**

Las capacitaciones están orientadas a satisfacer las necesidades de la planta de tratamiento, de incorporar conocimientos y habilidades a los colaboradores con el objetivo de mejorar el desempeño y poder evitar accidentes laborales.

##### **4.1.1.1. Reciclaje**

Finalidad del reciclaje

Las principales causas por las que se debe reciclar son:

- Disminuir el volumen de residuos, ya que lo que se recicla puede ser reutilizado.
- Ahorrar energía, mediante la utilización de residuos desechables para crearla.
- Frenar la contaminación, cuanto menos combustible fósil se utilice menor será la contaminación.

- Reducir el consumo de recursos naturales, los cuales se están despilfarrando de forma continuada en los procesos de producción.

#### **4.1.1.2. Elaboración de compost**

¿Por qué compostar?

Los principales objetivos del compostaje, son los siguientes:

- Transformar materiales orgánicos, biodegradables en una materia estable de menor volumen.
- Destruir patógenos y otros organismos, que pueden estar presentes en los residuos.
- Retener el mayor contenido de nutrientes, como nitrógeno, fósforo y potasio.
- Obtener un material, que favorezca el crecimiento de las plantas y le brinde una mayor estructura al suelo.

Se brindó una capacitación para la elaboración de compost, elaboración con residuos provenientes de la cocina.

Figura 47. **Capacitación en elaboración del compost**



Fuente: 1ra. Avenida del Chajón, casa No.4, La Antigua Guatemala.

#### **4.1.1.3. Cuidado del Medio Ambiente**

Promover estilos de vida y economías con bajas emisiones de carbono, como la mejora de la eficiencia energética, las fuentes alternativas de energía, la conservación de los bosques y el consumo ecológico. Motivar a las personas a convertirse en agentes de desarrollo sustentable y equitativo, así como promover el entendimiento de que las comunidades son fundamentales para el cambio de actitudes hacia temas ambientales.

#### **4.1.1.4. Simulacro en caso de emergencia**

Proporcionan el único medio de examinar a fondo las actuaciones cruciales para manejar los recursos de que se dispone.

- Desarrollo de una cultura preventiva en la realización de simulacros.

- Detección de deficiencias tanto del Plan de Emergencia y Evacuación, así como en la implantación del mismo en el lugar de trabajo, estudios, entretenimiento, etc. permitiendo introducir las mejoras oportunas.
- Entrenamiento de los equipos de emergencia en el desarrollo de sus funciones y del personal que ha de evacuar.
- Detección de anomalías y omisiones en las actuaciones del equipo de emergencia.
- Comprobación del correcto funcionamiento y efectividad de los medios técnicos, así como de los medios de transmisión de alarmas.
- Estimación de tiempos reales de evacuación e intervención, comparación con los tiempos teóricos previstos y obtención de conclusiones finales.

#### **4.1.2. Programación para cada departamento de la planta**

Las capacitaciones se harán cada 3 meses, iniciando con el personal operativo de la planta y finalizando con el personal administrativo.

Se intercalaran los temas de mejora en el trabajo, con mejora al medio ambiente y los simulacros de los cuatro tipos de emergencias que pueden afectar la planta El Choconal.

Tabla XXVIII. **Programación de capacitaciones**

<b>TEMA</b>	<b>CAPACITADOR</b>	<b>PERSONAL</b>	<b>FECHA</b>
Reciclaje	INTECAP	Todo el personal	enero
Elaboración de compost	INTECAP	Relleno sanitario, bodegas, compost	febrero
Cuidados del medio ambiente	CONRED	Todo el personal	marzo
Simulacro en caso de emergencia	CONRED	Todo el personal	abril

Fuente: elaboración propia.

#### **4.1.3. Metodología a utilizar**

Se inicia con un diagnóstico de las necesidades de capacitación, que es la base para el programa de capacitación al personal. Se debe contar con una metodología participativa que incluya ejercicios, simulaciones, dinámicas grupales, videos, etc.

Algunos de los temas que se deben desarrollar son: liderazgo, supervisión, habilidades de relaciones interpersonales, motivación y comunicación. Se hace necesario que las oficinas de personal indiquen cuales son las necesidades de adiestramiento, en qué áreas debe realizarse y quienes deben ser los destinatarios de esta instrucción, comprometiéndolos a transmitir y poner en práctica el conocimiento adquirido. También se utilizará la

información del análisis del puesto, para diseñar los programas de capacitación y desarrollo.

