



**Universidad San Carlos de Guatemala**

**Facultad de Ingeniería**

**Escuela de Mecánica Industrial**

**PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y  
DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS, EN LA CABECERA  
MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

**Carlos Haroldo Estrada Marroquín**

Asesorado por el Ingeniero Benedicto Estuardo Martínez Guerra

Guatemala, octubre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y  
DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS, EN LA CABECERA  
MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**CARLOS HAROLDO ESTRADA MARROQUÍN**

ASESORADO POR EL INGENIERO BENEDICTO ESTUARDO MARTINEZ  
GUERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo Gonzalez Trejo
EXAMINADOR	Inga. Martha Guisela Gaitán Garavito
EXAMINADOR	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS, EN LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, en mayo de 2008.

  
**CARLOS HAROLDÓ ESTRADA MARROQUIN**

Guatemala, 13 de Mayo de 2009


Ing. Francisco Gómez  
Director de la Escuela de Mecánica Industrial  
Facultad de ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Estimado Ingeniero:

Deseándole éxito en todas sus actividades, me dirijo a usted con el motivo de darle a conocer que he finalizado el asesoramiento del trabajo de graduación titulado **"PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SOLIDOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA"**, tema que fue propuesto por el estudiante Carlos Haroldo Estrada Marroquin, con carné número: 2004-12593. Por lo anterior autorizo al alumno presentar el trabajo de graduación en la Escuela de Mecánica Industrial, para así dar continuidad a los trámites correspondientes.

Agradeciendo de antemano su atención a la misma,

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Benedicto Estuardo Martínez Guerra  
No. Colegiado 4157

BENEDICTO ESTUARDO MARTINEZ GUERRA  
INGENIERO INDUSTRIAL  
Colegiado No. 4157

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Haroldo Estrada Marroquín**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú  
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial

*Miriam Patricia Rubio Contreras*  
INGENIERA INDUSTRIAL  
C.O.L. 4074

Guatemala, septiembre de 2009.

/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 **PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Haroldo Estrada Marroquín**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.



Ing. José Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR

Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2009.



/mgp



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: **PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN RAYMUNDO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA,** presentado por el estudiante universitario **Carlos Haroldo Estrada Marroquin,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRIMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, octubre de 2009.

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

DIOS	Por el darme la vida, por permitirme llegar hasta donde me encuentro. Por nunca abandonarme y por darme siempre fuerzas para seguir adelante.
MIS PADRES	Carlos Manuel Estrada Dubon y Delmy Elieta Marroquín de Estrada, por todo apoyo y amor.
MIS HERMANOS	Para que les sirva como ejemplo para lograr todas sus metas.
MIS ABUELITOS	Por todo su cariño y enseñanzas.
MI NOVIA	Por su incondicional amor, cariño, comprensión y apoyo.
Y A USTED	Con todo respeto

## **AGRADECIMIENTOS A:**

MI ASESOR: Ing. Benedicto Estuardo Martínez Guerra, por todo su apoyo y colaboración.

MUNICIPALIDAD DE SAN RAYMUNDO: por abrirme las puertas para realizar el presente trabajo de graduación.

LA FACULTAD DE INGENIERÍA

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A TODAS LAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA FORMA PARTICIPARON EN LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO DE GRADUACIÓN

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>XI</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XIII</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>XVII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIX</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XXI</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXIII</b>

### **1. ANTECEDENTES GENERALES**

1.1 Descripción del municipio de San Raymundo	1
1.1.1 Datos generales	2
1.1.2 Ubicación geográfica	4
1.1.3 Descripción demográfica	5
1.1.4 Actividad económica	7
1.1.5 Vías de comunicación	8
1.1.6 Servicios existentes	8
1.2 Desechos sólidos	11
1.2.1 Características generales	11
1.2.2 Clasificación	11
1.2.2.1 Por su composición	11
1.2.2.1.1 Sólido orgánico	12
1.2.2.1.2 Sólido inorgánico	13
1.2.2.1.3 Desechos peligrosos	15
1.2.2.2 Por su origen	22
1.2.2.2.1 Domiciliario	22

1.2.2.2.2 Industrial	22
1.2.2.2.3 Hospitalario	23
1.2.2.2.4 Comercial	23
1.2.2.2.5 De áreas públicas	24
1.2.3 Sus efectos	24
1.2.3.1 En la salud de los habitantes	24
1.2.3.2 Gases de invernadero	26
1.2.3.3 Degradadores de la capa de ozono	27
1.2.3.4 Impacto visual y ornato de la salud	28
1.2.4 Sistemas adecuados del manejo de desechos	28
1.2.4.1 Recolección	28
1.2.4.2 Transporte	29
1.2.4.3 Disposición	29
1.2.4.4 Tratamiento y reciclaje	30

## **2. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS**

2.2 Sistema de recolección actual	33
2.1.1 Lugares de recolección	34
2.1.1.1 Viviendas	34
2.1.1.2 Lugares públicos	34
2.1.1.3 Centros de salud	37
2.1.1.4 Clínicas	38
2.1.1.5 Hospitales privados	39
2.1.1.6 Escuelas	39
2.1.1.7 Colegios	40
2.1.1.8 Comercios	40
2.1.2 Usuarios del sistema	40
2.1.3 Recurso humano laborando en el sistema actual	41
2.1.4 Equipo utilizado	41

2.1.5 Logística actual	42
2.2 Procedimiento de disposición final actual	44
2.2.1 Terreno de disposición final	44
2.3 Problemática actual	45
2.3.1 Empresa recolectora	45
2.3.2 Cuentas morosas	46
2.3.3 Malos hábitos de la disposición final de los desechos	46
2.3.4 Falta de terreno propio para disposición final de los desechos	47
<b>3. DETERMINACIÓN DE PARAMETROS Y DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA</b>	
3.1 Investigación de campo	49
3.1.1 Determinación de la muestra	49
3.1.2 Toma de la muestra	51
3.1.3 Cantidad y composición de los desechos sólidos	64
3.1.4 Determinación de parámetros actuales y proyectados	67
3.1.4.1 Población	67
3.1.4.2 Producción de desechos	70
3.1.5 Determinación de usuarios	72
3.2 Acondicionamiento de los desechos	76
3.2.1 Aspectos generales	76
3.2.2 Almacenamiento preliminar según su origen	77
3.2.2.1 Viviendas	77
3.2.2.2 Lugares públicos	78
3.2.2.3 Centros de salud	78
3.2.2.4 Clínicas	80
3.2.2.5 Hospitales privados	80
3.2.2.6 Escuelas	81

3.2.2.7 Colegios	81
3.2.2.8 Comercios	81
3.3 Recolección y transporte	82
3.3.1 Métodos de recolección	82
3.3.1.1 Punto fijo	82
3.3.1.1.1 Dimensiones de los contenedores	83
3.3.1.2 Acera	85
3.3.1.3 Ingreso operario recolector a la vivienda	86
3.3.1.4 Depósito directo en punto de disposición final	86
3.3.1.5 Personal de limpieza municipal	86
3.3.2 Frecuencia de recolección	87
3.3.3 Horario de recolección	88
3.3.4 Equipo de recolección	89
3.3.5 Cantidad de unidades de transporte	89
3.3.6 Determinación del tamaño de la brigada de recolección	92
3.3.7 Diseño de rutas de recolección	94
3.4 Método propuesto de disposición final	98
3.4.1 Descripción del método propuesto	98
3.4.1.1 Relleno sanitario	98
3.4.1.1.1 Determinación del lugar	104
3.4.1.1.2 Infraestructura necesaria	106
3.4.1.1.2.1 Garita de control	106
3.4.1.1.2.2 Circulación	107
3.4.1.1.2.3 Drenajes	107
3.4.1.1.1.4 Respiraderos	109
3.4.1.1.3 Maquinaria y equipo	111
3.4.1.1.3.1 Retroexcavadora	111
3.4.1.1.3.2 Vibro compactadora	114
3.4.1.1.4 Recurso humano	115

3.5 Propuesta de adopción de normativas de manejo de basuras	115
--	-----

#### **4. IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA**

4.1 Campaña de concientización	119
4.1.1 Volanteo	119
4.1.2 Mantas y carteles	121
4.1.3 Campañas escolares	124
4.2 Costos de implementación	126
4.2.1 Recolección de los desechos	126
4.2.1.1 Camiones recolectores	126
4.2.1.2 Brigada de recolectores	127
4.2.1.3 Personal de limpieza municipal	128
4.2.1.4 Contenedores de basura en puntos fijos	129
4.2.2 Disposición final de los desechos	130
4.2.2.1 Inversión inicial	130
4.2.2.1.1 Terreno	130
4.2.2.1.2 Infraestructura	131
4.2.2.1.3 Maquinaria y equipo	132
4.2.2.2 Operación	135
4.2.2.2.1 Combustibles y lubricantes	135
4.2.2.2.2 Mantenimiento de maquinaria y equipo	136
4.2.2.2.3 Sueldo de operadores	138
4.2.3 Administración	139
4.2.3.1 Departamento de extracción de basura	140
4.2.3.1.1 Jefe de departamento	140
4.2.3.1.2 Supervisor de limpieza	141
4.2.3.1.3 Asistente administrativo	141

<b>5. SEGUIMIENTO DEL SISTEMA</b>	
5.1 Determinación de variables de control	143
5.2 Rangos de variación permisibles	143
5.3 Rangos críticos	144
5.4 Interpretación de resultados	147
<b>CONCLUSIONES</b>	157
<b>RECOMENDACIONES</b>	161
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	163
<b>APÉNDICES</b>	165



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Logística actual para la recolección de los desechos	43
2. Basura orgánica vrs basura inorgánica	58
3. Proyección poblacional a 20 años	61
4. Proyección generación de desechos a 20 años	63
5. Diseño del deposito de basuras en sitios públicos	66
6. Dimensiones del contenedor	73
7. Dispositivo para trasportar el contenedor de basura	74
8. Equipo para el personal de limpieza Municipal	76
9. Camión recolector de desechos	79
10. Recorrido ruta 1	87
11. Recorrido ruta 2	88
12. Terreno 1	97
13. Terreno 2	97
14. Respiraderos de biogás	102
15. Dimensiones de los respiraderos	103
16. Distancia entre respiraderos	103
17. Rodo compactador	108
18. Diseño volante para campaña de concientización	114
19. Diseño manta para campaña de concientización	115
20. Diseño afiche para campaña de concientización	116
21. Historieta para campaña de concientización escolar	119