Para la capacitación se utilizó la explicación teórica del proceso de compostaje, tiempo de maduración y usos.

#### **4.1.4. Evaluaciones**

Las evaluaciones las hará personal ajeno a la planta, los cuales serán contratados por la administración.

La evaluación de la capacitación, consistió en la elaboración del compost con los desechos de una cocina cacerera (ver figuras 48 y 49).

Figuras 48. **Desechos utilizados en evaluación del compost 1**



Fuente: elaboración de compost en el relleno sanitario El Choconal.

Figuras 49. **Desechos utilizados en evaluación del compost 2**



Fuente: elaboración de compost en el relleno sanitario El Choconal.

#### **4.1.4.1. Tabulación de resultados**

Las tabulaciones tendrán el objetivo de visualizar el grado de conocimiento y compromiso del personal con la importante labor que realizan.

#### **4.1.4.2. Retroalimentación a los colaboradores**

El resultado de las tabulaciones, se les trasladará a los colaboradores para que conozcan los aspectos a mejorar y en qué área su desempeño es satisfactorio.

### **4.2. Apoyo de otras empresas para capacitaciones**

El apoyo de otras empresas para capacitaciones tiene como principal objetivo mejorar la productividad laboral, minimizar el riesgo de accidentes y

enfermedades ocupacionales así como conocer las acciones necesarias básicas en caso de desastres naturales.

Se trabajará en conjunto con entidades como:

- CONRED
- INTECAP
- Cuerpo de bomberos
- Empresas privadas proveedoras de servicios como extintores, entre otras.

#### **4.2.1. Determinar a qué departamento va dirigido**

Los departamentos operativos, tendrán las capacitaciones acorde a los temas relacionados con su trabajo y también participaran en los simulacros.

El personal administrativo estará enfocado en los temas de simulacros y procedimientos antes que ingresen los equipos de auxilio.

#### **4.2.2. Contenido**

Los contenidos de las capacitaciones a los trabajadores operativos y administrativos son:

- Reciclaje
- Elaboración de compost

- Cuidados del medio ambiente
- Simulacro en caso de emergencia

El contenido de la capacitación para la elaboración del compost fue el siguiente:

- Qué es el compost
- Desechos necesarios para hacer el compost
- Qué no se debe compostar
- Proceso para hacer compost
- Controles hasta maduración del abono orgánico

#### **4.2.3. Costos**

La capacitación tuvo los siguientes costos menores, los cuales fueron absorbidos como parte del presente trabajo.

- Papelería informativa
- Maderas para delimitar el área del compost
- Bolsa de 25 libras con tierra



## CONCLUSIONES

1. Se diseñó una planta de tratamiento de desechos sólidos, con plan de contingencia, para eliminar la inadecuada disposición de los residuos, reduciendo así el impacto negativo sobre el medio ambiente y las personas.
2. Se ubicaron todas las áreas operativas, administrativas y de servicio para que existiera continuidad y eficacia en el proceso.
3. Algunos de los materiales utilizados para la construcción de la planta de tratamiento, son reciclados, como el hierro y vidrio. Además se propone reusar las llantas para estabilizar los taludes alrededor de la planta y en el área de rampas.
4. Se redactó un plan de contingencia para la planta de tratamiento; analizando los tipos de desastre a que está expuesta el área, conformando una brigada con personal operativo y administrativo de la planta, también se identificaron las rutas de evacuación y los procedimientos a seguir en caso de emergencia.
5. Uno de los procesos de la planta de tratamiento es la elaboración de compost, teniendo como resultado abono orgánico, el cual será vendido a muy bajo precio para los colaboradores que estén interesados en trabajar sus tierras y a la vez estará a la venta a clientes externos para obtener ingresos por venta de productos elaborados en la planta de tratamiento.

6. Se utilizaron los conocimientos del curso de seguridad industrial para diseñar la señalización y rutas de evacuación para las áreas operativas y administrativas de la planta de tratamiento El Choconal.
7. En el plan de contingencia, se evaluaron los tipos de desastres a que estaba expuesta el área de El Choconal, debido a su ubicación que es imprescindible para adelantarse a posibles efectos de la naturaleza como terremotos, inundaciones, caída de ceniza volcánica o deslaves.
8. Las capacitaciones se llevarán a cabo con empresas e instituciones como el INTECAP, en temas como las buenas prácticas de manufactura y elaboración de compost para el personal operativo y administrativo.
9. El personal administrativo estará presente en las capacitaciones, con el objetivo de que conozcan la operación de la planta de tratamiento y poder buscar nuevas tecnologías para aprovechar el recurso de los desechos sólidos.
10. En La Antigua Guatemala, existen diferentes medios de comunicación como revistas mensuales y bimensuales, periódicos y semanarios; también hay radios y canales exclusivos del lugar. Estos son los medios en donde se propone lanzar una campaña de concientización e información acerca de la importancia de la separación de los desechos en cada casa, para poder tratar los mismos y minimizar el impacto al medio ambiente.

Como primer gran campaña se buscará la no utilización de bolsa plástica y en su lugar proponer el uso de bolsas de tela reusables.

## RECOMENDACIONES

1. La Municipalidad de La Antigua Guatemala, debe incentivar la separación de los desechos en el mercado municipal, ya que es una fuente enorme de recursos de material orgánico para la elaboración de compost.
2. La secretaria del medio ambiente, debe buscar financiamiento en países interesados en brindar apoyo económico y tecnológico para el tratamiento de los desechos sólidos.
3. Desarrollar en conjunto, municipalidad y sociedad civil, programas de reducción de las costumbres consumistas, con el fin de reducir la cantidad de desechos sólidos inorgánicos.
4. Con los recursos de la municipalidad, establecer un programa continuo de información en escuelas, colegios y medios de comunicación del departamento, acerca de la importancia de la separación de los desechos sólidos para su tratamiento en la planta El Choconal.
5. Establecer a corto plazo un programa de no utilización de bolsas de plástico e incentivar el uso de bolsas de tela reusables para eliminar la acumulación de este tipo de plástico en el relleno sanitario.



## BIBLIOGRAFÍA

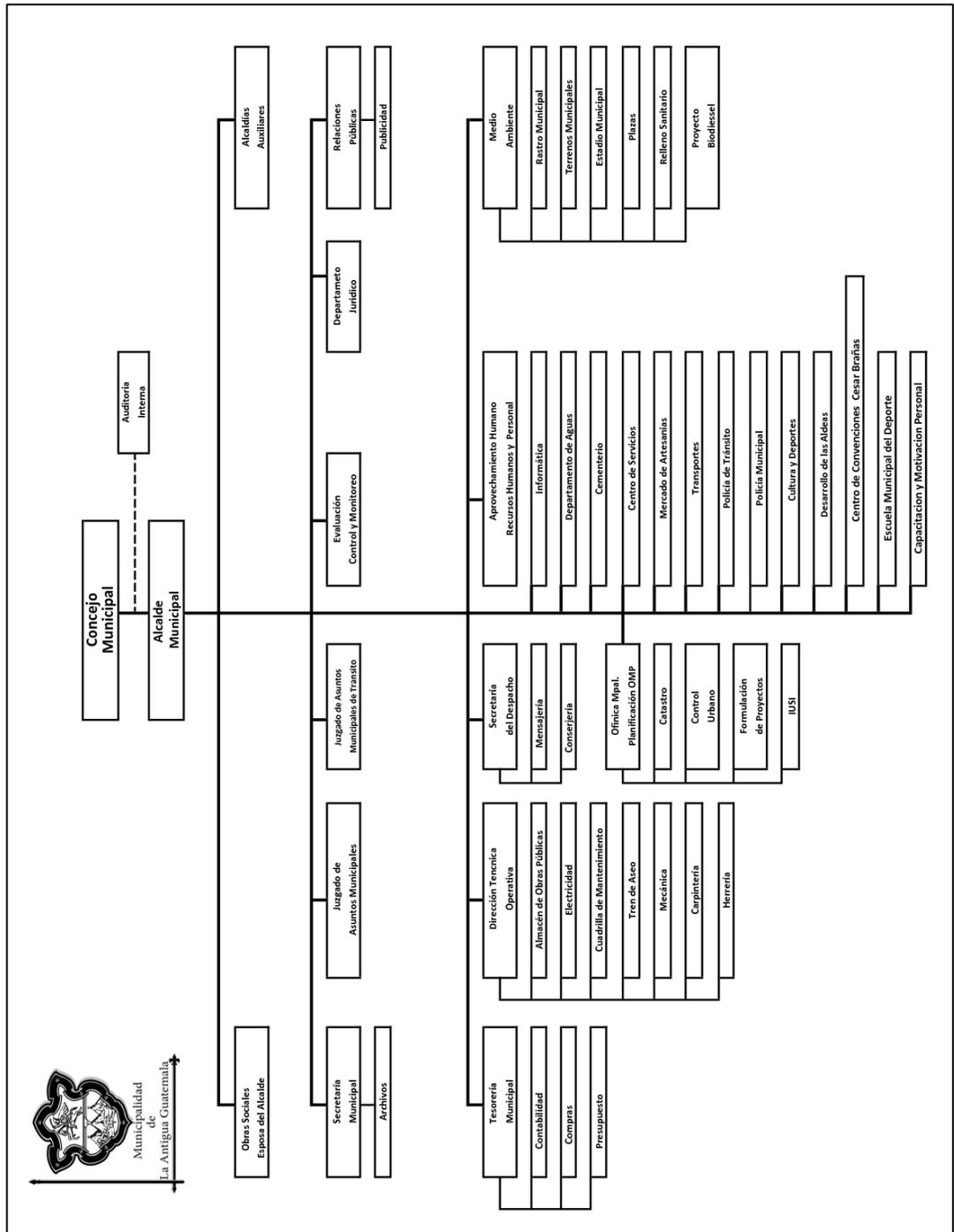
1. BERNARD, Nebel. *Ciencias ambientales, ecología y desarrollo sostenible*. 6a. ed. México: Prentice-Hall, 1999. 698 p.
2. BRAJA, Das. *Principio de ingeniería de cimentaciones*. 4a. ed. México: Thomson, 2001. 880 p.
3. COLLAZOS, Héctor. *Impermeabilización de rellenos sanitarios con suelo de cemento*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 1990. 76 p.
4. RODRÍGUEZ, Carlos. *El manejo integral de los residuos sólidos, la experiencia del municipio de Versalles*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Colombia: Casa Editorial de la CVC, 2005. 127 p.
5. DE LEÓN MALDONADO, Alma. *Reciclaje en la ciudad de Guatemala*. Guatemala: Centro de Estudios Urbanos y Regionales, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2002. 120 p.
6. DEL VAL, Alfonso. *Tratamiento de residuos sólidos urbanos*. [en línea]. 1997. [ref. 5 de noviembre de 2010]. Disponible en web : <http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a014.html>.
7. GREENPEACE. *Manual ciudadano sobre desechos sólidos*. Centroamérica: Fondo de Cultura, 1998. 100 p.