## TABLAS

I.	Habitantes	5
II.	Cuadro estadístico de la población de Cabecera Municipal	5
III.	Tasa de alfabetismo	6
IV.	Características generales de instalación de habitación particular Cabecera Municipal	8
V.	Clasificación de residuos sólidos según su origen	13
VI.	Datos estadísticos de los principales gases de efecto invernadero	25
VII.	Representación porcentual por características de depósitos para basuras en vías públicas	33
VIII.	Capacidad de recipientes localizados por zona	34
IX.	Resumen prueba piloto	48
X.	Composición desechos sólidos (Parte 1)	57
XI.	Composición desechos sólidos (Parte 2)	58
XII.	Proyección poblacional a 20 años plazo para el casco urbano del Municipio de San Raymundo	60 56
XIII.	Proyección producción desechos sólidos a 20 años	62
XIV.	Usuarios del sistema para 20 años	64
XV.	Frecuencia de recolección	77
XVI.	Horario de recolección	78
XVII.	Proyección volumen de desechos sólidos a 20 años	80
XVIII.	Cantidad de unidades recolectoras por año	82
XIX.	Cantidad miembros brigada de recolección	84
XX.	Alcance ruta 1	87
XXI.	Alcance ruta 2	88

XXII.	Volumen zanja	95
XXIII.	Dimensiones zanja	93
XXIV.	Volumen de desechos sólidos generados anualmente	95
XXV.	Caudal de lixiviado generado al mes para 20 años	101
XXVI.	Tiempo de maquinaria de excavación por año	106
XXVII.	Costo inversión camión recolector	121
XXVIII.	Costo brigada de recolectores	122
XXIX.	Costo personal de limpieza municipal	123
XXX.	Costo contenedor de basura para el mercado municipal	123
XXXI.	Inversión terreno	124
XXXII.	Costo zanjas por año	125
XXXIII.	Costo relleno general	125
XXXIV.	Inversión maquinaria	126
XXXV.	Costo alquiler retroexcavadora	127
XXXVI.	Inversión equipo	128
XXXVII.	Rendimiento combustible por maquinaria	129
XXXVIII.	Mantenimiento retroexcavadora 420E IT	130
XXXIX.	Mantenimiento rodo compactador	131
XL.	Sueldo operadores de relleno sanitario, Alternativa 1	132
XLI.	Sueldo operadores de relleno sanitario, Alternativa 2	133
XLII.	Variables de control	137
XLIII.	Rangos de variación permisibles para la cantidad de unidades recolectoras	138
XLIV.	Rangos de variación permisibles para la brigada de recolección	139
XLV.	Rangos de variación permisibles para las dimensiones de zanja	140
XLVI.	Rangos de variación permisibles para el volumen de los depósitos de lixiviados	142
XLVII.	Puntos crítico para la cantidad de unidades recolectoras	143
XLVIII.	Punto crítico para la cantidad de miembros de la brigada	144

XLVIX.	Puntos críticos para las dimensiones de zanjas	145
L.	Puntos críticos para el volumen de los depósitos de lixiviados	147

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>%</b>	Porcentaje
<b>Q</b>	Quetzales
<b>\$</b>	Dólares
<b>Km</b>	Kilómetro
<b>C</b>	Centígrados
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>CFC</b>	Clorofluorocarbonos
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>NO<sub>2</sub></b>	Oxígeno de nitrógeno
<b>mm</b>	Milímetros
<b>E</b>	Error permisible
<b>NC</b>	Nivel de confianza
$\sigma$	Desviación estándar
<b>R</b>	Tasa de crecimiento
<b>P<sub>x</sub></b>	Población de habitantes
<b>P<sub>I</sub></b>	Población inicial
<b>T<sub>x</sub></b>	Tiempo a pronosticar
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>N<sub>c</sub></b>	Número de camiones
<b>Pr</b>	Producción de basura diaria
<b>N<sub>v</sub></b>	Número de viajes
<b>Ca</b>	Capacidad del camión
<b>C</b>	Desechos generados por día

<b>H</b>	Horas de jornada
<b>N°</b>	Número
<b>Vz</b>	Volumen de zanja
<b>T</b>	Vida útil de la zanja
<b>DSr</b>	Cantidad de residuos recolectados
<b>Mc</b>	Material de cobertura
<b>Drsm</b>	Densidad de los residuos sólidos
$\Sigma$	Sumatoria
<b>Ha</b>	Hectárea
<b>QIm</b>	Caudal de lixiviado
<b>Pm</b>	Precipitación de lluvia máxima
<b>K</b>	Coefficiente de compactación
<b>A</b>	Área superficial del relleno
<b>J</b>	Jornada de trabajo diaria
<b>S.A.</b>	Sociedad Anónima
<b>Hp</b>	Caballos de fuerza
<b>Plg.</b>	Pulgada
<b>L</b>	Litro
<b>Kw</b>	Kilowatts
<b>Kg</b>	Kilogramos
<b>D</b>	Diesel
<b>KN</b>	Kilonewton

## GLOSARIO

- Almacenamiento:** Es la acción de retener temporalmente los desechos, en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección o se dispone de ellos.
- Basura:** Se entiende por basura todo desecho sólido o semisólido, putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano. Se comprenden en la misma definición los desperdicios, desechos, cenizas, elementos del barrido de calles, desechos industriales, de establecimientos hospitalarios, plazas de mercado, ferias populares, escombros, incluyendo aquellos producidos por movimientos de tierra.
- Contaminante:** Es el deterioro, alteración, contagio, desequilibrio y toda otra alteración que afecta negativamente la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales.

<b>Receptáculo:</b>	Recipiente de gran capacidad, metálico o de cualquier otro material apropiado, utilizado para el almacenamiento de desechos sólidos generados en centros de gran concentración, lugares que presentan difícil acceso o bien en aquellas zonas donde por su capacidad es requerido.
<b>Desecho sólido:</b>	Cuerpo de forma y volumen constante, que presenta resistencia a la separación y que no sirve.
<b>Biogas:</b>	Gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos cuando la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno, actúa este tipo de bacterias, generando biogás.
<b>Desechos sólidos infecciosos:</b>	Objetos y materiales descartados, provenientes de la actividad realizada en el tratamiento preventivo, curativo e investigación de enfermedades y que por su característica física y química son un riesgo para la salud humana.



<b>Disposición final:</b>	Es la acción de depósito permanente de los desechos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños al ambiente.
<b>Lixiviado:</b>	Líquido contaminante que resulta de la percolación a través de, o drenado de un estrato de desecho sólido y que contiene materiales miscibles solubles, parcialmente solubles, suspendidos o componentes removidos de tal desecho.
<b>Organigrama:</b>	Gráfica de la organización de una empresa que representa los diversos elementos de un grupo y sus respectivas relaciones.
<b>Relleno sanitario:</b>	Método de disposición final de desechos sólidos en el suelo, consiste en esparcirlos, compactarlos al volumen más pequeño, cubrirlos diariamente con tierra u otro material de relleno, sobre una base previamente acondicionada e impermeabilizada, con drenajes para control de líquidos lixiviales y tubería para el control de gases.

**Compostaje:**

Proceso por el cual se obtiene la composta y consiste en molido y fermentación aerobia y anarobia de materiales orgánicos.

## JUSTIFICACIÓN

Del cien por ciento de los desechos que se generan en la Cabecera Municipal de San Raymundo solo se confina de forma adecuada un 27%; situación que ha requerido urgentemente la búsqueda de soluciones viables y de bajo costo que permitan incrementar el porcentaje de desechos que cuenten con una disposición final responsable y sustentable.

El presente trabajo de graduación presenta una solución al caso particular de San Raymundo, sin embargo, de ser necesario, también puede aplicarse en otras comunidades o poblaciones que presenten situación similar ó en su defecto, al realizarle las enmiendas correspondientes de cada caso en particular, permitiría dar solución a sus propias necesidades.

Según datos facilitados por el Centro de Salud de San Raymundo, anualmente se tratan alrededor de 3600 casos de enfermedades bacterianas y endémicas que se atribuyen principalmente a la contaminación de los alimentos y el agua por la mala disposición de la basura, entendiéndose que se originan principalmente por el contacto de los alimentos con moscas, roedores, etc., que viven de los desechos del ser humano.

Por lo anterior y consciente de la necesidad de coadyuvar con el desarrollo integral del municipio, se presenta esta opción como una solución a las necesidades de disposición racional de la basura, persiguiendo disminuir de esta manera el índice de enfermedades relacionadas y mejorar el ornato de la comunidad.



## RESUMEN

El problema de la basura en el Municipio de San Raymundo ha sido uno de los mayores problemas, que ha venido atravesando la población por muchos años; razón por la cual el presente trabajo de graduación integra conocimientos de ingeniería sobre investigaciones realizadas respecto al manejo de los desechos sólidos en el casco urbano del Municipio y propone un sistema de manejo integral para los mismos.

Debido a que no existe una solución universal que se aplique a problemas de desechos sólidos urbanos, se presentan soluciones particulares que dependerán de las características de los desechos sólidos (tipo, cantidades y propiedades).

La propuesta esta enfocada a el sistema completo de gestión de desechos sólidos, el cual da inicio con la generación de los mismos, pudiendo ser estos de carácter domiciliar, comercial y hospitalario. Esta característica dará la pauta para la selección del sistema de recolección adecuado, el cual debe ser cuidadosamente elegido, debido a la peligrosidad que muchos de estos representan para la salud del ser humano; sistema para el cual se detallan horarios, frecuencias, cantidad de equipo humano y tecnológico necesarios que contribuirán al eficiente desarrollo del mismo. Para la etapa de disposición final, se propone la construcción de un relleno sanitario, el cual con ayuda de herramientas, maquinaria y tecnología de construcción reduce considerablemente el impacto que los desechos pudieran ocasionar a la salud de los habitantes y al medio también en general.

Además, se presenta una sección de implementación del sistema, la cual esta formada por una campaña de concientización para la población, por medio de la cual se busca mostrar las ventajas y desventajas del manejo de los desechos para la salud y el medio ambiente. La otra parte, esta formada por la sección de costos, en donde se presenta a la Municipalidad el valor aproximado del proyecto en su totalidad.

Por último se presenta la sección de seguimiento, por medio de la cual el proyecto podrá ser controlado durante los veinte años de vida útil que el presente trabajo de graduación propone.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer una mejora al sistema de recolección y disposición final de desechos sólidos en la Cabecera Municipal de San Raymundo, Departamento de Guatemala.

### **Específicos:**

1. Adoptar, adaptar y desarrollar tecnologías adecuadas para la gestión y disposición final de los desechos sólidos en el municipio.
2. Cambiar los hábitos de la población de San Raymundo en cuanto a la producción, manejo y disposición final de los desechos sólidos.
3. Hacer funcional en el municipio normativas y estándares que regulen el manejo de los desechos sólidos en el municipio.
4. Exponer a las autoridades municipales de San Raymundo, los beneficios que conlleva la puesta en operación de prácticas adecuadas de manejo responsable y eficiente de los desechos sólidos.
5. Dotar a las Autoridades Municipales de las herramientas que permitan disminuir la resistencia de la población al cambio de hábitos de disposición de la basura.

6. Mostrar a las autoridades y a la comunidad en general los beneficios y bondades que conlleva un plan de reciclaje de basura.
7. Consolidar un sistema de evaluación y control del proyecto.



## INTRODUCCIÓN

Siendo la basura un producto de la generalidad de las actividades humanas, aunado al alto índice de crecimiento poblacional, pareciera imposible creer que la mayoría de los municipios del país, no cuente aún, con un programa de recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos; limitándose, en el mejor de los casos, a recolectarla y trasladarla a un tiradero, obteniéndose como resultado de este proceder, deterioro de la salud de sus habitantes y detrimento del ornato de la comunidad, entre otros.

Con el presente trabajo de graduación, se pretende dar solución al caso particular de la recolección y disposición de los desechos sólidos de los habitantes de la Cabecera Municipal de San Raymundo en el Departamento de Guatemala.

Cabe indicar que previo a la puesta en operación del presente trabajo, es importante que las autoridades del Municipio, realicen una campaña de concientización con sus habitantes, enfatizando los beneficios que su puesta en marcha conllevaría.

El presente trabajo de graduación está dividido en 5 capítulos: En el capítulo uno; se encuentran las definiciones y los principios asociados al proceso de recolección y disposición de desechos sólidos, además de una breve descripción del municipio de San Raymundo; el capítulo dos; contiene la descripción de la metodología actual que el municipio utiliza para la recolección y disposición final de sus desechos. Capítulo tres; plantea a las Autoridades Municipales un sistema mejorado para la recolección y disposición final de los residuos sólidos. Capítulo cuatro; propone un programa de actividades que contribuirán a la disminución de la resistencia al cambio de hábitos y/o

costumbres de disposición de desechos sólidos de la población. En el capítulo cinco; se plantea la propuesta de seguimiento y control del sistema.

Finalmente, se plantean las conclusiones que se consideran pertinentes, así como las referencias de bibliografía y anexos.

# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1 Descripción general del Municipio de San Raymundo<sup>1</sup>

San Raymundo las Casillas, es un sitio de estancia que en el año 1636, compró la indígena Baltasar Pérez Toyac al capitán Pedro de Aguilar.

Conforme al libro de actas los integrantes de la primera Municipalidad Ladina, tomaron posición de sus cargos el 12 de julio de 1880, siendo el Alcalde Primero don Manuel Martínez y Alcalde Segundo don Florencio Peláez.

Se venera al patrono de San Raymundo de Peñafort y, existe la leyenda que la imagen estaba en el barranco Siguanma, cercano al Caserío La Comunidad. Se llevaba la imagen a su iglesia y se constató que desaparecía del templo y retornaba a la gruta, por lo que le cercenaron la cabeza sustituyéndola por otra.

En la residencia de una familia de la Cabecera se ha venerado un rostro a San Raymundo, que se supone que sea la cabeza original, que los domingos se llevaba a una esquina de la entrada del pueblo, con el fin de recaudar fondos para la feria titular.

---

<sup>1</sup> Documento de Información General, Departamento de Planificación de la Municipalidad de San Raymundo.

### 1.1.1 Datos generales

**Nombre geográfico:** San Raymundo de las Casillas

**Región:** Urbano y Rural

**Extensión territorial:** 114 km<sup>2</sup>.

**Altura:** 1,570 mts sobre el nivel del mar

**Clima:** Templado

**Topografía del terreno:** Plana en el área urbana y semi-quebrada en el área rural y barranco.

**Feria patronal:** El 23 de enero, en honor a San Raymundo de Peñafort.

**Flora:** Pino, Ciprés, Encino, Cedro y gran variedad de flores silvestres.

**Fauna:** Venados, conejos, tacuacines, armadillos, comadrejas, coyotes, ardillas, pisotes y variedad de aves.

### Aldeas y caseríos

1. Aldea la Ciénaga, localizada a 3 kilómetros del Municipio.

- Caserío Labor Vieja.
- Caserío Los García.
- Lotificación Forest Hill.

2. Aldea Concepción El Cipres, localizada a 3 kilómetros del Municipio.

- Caserío Sector 1.
- Caserío Arena 2.

3. Aldea Llano de la Virgen, localizada a 3 kilómetros del Municipio.

- Caserío El Cerro.

4. Aldea Vuelta Grande, localizada a 13 kilómetros del Municipio.
  - Caserío La Barranca.
  
5. Aldea Pamocá, localizada a 4 kilómetros del Municipio.
  - Caserío Los Séquence.
  - Caserío Los Ortiz.
  - Caserío Las Escobas.
  - Caserío Los Cortavez.
  - Caserío Los Avendaño.
  - Caserío Los Coc.
  
6. Aldea El Ciprés, localizada a 5 kilómetros del Municipio.
  - Caserío Las Parcelas.
  - Caserío Cerro Granadilla.
  
7. Aldea El Carrizal, localizada a 8 kilómetros del Municipio.
  - Caserío San Martineros.
  - Caserío Las Joyas.
  - Caserío Joloncot.
  - Caserío El Limon.
  - Caserío El Oratorio.
  - Caserío San Rafael.
  - Caserío Las Cruces.
  
8. Aldea Estancia de la Virgen, localizada a 22 kilómetros del Municipio.
  - Caserío Los Velásquez.
  - Caserío La Cumbre.

9. Aldea El Zarzal, localizada a 30 kilómetros del Municipio.

- Caserío El Zarzalito.
- Caserío El Tamarindo.
- Caserío El Tablon.

### **1.1.2 Ubicación geográfica**

La cabecera municipal de San Raymundo se encuentra a 43 kilómetros al Nor-Oeste de la Ciudad Capital de Guatemala.

#### **Colindancias**

##### **Al Norte:**

Colinda con los Municipios El Chol y Granados del Departamento de Baja Verapaz.

##### **Al Este:**

Colinda con los Municipios de Chuarrancho y Chinautla del Departamento de Guatemala.

##### **Al Sur:**

Colinda con el Municipio de San Pedro Sacatepéquez del Departamento de Guatemala.

## **Al Oeste:**

Colinda con el Municipio de San Juan Sacatepéquez del Departamento de Guatemala.

### **1.1.3 Descripción demográfica**

#### **Raza**

El 90% es indígena y el 10% ladina.

#### **Habitantes**

**Tabla I. Habitantes**

Hombres	10,992
Mujeres	11,123
<b>Total de habitantes</b>	<b>25,690</b>

Fuente: Documento de información general, Departamento de Planificación de la Municipalidad de San Raymundo.

## Habitantes según grupo étnico

**Tabla II. Cuadro estadístico de la población de la Cabecera Municipal**

Rangos	Grupo étnico para el año 2007			
	Hombres Indígenas	Mujeres Indígenas	Hombres no Indígenas	Mujeres no Indígenas
0-14 años	989	1,055	556	593
15-64 años	1,285	1,372	723	772
65 o más	119	125	67	71
<b>TOTALES</b>	<b>2,393</b>	<b>2,553</b>	<b>1,346</b>	<b>1,436</b>

Fuente: Documento de información general, Departamento de Planificación de la Municipalidad de San Raymundo.

### Idioma

Español y Cakchiquel.

### Religión

La religión predominante es la católica, existiendo además, otras religiones como son la evangélica, mormona, entre otras.



## Alfabetismo

**Tabla III. Tasa de alfabetismo**

Lugar	Tasa de Alfabetismo	
	Alfabetos	Analfabetos
Cabecera Municipal	4,234	1,205
<b>Totales</b>	<b>4,234</b>	<b>1,205</b>

Fuente: Documento de información general, Departamento de Planificación de la Municipalidad de San Raymundo.

### 1.1.4 Actividad económica

#### **Cultivos:**

Maíz, frijol en gran escala; frutas: naranja, jocote, mango; caña de azúcar, tomate.

#### **Industria:**

Fabricación de juegos pirotécnicos, jarcia, ladrillos, jabón, telas indígenas y granjas avícolas.

**Artesanía:**

Elaboración de ollas y cómales de barro.

**Alfarería:**

Elaboración de floreros y plaquetas de cerámica.

**Fibras textiles:**

Trajes típicos, servilletas y manteles bordados a mano y máquina.

**1.1.5 Vías de comunicación**

Se comunica al norte con San Juan Sacatepéquez, aproximadamente a 11 Km sobre ruta asfaltada, pasando por La Sotea. Al sur con Ciudad Quetzal a 9 km. Al norte con Chinautla, aproximadamente a 30 Km sobre ruta de terracería pasando por El Carrizal y San Martineros.

**1.1.6 Servicios existentes****Educación:**

El sistema de educación en el casco urbano del Municipio, está formado por los siguientes establecimientos:

### **Educación pública:**

- Escuela de Párvulos.
- Escuela de Educación Primaria.
- Instituto de Educación Básica.
- Escuela de Comercio Adscrita.

### **Educación privada:**

- Ocho colegios de educación primaria y secundaria.

**Tabla IV. Características generales de instalación de habitación particular  
Cabecera Municipal**

LUGAR	INSTALACIÓN				TOTAL VIVIENDAS
	AGUA	DRENAJE	ELÉCTRICA	HOGARES SIN NINGUN SERVICIO	
Cabecera Municipal	1251	1115	1316	229	1545
<b>TOTALES</b>	<b>1251</b>	<b>1115</b>	<b>1316</b>	<b>229</b>	<b>1545</b>

Fuente: Documento de información general, Departamento de Planificación de la Municipalidad de San Raymundo.

### **Energía eléctrica:**

El ochenta y ciento por ciento de la comunidad cuenta con servicio de energía eléctrica, la cual es suministrada por la Empresa Eléctrica de Guatemala.

**Agua otable:**

El ochenta por ciento de las viviendas en el casco urbano del Municipio cuentan con el servicio de agua potable para su aseo personal y consumo diario, sin embargo, existen proyectos municipales de ampliación de la red existente, con el propósito de dotar de agua al cien por ciento del área urbana.