8. MELÉNDEZ, Carlos Eduardo. *Guía práctica para la operación de celdas diarias en rellenos sanitarios pequeños y medianos*. [en línea]. [ref. 10 de septiembre de 2010]. Disponible en web : <http://www.femica.org/areas/modambiental/archivos/docs/Guia>
9. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. *Gestión de residuos sólidos en Situaciones de Desastre. Serie Salud Ambiental y Desastres*. Washington, DC: OPS, 2003, vol.1, 120 p.
10. PROGRAMA DE DESARROLLO MUNICIPAL PARA CENTROAMÉRICA DE LA AGENCIA ESPAÑOLA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO. *Recolección y disposición final de la basura: un servicio municipal*. San José, Costa Rica: DEMUCA, 1995.
11. RÖBEN, Eva. *Manual de compostaje para municipios*. [en línea]. [ref. 8 de octubre de 2011]. Disponible en web : [www.resol.com.br/Cartilha7/manualcompostajeparamunicipios.pdf](http://www.resol.com.br/Cartilha7/manualcompostajeparamunicipios.pdf).
12. *Impacto del manejo de desechos sólidos en la Antigua Guatemala*. Seminario 5º Bachillerato en turismo y hotelería, sección B. Instituto Técnico Diversificado, 1994.
13. SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL. *Impermeabilizar el relleno sanitario*. [en línea]. [ref. 15 de noviembre de 2010]. Disponible en web: <http://www.e-seia.cl/rellenosanitario>.

## **ANEXOS**



# ANEXO A: ORGANIGRAMA DE LA ANTIGUA GUATEMALA



Fuente: Municipalidad de La Antigua Guatemala.

## **ANEXO B: LEYES AMBIENTALES DE GUATEMALA**

### **Constitución Política de la República de Guatemala**

**Artículo 64.-** Patrimonio natural. Se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación. El Estado fomentará la creación de parques nacionales, reservas y refugios naturales, los cuales son inalienables. Una ley garantizará su protección y la de la fauna y la flora que en ellos exista.