**Drenajes:**

Actualmente el setenta y dos por ciento de la población en el casco urbano del Municipio cuenta con drenajes en sus lugares de habitación, el veintiocho por ciento restante, localizado en la periferia de la ciudad utiliza fosa séptica.

**Carreteras:**

Las carreteras con las que actualmente cuentan son asfaltadas y sus calles principales son de pavimento concreto.

**Teléfono:**

Actualmente se cuenta con telefonía residencial en la mayoría de las viviendas, así también se cuenta con telefonía Ladatel y servicio de celular que brindan las diferentes empresas de telefonía del país.

## **1.2 Desechos sólidos**

Los desechos sólidos son todos los desechos que proceden de actividades humanas y de animales que son normalmente sólidos y que se desechan como inútiles o indeseados. El término incluye todo, y abarca las masas heterogéneas de desechos de comunidades urbanas, lo mismo que acumulaciones más homogéneas de desechos agrícolas, industriales y minerales. En un ambiente urbano, la acumulación de desechos sólidos es una consecuencia directa de la vida.

### **1.2.1 Características generales**

Los desechos sólidos son de procedencia y naturaleza variable, por lo que la determinación de sus características y las cantidades generadas, permite establecer su grado de peligrosidad para el manejo, el volumen a evacuar, así como establecer la periodicidad de recolección, transporte y la alternativa de métodos de tratamiento sanitariamente seguros.

#### **1.2.2.1 Por su composición**

Los desechos sólidos se clasifican según su composición de la siguiente manera:

### **1.2.2.1.1 Sólido orgánico**

Compuesto por desperdicios de comida, animales, frutas, plantas y otros. Son considerados materiales biodegradables, los cuales con el pasar del tiempo; por humedad, calor, hongos y las bacterias, se descomponen y se transforman en humus.

Mediante un proceso sencillo, pueden convertirse en fertilizantes muy efectivos en campos agrícolas al combinarla con algunas bacterias, con un costo mínimo en el mercado, comparado con otros productos convencionales que cada vez demandan mayor aplicación para cumplir su cometido.

Desechos como rastrojos, pajas, malezas, bagazo de caña, agave tequilero, pulpa de café, estiércol de bovinos, gallináceos, caprinos y hasta basura orgánica urbana son útiles para transformarse en humus, que además de dar mayor fertilidad, es un enemigo natural de plagas y enfermedades.

El humus no es más que el resultado de una mezcla bien hecha de todos los residuos antes mencionados y que tiene la característica de ser un producto "noble" que recupera los suelos agrícolas que ya están agotados, es decir, con baja materia orgánica y vida biológica.

Esto es conocido como proceso de humificación, cuyo resultado es abono orgánico biológico no contaminante, no tóxico y que, por el contrario, mejora y logra aumentar la producción en suelos agrícolas. Además de que las tierras pobres dañan el medio ambiente por su bajo contenido de materia orgánica y vida biológica, también repercuten de manera negativa en la producción agrícola y, por consecuencia, en la economía de los trabajadores del campo.

### **1.2.2.1.2 Sólido inorgánico**

Está constituido por materiales no biodegradables que requieren un proceso tecnológico para ser transformados, como el vidrio, plástico, metales, pañales, toallas desechables y muchos otros.

Se pueden distinguir seis grupos de basura inorgánica producida en el hogar:

- Papel, cartón, envases de leche, papel periódico.
- Metal y latas.
- Bolsas de tela plástica.
- Botellas y vidrio.
- Envases y botellas de plástico.
- Ropa vieja y trapos.

Al tirarse todo de manera desordenada, mezclándolo además, con desperdicios orgánicos, la basura se vuelve sucia, mal oliente y peligrosa para la salud. Su destino son los tiraderos, en donde los desechos inorgánicos pueden quedar enterrados sin descomponerse durante cientos de años. En algunos tiraderos, los productos inorgánicos son separados y clasificados para llevarse a las recicladoras industriales.

El mayor problema, que genera el otro tipo de basura que producimos y que se conforma principalmente de:

**Tabla V. Clasificación de los residuos sólidos según su origen**

Residuos domiciliarios (Casas particulares)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos orgánicos biodegradables.</li> <li>• Materiales recuperables como vidrio, papel, cartón y metal.</li> <li>• Residuos especiales (con contenido de sustancias peligrosas), por ejemplo: pilas, envases de spray, químicos de hogar, etc.</li> <li>• Residuos domiciliarios de tipo comercial</li> <li>• Materiales voluminosos (muebles, chatarra, escombros, etc.)</li> </ul>
Residuos comunales (Aseo público)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polvo de calle, barreduras, etc.</li> <li>• Desechos vegetales provenientes de áreas verdes públicas (poda de árboles)</li> </ul>
Residuos Comerciales: Restaurantes, tiendas, supermercados, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos comerciales tipo domiciliario (papel, cartón, metal, o residuos orgánicos biodegradables).</li> <li>• Escombros.</li> </ul>
Residuos sólidos Industriales (RIS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RIS asimilables a los RS domiciliarios.</li> <li>• RIS especiales o peligrosos.</li> </ul>
Residuos de hospitales y clínicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos hospitalarios tipo domiciliario.</li> <li>• Residuos hospitalarios infecciosos.</li> </ul>

Fuente: Manual Manejo de Desechos Sólidos, **Consortio Santa Marta**, Santiago Chile.



### **1.2.2.1.3 Desechos peligrosos <sup>2</sup>**

Los desechos o residuos peligrosos son aquéllos que por sus características tóxicas, corrosivas, reactivas, infecciosas o inflamables, significan un riesgo potencial a la salud o al medio ambiente, cuando su manejo se hace de manera inadecuada e ilícita.

Los desechos peligrosos son cada vez un problema más serio para todas las naciones. Estos desechos pueden provenir de las industrias, de los hospitales (alrededor de 600 toneladas diarias para la región de América Latina)<sup>3</sup> los productos químicos alimentos y medicamentos caducos, los desechos de establecimientos (baterías, aceite quemado, lodo, escombros) y muchos otros sitios donde se llevan a cabo procesos químicos que producen desechos riesgosos.

La disposición segura de estos desechos es un proceso complejo, difícil, caro y riesgoso. Algunas compañías ofrecen sus servicios calificados y ponen a buen resguardo estos productos, sin embargo, ni siquiera se tiene una idea clara de cuántos desechos son dejados al aire libre sin que nadie sospeche siquiera, lo que representan a la salud. La situación se agrava cuando consideramos la importación y el contrabando que pueden introducir a nuestros países, bienes que son una amenaza potencial.

---

<sup>2</sup> George Tchobanoglous, Hilary Theissen, Rolf Eliassen. Desechos Sólidos, Principios de Ingeniería y Administración.(Merida – Venezuela, 1996) p. 515-522

<sup>3</sup> Manual Manejo de Desechos Sólidos. Consorcio Santa Marta, Santiago, Chile.

## **Clasificación de los materiales peligrosos**

- **Explosivos**

Comprende de sustancias explosivas, artículos explosivos y sustancias que producen efecto explosivo pirotécnico. Se subdivide en seis subclases:

a) Materiales y artículos que presentan riesgo de explosión de toda la masa (como la nitroglicerina y la dinamita).

b) Materiales y artículos que presentan riesgo de proyección, pero no de explosión de toda la masa.

c) Materiales y artículos que presentan riesgo de incendio y de que se produzcan pequeños efectos de onda de choque o proyección, pero no un riesgo de explosión de toda la masa.

d) Materiales y artículos que no presentan riesgos notables. Generalmente se limita a daños en el embalaje.

e) Materiales muy poco sensibles que presentan riesgo de explosión de toda la masa, pero que la posibilidad de explosión es remota.

- **Gases**

Se refiere a cualquier tipo de gas comprimido, licuado o disuelto bajo presión. Se distinguen en tres subclases:

a) Gases inflamables. Incluyen generalmente a hidrocarburos procedentes de la destilación del petróleo o de fuentes de gas natural (propano, hidrógeno).

b) Gases no inflamables, no venenosos y no corrosivos. Son gases que no se queman con facilidad, y la combustión puede llevarse a cabo solo en condiciones extremas (nitrógeno, helio).

c) Gases venenosos. Conformado por mezclas estables de gases, pero capaces de reaccionar con los compuestos orgánicos de las células produciendo la muerte (Cloro, Fosgeno).

- **Líquidos inflamables**

Son líquidos, mezclas de líquidos o líquidos conteniendo sólidos en solución o suspensión, que liberan vapores inflamables a temperaturas relativamente bajas. Estas se clasifican de acuerdo al punto de Inflamabilidad, según la temperatura más baja a la que el líquido desprende vapores en cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable en las proximidades de su superficie (Gasolina).

a) Punto de inflamabilidad bajo (inferior a  $-18^{\circ}$  C).

b) Punto de inflamabilidad medio (igual o superior a  $-18^{\circ}$  C e inferior a  $23^{\circ}$  C).

c) Punto de inflamabilidad alto (igual o superior a  $23^{\circ}$  C e inferior a  $61^{\circ}$  C) En esta clase también se incluyen igualmente las materias sólidas en estado fundido cuyo punto de inflamación es superior a  $61^{\circ}$  C y que sean entregadas al transporte o transportadas en caliente a una temperatura igual o superior a su punto de inflamación.

También se incluyen las materias líquidas explosivas desensibilizadas (materias líquidas explosivas preparadas en solución o en suspensión en agua o en otros líquidos de modo que formen una mezcla líquida homogénea exenta de propiedades explosivas).

- **Sólidos inflamables**

Son las sustancias que se encienden con facilidad, y que en consecuencia representan un peligro de incendio bajo las condiciones industriales normales.

a) Sólidos inflamables. Son sólidos que en condiciones normales de transporte son inflamables y pueden favorecer incendios por fricción (magnesio, Fósforo rojo).

b) Sustancias que pueden presentar combustión espontánea. Son espontáneamente inflamables en condiciones normales de transporte o al entrar en contacto con el aire (Fósforo blanco).

c) Sustancia que en contacto con el agua despide gases inflamables o tóxicos (sodio, potasio). Sustancias venenosas. Son sólidos o líquidos que pueden causar efectos graves y perjudiciales para la salud del ser humano si se inhalan sus vapores o entran en contacto con la piel (cianuro de potasio, cloruro de mercurio).

- **Sustancias infecciosas**

Son materiales que contienen microorganismos patógenos viables o toxinas de los que se sabe o se sospecha pudieran originar enfermedades en humanos y en animales (ántrax, VIH).

- **Sustancias corrosivas**

Son sustancias ácidas o básicas que causan lesiones visibles en la piel y otros tejidos vivos o corroen los metales. Algunas de estas sustancias son volátiles y desprenden vapores irritantes; pueden desprender gases tóxicos cuando se descomponen (hidróxido de sodio, ácido sulfúrico).

Muchos negocios generan desperdicios que se consideran peligrosos o dañinos a la salud humana o al medio ambiente porque son inflamables, corrosivos, reactivos o tóxicos.

Los trabajadores que generan o manejan desperdicios peligrosos requieren capacitación sobre sus peligros y sobre el manejo seguro y apropiado de estos materiales. Esta capacitación debe cubrir los procedimientos para recolección, rotulado y almacenaje de los desperdicios peligrosos antes de que se transporten a su sitio de desecho o tratamiento final. Además, los trabajadores deben capacitarse en procedimientos de emergencia y respuesta a derrames accidentales de los materiales con los que trabajan.

Los materiales peligrosos nunca se deben desechar tirándolos por un sumidero ni en recipientes de basura comunes. Se deben poner en recipientes compatibles apropiados que se puedan sellar herméticamente. Los recipientes compatibles aseguran que los desperdicios no reaccionen con los recipientes ni los corroan. Los recipientes no se deben llenar por completo, sino que se debe dejar un espacio arriba para la expansión de los desperdicios. Los recipientes sellados se deben rotular con el nombre y la clase de sustancia peligrosa que contienen y la fecha en que se generaron.

Los recipientes de desperdicios se deben almacenar de forma segura y protegerse contra ambientes extremos. Debe segregarse y almacenarse en clases de sustancias peligrosas compatibles (inflamables, corrosivas, oxidantes, etc.) para evitar reacciones peligrosas si los desperdicios llegan a entrar en contacto. Los recipientes deben permanecer cerrados durante su almacenaje, excepto cuando sea necesario añadir o extraer desperdicios. Con el manejo y almacenaje apropiado de los recipientes de desperdicios se pueden evitar roturas, vuelcos y otras fallas en los recipientes. No se deben apilar ni manejar de manera que pueda ocasionarse su falla. Los recipientes de algunas sustancias inflamables pueden requerir conectarse a tierra y los recipientes deben estar sujetos contra sismos, si es posible, para prevenir derrames si fuera el caso.

Los límites de tiempo para el almacenaje de desperdicios varían según el sitio o el material; los trabajadores deben familiarizarse con los requerimientos para su sitio de trabajo y sus desperdicios. Las áreas de almacenaje para desperdicios peligrosos deben inspeccionarse al menos cada semana. Una contención secundaria puede prevenir derrames, pero si ocurre una fuga o derrame, los trabajadores deben seguir los procedimientos de respuesta de emergencia de su sitio de trabajo.

La documentación correcta de los desperdicios es importante para poder hacer seguimiento y mantener la responsabilidad de los desperdicios peligrosos antes de su transporte.

Una capacitación y conocimientos apropiados pueden ayudar a los trabajadores a asegurar que los desperdicios peligrosos se manejen de forma segura y apropiada desde su creación hasta su desecho final. Entre los desechos considerados muy peligrosos se tienen:

### **Pilas y baterías**

El funcionamiento de las pilas se basa en un conjunto de reacciones químicas que proporcionan una cierta cantidad de electricidad, que si bien es pequeña, permite el funcionamiento de pequeños motores o dispositivos electrónicos. Esta ventaja favorable de la autonomía se contrapone a los efectos negativos de los compuestos químicos empleados en la reacción donde se produce la electricidad, ya que en su mayoría son metales pesados que liberados al medio ambiente producen serios problemas de contaminación. ¿Cómo se produce la contaminación en las pilas y las baterías? La magnitud de la contaminación de pilas son las causantes del 93% del Mercurio en la basura doméstica, así como del 47% del Zinc, del 48% del Cadmio, del 22% del Níquel, etc.

Las pilas sufren la corrosión de sus carcasas afectadas internamente por sus componentes y externamente por la acción climática y por el proceso de fermentación de la basura, especialmente la materia orgánica, que al elevar su temperatura hasta los 70° C, actúa como un reactor de la contaminación.

Cuando se produce el derrame de los electrolitos internos de las pilas, arrastra los metales pesados. Estos metales fluyen por el suelo contaminando toda forma de vida (asimilación vegetal y animal).

### **1.2.2.2 Por su origen <sup>4</sup>**

#### **1.2.2.2.1 Domiciliaria**

Basura proveniente de los hogares y/o comunidades, la cual varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población. Los sectores de más altos ingresos generan mayores volúmenes per cápita de los residuos y estos residuos tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población.

#### **1.2.2.2.2 Industrial**

La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso. Los ácidos, químicos, gases y el humo emanado por la industria contribuyen con la contaminación del ambiente, poniendo en peligro no sólo la vida de los seres humanos, sino de todos los seres vivos.

---

<sup>4</sup> Ing. Cesar Arévalo. **Manual Características de los Desechos Sólidos aceptados en el Relleno Sanitario Pichacay.** Ecuador, Noviembre 2004.



### **1.2.2.3 Hospitalarios**

Actualmente el manejo de los residuos hospitalarios no es el más apropiado, al no existir un reglamento claro al respecto. El manejo de estos residuos es realizado a nivel de generador y no bajo un sistema descentralizado. A nivel de hospital los residuos son generalmente esterilizados.

La composición de los residuos hospitalarios varia desde el residuo tipo residencial y comercial a residuos de tipo medico conteniendo substancias peligrosas.

Se entiende por residuo médico aquel que está compuesto por residuos generados como resultado de:

- Tratamiento, diagnostico o inmunización de humanos o animales.
- Investigación conducente a la producción o prueba de preparaciones medicas hechas de organismos vivos y sus productos.

### **1.2.2.4 Comercial**

Son aquellos que se generan a nivel comercial, es decir, en cantidad media, como los restos de papel, boletas o facturas que se desechan en las tiendas comerciales, los plásticos que arrojan las tiendas comerciales a partir de la no utilización de sus bolsas.

#### **1.2.2.2.5 De áreas públicas**

El problema se produce en los sitios públicos, donde se generan grandes cantidades de desechos de envoltorios de comida rápida, cada vez más solicitadas por los ciudadanos.

En San Raymundo, al medio día son los estudiantes y los empleados los que más consumen este tipo de alimentos y los restos de basura resultan tirados por las calles del Municipio.

### **1.2.3 Sus efectos<sup>5</sup>**

#### **1.2.3.1 En la salud de los habitantes**

Los contaminantes generados durante la quema de basura tienen consecuencias sobre la salud humana y en general efectos sobre los seres vivos y los ecosistemas.

Los contaminantes del aire, tanto gaseoso como articulado, pueden tener efectos negativos sobre los pulmones. Las partículas sólidas se pueden impregnar en las paredes de la tráquea, bronquios y bronquiolos. La mayoría de estas partículas se eliminan mediante la acción de limpieza de los cilios de los pulmones. Sin embargo, las partículas sumamente pequeñas pueden alcanzar los alvéolos pulmonares, donde a menudo toma semanas, meses o incluso años para que el cuerpo las elimine.

---

<sup>5</sup> Manual de evaluación de impacto ambiental, CONAMA, Chile1994.

Los contaminantes gaseosos del aire también pueden afectar la función de los pulmones mediante la reducción de la acción de los cilios. La respiración continua de aire contaminado disminuye la función de limpieza normal de los pulmones.

Las basuras atraen ratas, insectos, moscas y otros animales que transmiten enfermedades; contaminan el aire al desprender químicos tóxicos (Bióxido de carbono y otros), polvos y olores de la basura durante su putrefacción. Además, los vertederos de basura cuando llueve, contribuyen a contaminar las aguas superficiales y subterráneas.

La mayoría de los tiraderos de basura se ubican en terrenos grandes y planos, carentes de vegetación. En tiempos de sequía, los vientos levantan una gran cantidad de polvo contaminando el agua de ríos, lagos, pozos, alimentos, poblaciones cercanas, etc., debido a que estas partículas de polvo permanecen suspendidas en el aire.

Entre la basura depositada en los tiraderos generalmente hay heces fecales de seres humanos y animales. Estos excrementos contienen microorganismos, que los vientos arrastran y depositan en el agua y alimentos expuestos al aire libre y en general sobre las poblaciones cercanas.

La basura es causa de muchas enfermedades, porque en ella se multiplican microbios y otras plagas como moscas, cucarachas y ratas. También atrae perros y otros animales que pueden transmitirlos. La basura debe manejarse con cuidado y depositarse en lugares adecuados, evitándose los olores y el aspecto desagradable, contribuyendo además, a evitar la contaminación del suelo, del agua y del aire.

Son muchas las enfermedades causadas por los microbios que se producen por la acumulación de basura, sobre todo cuando entran en contacto con el agua de beber o los alimentos; por eso, se debe manejar adecuadamente y eliminarla sanitariamente.

### **1.2.3.2 Gases de invernadero**

Estos gases son el metano y el bióxido de carbono cuyas propiedades son: Retener el calor generado por la radiación solar y elevar la temperatura de la atmósfera, atrapando la radiación infrarroja ascendente emitida por la superficie terrestre.

El comportamiento selectivo de algunos gases presentes en la atmósfera frente a la radiación solar y la terrestre produce un calentamiento del aire próximo a la superficie terrestre, elevando la temperatura media del planeta a 15°C<sup>6</sup>.

El siguiente cuadro muestra los principales gases de efecto invernadero, su fuente de emisión y el porcentaje de contribución al calentamiento global:

---

<sup>6</sup> Cheril Hernández. Anam, **Unidad de Cambio Climático y Diversificación**, Guatemala 2003.

**Tabla VI. Datos estadísticos de los principales gases de efecto invernadero**

<b>Gases</b>	<b>Origen</b>	<b>%</b>
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	Quema de combustibles y deforestación.	55%
Clorofluorocarbonos (CFC)	Refrigeradores, aerosoles de espuma, solventes y agricultura extensiva.	24%
Metano (CH <sub>4</sub> )	Minería de carbón, fuga de gas y deforestación.	15%
Oxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Quema de basura, quema de petróleo y carbón, uso de fertilizantes.	6%

Fuente: Anam, Unidad de Cambio Climático y Diversificación. Cheril Hernández, Guatemala 2003.

### **1.2.3.3 Degradadores de la capa de ozono**

Hay productos que por la naturaleza de su fabricación y los agentes químicos utilizados en su elaboración, generan ciertos gases que desintegran la capa de ozono. Estos gases son conocidos como clorofluorcarbonados o CFC's y se emplean en la fabricación de envases de unicel, como propulsores de aerosoles para el cabello, en algunas pinturas y desodorantes.