**Artículo 93.-** Derecho a la salud. El goce de la salud es derecho fundamental del ser humano, sin discriminación alguna.

**Artículo 95.-** La salud, bien público. La salud de los habitantes de la Nación es un bien público. Todas las personas e instituciones están obligadas a velar por su conservación y restablecimiento.

**Artículo 96.-** Control de calidad de productos. El Estado controlará la calidad de los productos alimenticios, farmacéuticos, químicos y de todos aquéllos que puedan afectar la salud y bienestar de los habitantes. Velará por el establecimiento y programación de la atención primaria de la salud, y por el mejoramiento de las condiciones de saneamiento ambiental básico de las comunidades menos protegidas.

**Artículo 97.-** Medio ambiente y equilibrio ecológico. 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.

**Artículo 119.-** Obligaciones del Estado. Son obligaciones fundamentales del Estado: **c.** Adoptar las medidas que sean necesarias para la conservación, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales en forma eficiente.

**Artículo 126.-** Reforestación. Se declara de urgencia nacional y de interés social, la reforestación del país y la conservación de los bosques. La ley determinará la forma y requisitos para la explotación racional de los recursos forestales y su renovación, incluyendo las resinas, gomas, productos vegetales silvestres no cultivados y demás productos similares, y fomentará su industrialización. La explotación de todos estos recursos, corresponderá exclusivamente a personas guatemaltecos, individuales o jurídicas.

Los bosques y la vegetación en las riberas de los ríos y lagos, y en las cercanías de las fuentes de aguas, gozarán de especial protección.

**Artículo 128.-** Aprovechamiento de aguas, lagos y ríos. El aprovechamiento de las aguas de los lagos y de los ríos, para fines agrícolas, agropecuarios, turísticos o de cualquier otra naturaleza, que contribuya al desarrollo de la economía nacional, está al servicios de la comunidad y no de persona particular alguna, pero los usuarios están obligados a reforestar las riberas y los cauces correspondientes, así como a facilitar las vías de acceso.

### **Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente**

#### **Decreto No. 68-86 Congreso de la República de Guatemala**

**Artículo 1.-** El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propician el desarrollo social económico, científico y tecnológico que

prevenga la contaminación el medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente.

**Artículo 2.-** La aplicación esta ley y sus reglamentos Compete al Organismo Ejecutivo por medio de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, cuya creación, organización, funciones y atribuciones establece la presente ley.

**Artículo 12.-** Son objetivos específicos de la ley los siguientes:

**a)** La protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales del país, así como la prevención del deterioro y mal uso o destrucción de los mismos y la duración del medio ambiente en general.

**b)** La prevención, regulación y control de cualesquiera de las actividades que origine deterioro del medio ambiente y contaminación de los sistemas ecológicos y excepcionalmente, la prohibición en casos que asisten la calidad de vida y el bien común calificadas así, previo dictámenes científicos y técnicos emitidos por organismos coherentes.

**c)** Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la ocupación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población.

**d)** El diseño de la política ambiental y coadyuvar en la ocupación del espacio.

**e)** La creación de toda clase de incentivos y estimulación para fomentar programas.

**f)** Iniciativas que se encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente; El uso integral y manejo racional de las cuencas y sistemas hídricos.

**g)** La promoción de tecnología apropiada y aprovechamiento de fuentes limpias para la obtención de energía.

**h)** Salvar y curar aquellos cuerpos de agua que estén amenazando o en grave peligro de extinción.

**i)** Cualesquiera otras actividades que se consideren necesarias para el logro de esta ley.

### **Ley de Áreas Protegidas**

**Artículo 1.-** Interés Nacional. La diversidad biológica, es parte integral del patrimonio natural de los guatemaltecos y por lo tanto, se declara de interés nacional su conservación por medio de áreas protegidas debidamente declaradas y administradas.

**Artículo 2.-** Creación del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas. Se crea el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) integrado por todas las áreas protegidas y entidades que la administran cuya organización y características establece esta ley, a fin de lograr los objetivos de la misma en pro de la conservación, rehabilitación, mejoramiento y protección de los recursos naturales del país y la diversidad biológica.