Cuando los envases de estos productos son desechados a la basura se convierten en fuentes de emisión de estos gases.

#### **1.2.3.4 Impacto visual y ornato de la ciudad**

El impacto visual negativo que genera la basura es evidente, pero lo peor, es el hedor reinante en las zonas aledañas, ya que el mal olor que desprenden los restos es insoportable y afecta a todos los habitantes del Municipio que están expuestos a un ambiente contaminado sin que se tome ningún tipo de medida sanitaria.

#### **1.2.4 Sistemas adecuados del manejo de desechos sólidos**

##### **1.2.4.1 Recolección**

Acciones que deben realizar los colectores u operadores para recoger y trasladar los desechos generados al equipo destinado a transportarlos a los lugares de almacenamiento, o de transferencia, o de tratamiento, o de reuso o a los sitios de disposición final. Se especifica frecuencia y medios de trabajo, seguridad y protección.

### **1.2.4.2 Transporte**

El transporte de los desechos sólidos domiciliarios debe hacerse en vehículos acondicionados especialmente para este propósito, los cuales deben llenar requisitos como:

- 1) Que la caja que sirva de depósito este forrada de lámina metálica con un espesor mínimo de 1.5 mm.
- 2) Que estén provistos de tapas metálicas de cierre hermético.
- 3) Que sean susceptible de perfecto aseo utilizando agua.
- 4) Que estén provistos de las herramientas de trabajo necesarias.

En el caso de desechos peligrosos y/o infecciosos. Deben de ser transportados por empresas especializadas en dicha materia.

### **1.2.4.3 Disposición**

Es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos sólidos, según su naturaleza. En este lugar se disponen definitivamente los desechos sólidos. La disposición final puede ser:

- Vertederos municipales.
- Relleno sanitario.
- Plantas de tratamiento.
- Plantas de recuperación.

Todas estas instalaciones deben contar con las condiciones higiénico–sanitarias, ambientales, de protección y seguridad, según se establece en la legislación y normativas referentes al tema desechos sólidos.

#### **1.2.4.4 Tratamiento y reciclaje**

El tratamiento es la modificación de las características físicas, químicas o biológicas de los desechos sólidos, con el objeto de reducir su nocividad, controlar su agresividad ambiental y facilitar su gestión.

Existen diferentes tipos de tratamiento de los desechos sólidos, estos pueden ser tanto a nivel de entidad o en lugares específicos como Ecotermo, Eco – Reprocesos, Ecogenica, S.A., entre otros.

#### **Tipos de tratamientos: <sup>7</sup>**

##### **Incineración**

Proceso de reducir a cenizas los desechos sólidos y otros residuos, reduciendo el volumen original de la fracción combustible de los residuos sólidos del 50 – 80%.

---

<sup>7</sup> Ing. Lazaro Betancour Pineda. **Plan de Manejo de Desechos Sólidos en la Gestión Ambiental Empresarial**. Bogota, Colombia 2001.



## **Pirólisis**

Descomposición de los desechos por la acción del calor.

## **Reciclaje**

Es un proceso mediante el cual ciertos materiales de los desechos sólidos se separan, recogen, clasifican y almacenan para reincorporarlos como materia prima al ciclo productivo. Es decir, proceso que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea el mismo en que fue generado u otro diferente.

## **Recuperación**

Actividad relacionada con la obtención de materiales secundarios, bien sea por separación, recogida o cualquier otra forma de retirar de los residuos sólidos algunos de sus componentes para su reciclaje o reuso.

## **Reuso**

Es el retorno de un bien o producto a la corriente económica para ser utilizado en forma exactamente igual a como se utilizó antes, sin cambio alguno en su forma o naturaleza.

## **Recolección selectiva**

Acción de clasificar y apartar para su posterior utilización.

## **Reutilización**

Capacidad de un producto o envase para ser usado en más de una ocasión, de la misma forma y para el mismo propósito para el cual fue fabricado.

## **Relleno Sanitario Manual**

Es aquél en el que sólo se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas, así como para la excavación de zanjas, la extracción y el acarreo y distribución del material de cobertura. Todos los demás trabajos, tales como construcción de drenajes para lixiviados (líquidos producidos por los desechos) y chimeneas para gases, así como el proceso de acomodo, cobertura, compactación y otras obras conexas, pueden realizarse manualmente.

## **Relleno Sanitario Mecanizado**

Es aquél en que se requiere de equipo pesado que labore permanentemente en el sitio y de esta forma realizar todas las actividades señaladas en el relleno sanitario manual, así como de estrictos mecanismos de control y vigilancia de su funcionamiento.

## **2. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS**

### **2.1 Sistema de recolección actual**

Actualmente, la recolección de las basuras en el Municipio es realizada por medio de un tren de aseo informal, el cual la Municipalidad ha contratado desde el año 2007 al señor Jose Roberto Boch.

El servicio se lleva a cabo por un equipo de cuatro de personas, formado por un chofer y tres peones ayudantes. Así mismo, para el transporte de los desechos es utilizado un camión marca Ford modelo 1980, el cual no es el adecuado para dicho trabajo, debido a que su función principal es el transporte de materiales de construcción; sus características no corresponden a las que debe tener un camión recolector de desechos; a causa de la falta de una caja metálica para el depósito de las basuras, capacidad de carga menor al tamaño requerido y la falta de tapas metálicas, la basura no se transporta herméticamente tapada, lo que ocasiona que durante el transcurso de su recorrido conforme el camión va llegando a su punto crítico de carga, muchas de las basuras se van rebalsando de la palangana del mismo, quedando estas tiradas en las calles del Municipio sin que nadie se haga responsable de las mismas, acumulándose en la vía pública, formando los denominados focos de contaminación.

El servicio se lleva a cabo con las siguientes frecuencias:

- Sector residencial, comercial y de servicios públicos: días lunes y viernes.
- Mercado municipal: días miércoles y sábados.

Muchos de los usuarios del sistema actual, se quejan constantemente con la Municipalidad, debido a que los recolectores dejan de pasar por sus viviendas a causa de llegar la mayoría de veces al límite de la capacidad del camión, no permitiendo así cubrir el totalidad de la ruta, llevándolos a acumular sus desechos hasta el siguiente día de recolección.

### **2.1.1 Lugares de recolección**

En el Municipio los lugares en donde se recolectan los desechos sólidos son los siguientes:

#### **2.1.1.1 Viviendas**

La recolección de las basuras en las viviendas se realiza los días lunes y viernes y principia alrededor de las 6 de la mañana, el proceso de recolección se inicia a partir del momento en que los habitantes sacan sus basuras en bolsas y cajas a la puerta y posteriormente el personal del camión recolector pasa a recogerlas y las van depositando dentro del camión hasta llenarlo y posteriormente trasladarla hacia el sitio destinado para su disposición final.

#### **2.1.1.2 Lugares públicos**

La limpieza de sitios públicos en el Municipio, es llevada a cabo por un trabajador municipal, quien se encarga de la recolección y transporte de las basuras a lugares específicos en donde posteriormente el camión pasa recogéndolas y trasladándolas al sitio de disposición final.

El procedimiento inicia con el barrido de los sitios públicos con ayuda de escobas y cepillos, éstas se van acumulando en grupos por los sectores barridos; posteriormente son recogidos y cargados a una carreta por medio de la cual son transportados y depositados temporalmente en toneles, por último el personal recolector pasa recogiendo y depositándolas en el camión para ser transportados al sitio de disposición final.

Actualmente, en el Municipio se pueden observar 12 depósitos de basura en los distintos lugares públicos, de los cuales el ochenta y tres por ciento se encuentran en condiciones aceptables y diecisiete por ciento en mal estado. Tomando en cuenta la diferencia en características de los recipientes, la siguiente tabla muestra la representación porcentual de los distintos tipos de depósitos de acuerdo a sus características:

**Tabla VII. Representación porcentual por características de depósitos para basuras en vías públicas.**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Tipo I: Tonel sin tapadera	9	69%
Tipo II: 1/2 Tonel con dispositivo de sujeción al suelo sin tapadera.	4	31%
<b>TOTALES</b>	<b>13</b>	<b>100%</b>

La cantidad de recipientes localizados en los parques, jardines, calles, callejones y demás sitios públicos de cada una de las zonas del Municipio, se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla VIII. Cantidad de recipientes localizados por zona.**

LUGAR	CANTIDAD	TIPO
Zona 1	1	Tonel
Zona 2	1	Tonel
Zona 3	8	50% Tipo I y 50% Tipo II.
Zona 4	1	Tonel
Zona 5	1	Tonel
Zona 6	1	Tonel

### 2.1.1.3 Centros de salud

El Municipio actualmente cuenta con un centro de salud en el casco urbano, dicho lugar, es generador los siguientes tipos de desechos:

- Desechos bio-infecciosos: son generados por actividades hospitalarias, los cuales deben ser transportados a lugares especiales y no al mismo lugar en donde se les da disposición final a los desechos comunes. Por el grado de peligrosidad que representan, deben recibir un trato especial de almacenamiento, recolección, transporte y disposición final. Este procedimiento da inicio cuando médicos y/o enfermeras como resultado de actividades hospitalarias, generan desechos infecciosos que se clasifican en dos grupos: El grupo I compuesto por guantes, algodones, gasas y desechos patológicos los cuales son depositados en bolsas de color rojo y posteriormente son selladas, el grupo II compuesto por desechos punzocortantes como jeringas, agujas y frascos de vidrio utilizados comúnmente en exámenes de laboratorio, estos son depositados en recipientes rígidos de color rojo. Para la recolección, transporte y disposición final de estos, la Municipalidad contrata el servicio a la empresa ECOTERMO<sup>8</sup> experta en el tema. Por un costo de Q3.25 por libra de desecho<sup>9</sup> presta el servicio una vez por semana y retira del lugar los desechos llevándolos a la planta de incineración localizada en Km 30. Autopista Al Pacífico, Parque Industrial del Sur Amatitlán.

---

<sup>8</sup> Departamento de planificación de la Municipalidad de San Raymundo.

<sup>9</sup> Grupo IO ECOTERMO, Guatemala 2009.

- Desechos comunes: son los generados por actividades administrativas, limpieza general del sitio y por usuarios (visitantes y pacientes), estos incluye desechos alimenticios, plásticos, papel, entre otros, los cuales son recolectados, transportados y depositados en el botadero por el mismo tren de aseo que utilizan las viviendas y comercios.