**Artículo 3.-** Educación Ambiental. Se considera factor fundamental para el logro de los objetivos de esta ley, la participación activa de todos los habitantes

del país en esta empresa nacional, para lo cual es indispensable el desarrollo de programas educativos, formales e informales, que tiendan al reconocimiento, conservación y uso apropiado del patrimonio natural de Guatemala.

### **Ley Protectora de la ciudad de La Antigua Guatemala**

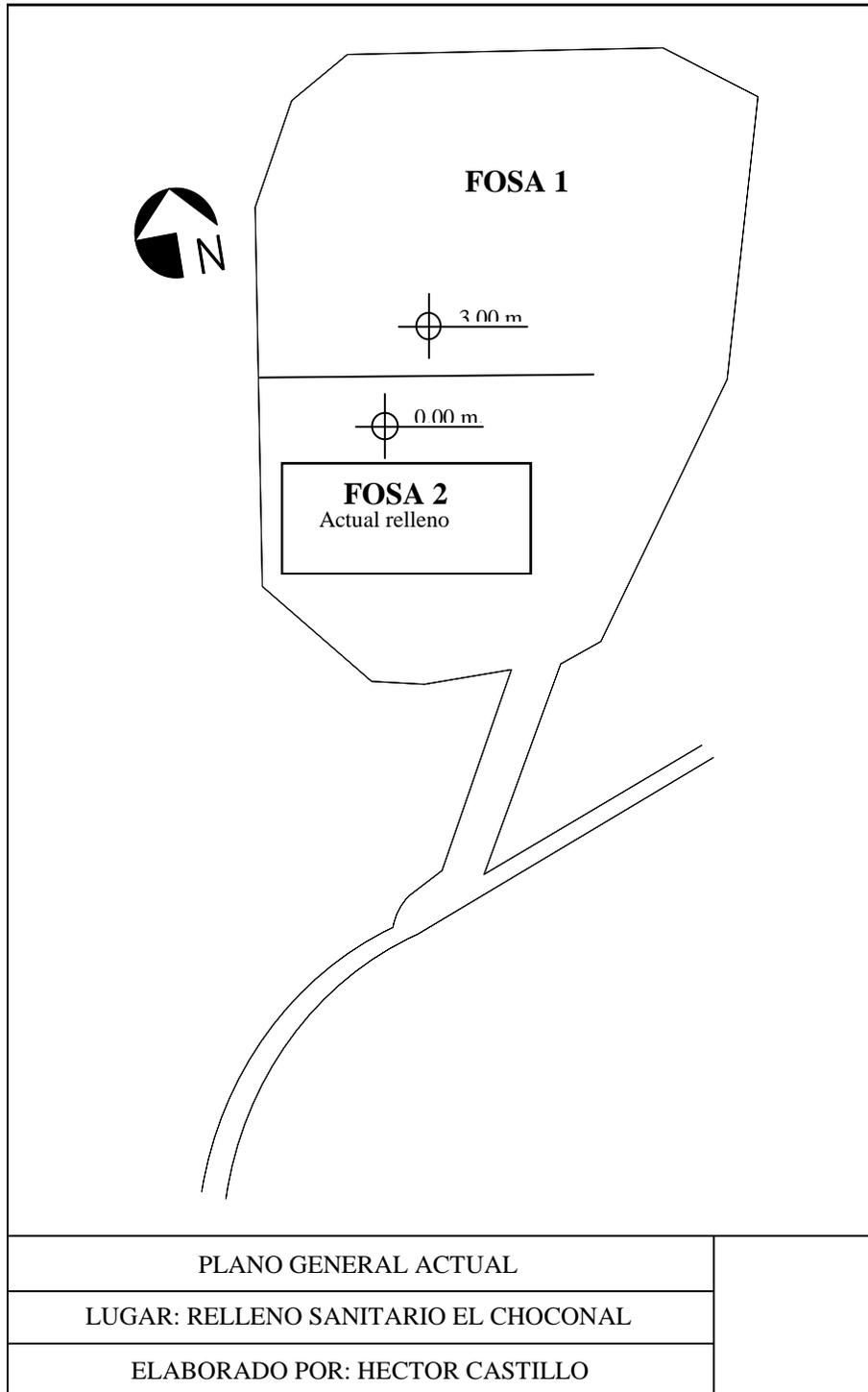
**Artículo 1.-** se declara de utilidad pública y de interés nacional la protección, conservación y restauración de La Antigua Guatemala y áreas circundantes que integran con ella una sola unidad de paisaje, cultura y expresión artística.