#### **2.1.1.4 Clínicas**

El casco urbano del Municipio, cuenta con quince clínicas médicas y odontológicas, de las cuales se determinó que el sesenta y siete por ciento contratan el servicio de la empresa recolectora de desechos bio-infecciosos ECOTERMO, quien se encarga de extraerlos y transportarlos al lugar en donde se les da la disposición final, el servicio es brindado una vez por semana a un costo fijo de Q150 mensuales con derecho a 10 kilogramos, por libra extra Q3; además, para los desechos comunes, éstas contratan el servicio del tren de aseo municipal.



A pesar de la obligatoriedad que EL REGLAMENTO PARA EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS, Acuerdo Gubernativo No. 509-2001, **Artículo 7: Manejo adecuado de desechos sólidos**<sup>10</sup>, hace a la infraestructura de salud tanto pública como privada sobre la contratación de entidades especializadas en el manejo de desechos bio-infecciosos, el veinte por ciento de las clínicas en el Municipio únicamente utilizan el tren de aseo municipal de desechos comunes, lo que indica que la misma empresa recolectora de desechos comunes, además de transportar estos desechos transporta los desechos bio-infecciosos, representando peligro para las personas recolectoras y para la población que habita cerca del botadero.

El trece por ciento restante no utiliza ningún servicio de recolección y transporte, por lo que se asume estos son enterrados o botados en terrenos baldíos.

#### **2.1.1.5 Hospitales privados**

En la actualidad no se cuenta con hospitales, sanatorios o casas de salud privadas en el Municipio, razón por la cual, éste sector no es considerado para estudio en el presente trabajo de graduación, sin embargo, sí debe considerarse dentro de los estatutos o reglamentos, cual deberá ser el procedimiento a seguir.

---

<sup>10</sup> REGLAMENTO PARA EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS, Acuerdo Gubernativo No. 509-2001. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Guatemala.

#### **2.1.1.6 Escuelas**

La cabecera Municipal cuenta con una escuela pública que es asistida por dos personas de mantenimiento, las cuales recolectan las basuras generadas por los alumnos en las aulas, baños, patios y jardines. Estas se depositan en toneles que posteriormente los días lunes y viernes son retiradas.

#### **2.1.1.7 Colegios**

Actualmente, operan ocho colegios privados en la cabecera Municipal, los cuales llevan a cabo un similar proceso de recolección interna al de la escuela pública. A éstos, de igual forma les son extraídas las basuras los días lunes y viernes.

#### **2.1.1.8 Comercios**

Para este caso los comercios son divididos en dos grupos. El grupo 1, está formado por los comercios del mercado municipal, cuya extracción de basuras es subsidiada por la Municipalidad. El mercado cuenta con un depósito de basura donde los inquilinos depositan sus desechos, luego el camión pasa dos veces por semana a extraerla, miércoles y sábado. A pesar de dedicar dos días exclusivamente a la extracción de las basuras del mercado, el proceso es insuficiente, provocando nuevamente la acumulación de basuras para próximos días.

El grupo 2, está formado por los comercios localizados en las calles y avenidas del Municipio, forman parte de la ruta de recolección de las viviendas, escuela, centro de salud, clínicas y colegios.

### **2.1.2 Usuarios del sistema**

Según datos proporcionados por la tesorería municipal de San Raymundo, actualmente, el tren de aseo es utilizado por 800 viviendas<sup>11</sup>, representando únicamente el cuarenta y cuatro por ciento del total de viviendas del casco urbano.

El costo del servicio actual es de Q10.00, siendo este un costo bajo comparado con el costo de Q35.00<sup>12</sup> que cobran las empresas recolectoras en la ciudad de Guatemala, el precio es el factor principal que ocasiona que el cincuenta y seis por ciento restante no utilice el servicio, tomando como opción alterna enterrarlos o botarlos en terrenos baldíos.

### **2.1.3 Recurso humano laborando en el sistema actual**

El sistema actual se compone del siguiente personal:

- 1º. Un chofer, no participa en la recolección de basura.
- 2º. Dos ayudantes, encargados de recolectar la basura, depositarla en el camión y al llegar al sitio de disposición final, descargar la basura del mismo.

---

<sup>11</sup> Departamento de Tesorería Municipal de San Raymundo.

<sup>12</sup> ARTRADESGUA (Asociación de Recolectores y Transportistas de Desechos de Guatemala)

#### **2.1.4 Equipo utilizado**

El personal encargado de la recolección se vale del siguiente equipo:

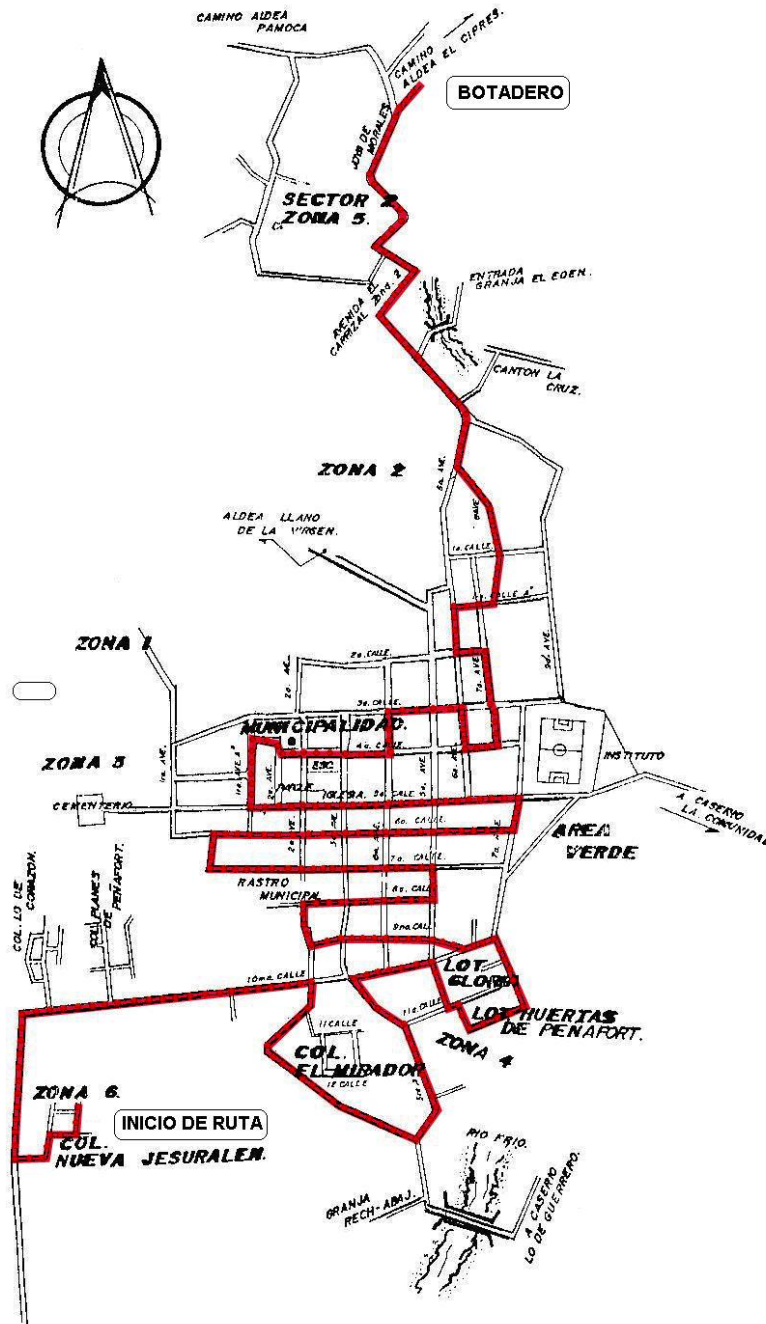
- Camión marca Ford, modelo 1980. El cual además de ser utilizado para la recolección de los desechos, es utilizado para realizar fletes dentro y fuera del Municipio.
- 2 palas.
- Costales de fibra plástica.

#### **2.1.5 Logística actual**

Debido a que el tren de aseo en el Municipio no es utilizado por toda la población, este funciona únicamente con una ruta y con una frecuencia de dos días a la semana, tanto, para viviendas como para comercios del mercado municipal.

Para viviendas la ruta da inicio a las 6 am con el siguiente recorrido: Inicia en la colonia Nueva Jerusalem zona 6 y finaliza en la entrada al camino aldea el Cipres. En el entendido que, sí el camión se llena antes de terminar la ruta, ésta no se inicia nuevamente donde se quedaron; sino que el próximo día se inicia nuevamente en la colonia Nueva Jerusalem. Ver recorridos propuestos en Figuras 10 y 11, páginas 87 y 88.

Figura 1. Logística actual para la recolección de los desechos



Fuente: Documento de información general Municipalidad de San Raymundo, Departamento de Planificación

## **2.2 Procedimiento de disposición final actual**

Luego de ser recolectada la basura se procedía a depositarla en un terreno privado, el cual un vecino de buena fé, prestaba para que se utilizara su barranco como basurero; debido a que el dueño de dicho terreno, decidió no prestarlo más; ya que en los últimos meses no solo se estaba utilizando el barranco sino también parte terreno plano y además del camión recolector, ingresaban a botar desechos personas ajenas, inicia un problema para la Municipalidad a partir del 1 de diciembre de 2008, tomando la decisión el Alcalde de utilizar como botadero el terreno del señor Eliseo Bach, localizado en la aldea Concepción El Cipres, el cual es alquilado por un costo de Q2,000 mensuales<sup>13</sup>.

### **2.2.1 Terreno de disposición final**

El terreno utilizado por muchos años, hasta el 1 de diciembre del 2008 propiedad de don Lazaro Rojas, se encuentra ubicado en aldea La Joya de Morales, a 1 km del centro del Municipio. Dicho terreno tiene una extensión de 7 manzanas y cuenta con un barranco de 70 mts de profundidad<sup>14</sup>. Debido al problema mencionado en el inciso anterior, desde ese momento, hasta la fecha por orden del Alcalde municipal se utiliza un terreno cercano al terreno a este, el cual tiene una extensión de 2 manzanas y cuenta con un barranco de 70 metros aproximadamente<sup>15</sup>, dicho terreno se localiza en la aldea Concepción El Cipres a una distancia aproxima de 1 kilómetro del casco urbano.

---

<sup>13</sup> Departamento de Tesorería Municipal de San Raymundo

<sup>12</sup> Departamento de Planificación de la Municipalidad de San Raymundo.

<sup>15</sup> Departamento de Planificación de la Municipalidad de San Raymundo.