**Artículo 2.-** se crea el Consejo Nacional para la Protección de La Antigua Guatemala, como entidad estatal descentralizada, con personalidad jurídica, fondos privativos y patrimonio propio. Su misión fundamental es el cuidado, protección, restauración, y conservación de los bienes muebles e inmuebles, nacionales, municipales o de particulares, situados en aquella ciudad y áreas circundantes.

**Artículo 16.-** no se podrá hacer de los monumentos, ni edificios públicos o de propiedad de particulares en La Antigua Guatemala, uso indebido o indigno de su importancia artística o histórica, ni podrán, por consiguiente, ser aprovechados para fines que perjudiquen o menoscaben sus méritos.

**Artículo 17.-** Las medidas aplicables a la conservación y protección de los inmuebles, lo serán también a las calles y a los terrenos que los circundan, a los edificios y construcciones que en ellos se apoyen o que en cualquier forma dañen, impidan su contemplación o modifiquen el sentido del paisaje que los rodea.

### ANEXO C: Plano actual área del Choconal



## **ANEXO D: Perfil de puestos y funciones**

Puesto: **Administrador – Logística**

Unidad de trabajo: Gerencia

### **I. Requerimientos del puesto de trabajo**

Edad mínima en años: 35

Edad máxima: 50

Nacionalidad preferida: guatemalteco

Sexo preferido: ( ) Hombre ( ) Mujer (X) No relevante

Procedencia geográfica aceptable: Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango

Estado civil aceptable: casado (a)

### **II. Aspectos organizativos**

Disponibilidad: dedicación especial (X) Si

Licencia de conducir: particular C

Vehículo propio: Si

Sueldo aproximado bruto por mes: Q 20 000,00

### **III. Formación**

Inglés técnico, mercadeo, finanzas, licenciatura, MBA, administración

Formación técnica requerida: conocimiento de la aplicación y utilización de sistemas informáticos de alto nivel como BPCS, SAP. BAAN. Muy alta.

Idiomas requeridos: inglés, dominio en conversación técnica y de negocios

### **IV. Experiencia requerida para el puesto de trabajo**

Mínimo 5 años como Gerente General, acostumbrado a trabajar por resultados y reportar a una Junta Directiva, Con experiencia previa en la Administración de plantas de producción, conocimientos en empresas manufactureras.

Puesto: **Ingenieros (Ambiental - Industrial)**

Unidad de trabajo: Gerencia

### **I.- Requerimientos del puesto de trabajo**

Edad mínima en años: 25

Edad máxima: 40

Nacionalidad preferida: guatemalteco

Sexo preferido: (X) No relevante

Procedencia geográfica aceptable: Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango

Estado civil aceptable: soltero o casado

### **II.- Aspectos organizativos**

Disponibilidad: Dedicación especial ( ) No (X) Si

Licencia de conducir: Particular C

Vehículo propio: (X) Si

Sueldo aproximado bruto por mes: Q 10 000,00

### **III. Formación:**

Conocimiento de paquetes de cómputo, inglés técnico, licenciatura, administración.

Formación técnica requerida: Conocimiento de la aplicación y utilización de sistemas informáticos de alto nivel como BPCS, SAP, BAAN.

Idiomas requeridos: inglés, dominio alto para interacción profesional

### **IV.- Experiencia requerida para el puesto de trabajo**

Mínimo 2 años

Con experiencia previa en la Administración de procesos, conocimientos en el área financiera, experiencia en empresas manufactureras

Puesto: **Supervisor y Jefe**

Unidad de trabajo: Planta de tratamiento

### **I.- Requerimientos del puesto de trabajo**

Edad mínima en años: 25

Edad máxima: 40

Nacionalidad preferida: guatemalteco

Sexo preferido: ( ) Hombre ( ) Mujer (X) No relevante

Procedencia geográfica aceptable : Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango

Estado civil aceptable: Soltero o casado

### **II.- Aspectos organizativos**

Licencia de conducir: Particular C

Vehículo propio: (X) No

Sueldo aproximado bruto por mes: Q 5 000,00

### **III. Formación**

Perito contador, computación, bachillerato, inglés técnico.

Formación técnica requerida: sistemas informáticos de alto nivel como BPCS, SAP. BAAN

*Idiomas requeridos:* Inglés, manejo medio, lectura y comprensión general

### **IV.- Experiencia requerida para el puesto de trabajo**

Mínimo 2 años en mandos medios

Puesto: **Contador**

Unidad de trabajo: Oficinas

### **I.- Requerimientos del puesto de trabajo**

Edad mínima en años: 20

Edad máxima: 35

Nacionalidad preferida: guatemalteco

Sexo preferido: ( ) Hombre ( ) Mujer (X) No relevante

Procedencia geográfica aceptable : Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango

Estado civil aceptable: soltero o casado

### **II.- Aspectos organizativos**

Disponibilidad: Dedicación especial ( ) No (X) Si

Licencia de conducir: (X) No requiere

Vehículo propio: ( ) SI (X) No

Sueldo aproximado bruto por mes: Q 4 000,00

### **III. Formación**

Perito contador y computación.

Formación técnica requerida: sistemas informáticos de alto nivel como BPCS, SAP, BAAN.

*Idiomas requeridos:* inglés, manejo elemental.

### **IV.- Experiencia requerida para el puesto de trabajo**

1 año como perito contador

Puesto: **Asistente y recepcionista**

Unidad de trabajo: oficinas

### **I.- Requerimientos del puesto de trabajo**

Edad mínima en años: 18

Edad máxima: 30

Nacionalidad preferida: guatemalteco

Sexo preferido: ( ) Hombre (X) Mujer ( ) No relevante

Procedencia geográfica aceptable : Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango

Estado civil aceptable: Soltera / casada

### **II.- Aspectos organizativos**

Disponibilidad: Dedicación especial ( ) No (X) Si

Licencia de conducir: (X) No requiere

Vehículo propio: (X) No

Sueldo aproximado bruto por mes: Q 2 500,00

### **III. Formación**

Perito contador, computación y bachillerato.

Formación técnica requerida: sistemas informáticos de alto nivel como BPCS, SAP, BAAN.

### **IV.- Experiencia requerida para el puesto de trabajo**

Mínimo 1 año como asistente, apoyando y reportando a jefaturas.

Con experiencia en administración de archivos.

Puesto: **Operador de retroexcavadora**

Unidad de trabajo: Planta de tratamiento

**I.- Requerimientos del puesto de trabajo**

Edad mínima en años: 30

Edad máxima: 50

Nacionalidad preferida: guatemalteco

Sexo preferido: (X) Hombre ( ) Mujer ( ) No relevante

Procedencia geográfica aceptable : Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango

Estado civil aceptable: soltero / casado

**II.- Aspectos organizativos**

Licencia de conducir: Tipo A

Vehículo propio: ( ) SI (X) No

Sueldo aproximado bruto por mes: Q 8 000,00

**III. Formación**

Educación primaria.

Formación técnica requerida: Manejo de retroexcavadora.

**IV.- Experiencia requerida para el puesto de trabajo**

5 años en maquinaria pesada

Puesto: **Operarios, colaboradoras y ayudantes**

**Unidad de trabajo: planta de tratamiento**

**I.- Requerimientos del puesto de trabajo**

Edad mínima en años: 18

Edad máxima: 30

Nacionalidad preferida: guatemalteco

Sexo preferido: ( ) Hombre ( ) Mujer (X) No relevante

Procedencia geográfica aceptable : Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango

Estado civil aceptable: indiferente

**II.- Aspectos organizativos**

Licencia de conducir (X) No requiere

Vehículo propio: ( ) SI (X) No

Sueldo aproximado bruto por mes: Q 2 000,00

**III. Formación**

Educación primaria

**IV.- Experiencia requerida para el puesto de trabajo**

Mínimo 1 año en plantas de producción o granjas.

Puesto: **Guardia de seguridad**

Unidad de trabajo: planta de tratamiento

### **I.- Requerimientos del puesto de trabajo**

Edad mínima en años: 30

Edad máxima: 50

Nacionalidad preferida: guatemalteco

Sexo preferido: (X) Hombre ( ) Mujer ( ) No relevante

Procedencia geográfica aceptable : Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango

Estado civil aceptable: indiferente

### **II.- Aspectos organizativos**

Licencia de conducir: (X) No requiere

Vehículo propio: ( ) SI (X) No

Sueldo aproximado bruto por mes: Q 4 000,00

### **III. Formación**

Educación primaria.

Formación técnica requerida: Servicio militar

### **IV.- Experiencia requerida para el puesto de trabajo**

Mínimo 3 años como agente de seguridad.