## **2.3 Problemática actual**

El problema del sistema actual de recolección, transporte y disposición final en el Municipio, se ve afectado por los siguientes factores:

### **2.3.1 Empresa recolectora**

El principal problema del sistema de recolección de basura, es precisamente la empresa que se dedica a recolectarla, principalmente por carecer de:

- a. Un estudio para determinar las cantidades de basuras que el Municipio produce.
- b. Falta del equipo humano necesario.
- c. Carencia de un camión recolector con las características adecuadas para dicho trabajo.
- d. Falta de rutas, frecuencias y horarios formales.
- e. Al llegar el camión a su máxima capacidad de carga da por culminada la recolección, dejando puntos de la ruta con basuras acumuladas para la siguiente vez que le toca pasar.
- f. Falta de experiencia para la realización del trabajo.

### **2.3.2 Cuentas morosas**

El servicio de extracción de desechos que actualmente opera en el Municipio, tiene un costo de Q8,500 mensuales no importando el número de viviendas que atiendan por mes<sup>16</sup>.

Según datos proporcionados por la tesorería del Municipio, ochocientas viviendas contratan el servicio, de las cuales únicamente el veinte por ciento paga a la Municipalidad la cuota de Q10 mensuales que esta cobra; el ochenta por ciento restante, la mayor parte de las veces es subsidiado por los fondos municipales.

### **2.3.3 Malos hábitos de la disposición final de los desechos sólidos**

Actualmente, en el casco urbano del Municipio se observan tres basureros clandestinos convertidos en focos de contaminación para la población. Estos se encuentran localizados en los siguientes sectores:

1º. Zona 6, a 4 cuadras de la Colonia Jerusalem.

2º. Zona 3, entre la 3ra. y 1ª. Calle.

3º. Zona 3, entre la 6ª. Calle y 2ª. Avenida.

A estos sectores llegan los desechos provenientes de las viviendas que no contratan el servicio de extracción y transporte de las basuras.

---

<sup>16</sup> Departamento de Tesorería de la Municipalidad de San Raymundo



El factor principal que ocasiona estos actos, se atribuye al mal hábito para el manejo de los desechos por parte de muchos habitantes, quienes con ayuda de carretas y bolsas extraen de sus casas sus basuras botándolas en dichos lugares.

#### **2.3.4 Falta de terreno propio para disposición final de los desechos**

El no contar con un terreno municipal para la disposición final de los desechos, llegó a convertirse en un problema serio para la Municipalidad a partir del día 1 de diciembre de 2008<sup>17</sup>, debido a que el dueño del sitio anterior donde se depositaban, decidió no prestarlo más. Lo anterior, de forma urgente ha obligado a la Municipalidad a utilizar un terreno aledaño, el cual no cuenta con las condiciones necesarias para ser utilizado como sitio de disposición final de desechos; debido a los siguientes factores:

1º. El tamaño no es el adecuado, debido a la falta de un estudio preliminar el cual lo determinaría. Ver **Sección 3.4.1.1.1**, en donde en función de la cantidad de basura generada diariamente y el tratamiento final propuesto, se determina el tamaño del mismo.

2º. Falta de membrana impermeabilizante en la superficie del suelo donde los desechos son depositados, lo que ocasiona contaminación en las aguas subterráneas.

3º. Carencia de drenajes para el transporte de los líquidos producidos por las basuras.

---

<sup>17</sup> Departamento de Planificación de la Municipalidad de San Raymundo

4º. El terreno aledaño al utilizado como botadero, cuenta con un nacimiento de agua, el cual al pasar por el sector del botadero se ha ido contaminando y convirtiendo el agua en inutilizable por los habitantes del sector.

### **3. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS Y DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA**

#### **3.1 Investigaciones de campo**

Con el objetivo de obtener información que permita la determinación de parámetros presentes y futuros, los cuales son tomados como base para el diseño del sistema que el presente trabajo de graduación propone, se realiza un muestreo aleatorio en las viviendas del Municipio por medio del cual se obtiene el promedio de basura que un habitante del Municipio produce diariamente. Dicha muestra se determina a continuación:

##### **3.1.1 Determinación de la muestra**

Considerando que en el Municipio no existe estudio alguno sobre la producción de desechos por habitante, el cual pudiera ser utilizado como fuente de información secundaria para el presente estudio. Para la determinación de la muestra, se realiza una prueba piloto con 35 viviendas, la cual consistió en entregar dos bolsas plásticas por viviendas en donde se depositaría en una bolsa la basura orgánica y en la otra la basura inorgánica, luego éstas fueron pesadas y se determinó el porcentaje de representación de cada tipo de basura. Para esta prueba se planteó la siguiente hipótesis:

Se asume que el porcentaje promedio de basura inorgánica de las 35 viviendas será del 18%, a continuación se muestra la tabla resumen la cual presenta el porcentaje de desechos inorgánicos por vivienda, el promedio del total de viviendas y su desviación, (Ver sección de Apéndices, pág.165):

**Tabla IX. Resumen prueba piloto**

<b>BOLSAS</b>	<b>%INORGANICO</b>
1	16
2	2
3	5
4	50
5	31
6	8
7	25,16
8	6,45
9	13,24
10	2
11	2,89
12	9,52
13	18,6
14	25
15	15
16	42,86
17	19,34
18	1
19	5,65
20	40
21	2
22	33
23	35
24	14
25	18
26	55
27	7
28	20
29	10
30	4,65
31	10,33
32	3,33
33	19,13
34	25
35	20
<b>SUMATORIA</b>	<b>615,15</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>17,58</b>
<b>DESVIACION</b>	<b>14,28</b>

Para el desarrollo de la hipótesis, se tienen los siguientes datos:

$N = 35$

Promedio = 17.58

Desviación = 14.28

$\mu = 18\%$

$E = 3\%$

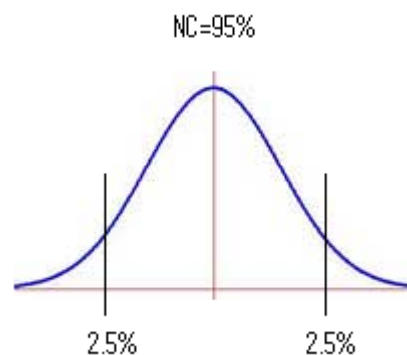
$NC = 95\%$

En donde:

$\mu$  = porcentaje de desechos inorgánicos asumidos por vivienda.

$E$  = error permisible para el calculo de los datos, el cual debe encontrarse entre el rango 1% - 5%, para el presente estudio se trabajara con un error del 3%.

$NC$  = nivel de confianza

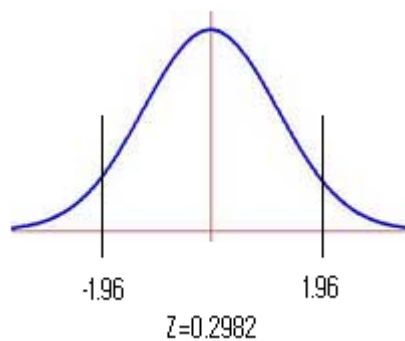


Con un nivel de confianza del 95%,  $Z$  en la tabla estadística de la normal es igual a 1.96.

A continuación se calcula la  $Z$  utilizando los datos de la hipótesis:

$$Z = \frac{\mu - \bar{x}}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

$$Z = \frac{0.18 - 0.1758}{\frac{0.1428}{\sqrt{35}}} = 0.2982$$



**Conclusión:** Debido a que el valor de la Z calculada con los datos de la prueba de hipótesis se encuentra dentro de los límites de Z utilizando un 95% de confianza, se determina que la Z de la tabla de la normal puede ser utilizada para determinar el tamaño de la muestra.

Cálculo de muestra:

**Datos:**

$E = 3.0\%$

$Z = 1.96$

$\sigma = 14.28$

$$N = \frac{Z^2 * \sigma^2}{E^2}$$

$$N = \frac{(1.96)^2 * (0.1428)^2}{(0.03)^2}$$

**N = 88 muestras**

### 3.1.2 Toma de la muestra

Para realizar la investigación, el primer paso consistió en la selección de 88 residencias en donde estuvieron representados los diferentes sectores, tanto por su ubicación como por su estrato social. Al mismo tiempo, fue preparada la papelería utilizada para el muestreo, la cual consistió en lo siguiente:

- Carta informativa del estudio de extracción de las basuras a las viviendas seleccionadas. (Ver sección de Apéndices, pág.163).
- Hoja de control para el muestreo de las basuras. (Ver sección de las basuras, pág. 164).

El equipo de trabajo utilizado, consistió en lo siguiente:

- 528 bolsas plásticas de 0.50m \* 0.90 m.
- Camión marca GMC, miembro de ARTRADESGUA (Asociación de Recolectores y Transportistas de Desechos de Guatemala), código 190.
- Romana de colgar de 25 libras.
- Chofer del camión y 3 peones ayudantes.
- Costales para depositar las bolsas con las basuras.



La investigación se realizó durante la semana del 8 al 13 diciembre de 2008.

Las residencias seleccionadas fueron divididas en dos sectores, las cuales se pueden observar en la sección de Apéndices, pág.167.

## **SECTORIZACIÓN**

La recolección de las basuras para estos dos sectores se realizó con un día de diferencia en la frecuencia de recolección. Para el Sector 1 fueron recolectados los días lunes, miércoles y viernes, y para el Sector 2, los días martes, jueves y sábado.

Después de la recolección diaria, se procedió al análisis de las basuras de cada vivienda, siendo los aspectos analizados el peso y la composición. Ver datos de muestras en la sección de Apéndices, pág.165).

### 3.1.3 Cantidad y composición de los desechos sólidos

$$\text{Peso de basura / día} = \frac{\text{Peso}_{\text{total de basura}}}{\text{Número}_{\text{días de análisis}}}$$

$$\text{Cantidad de basura / hab / día} = \frac{\text{Peso}_{\text{basura / día}}}{\text{Número}_{\text{de habitantes}}}$$

#### Datos:

Días de análisis = 6

Número total de habitantes = 479

Número total de viviendas = 88

$$\text{Peso de basura / día (libras)} = \frac{537.03 + 511 + 589.60 + 577.30 + 596.70 + 555.70}{6}$$

$$\text{Peso de basura / día (libras)} = \frac{3367.33}{6}$$

**Peso de basura / día = 561.22 libras**

$$\text{Cantidad de basura / hab / día} = \frac{561.22}{479}$$

**Cantidad de basura / hab / día = 1.17 libras  $\cong$  0.53 kg / hab / día**

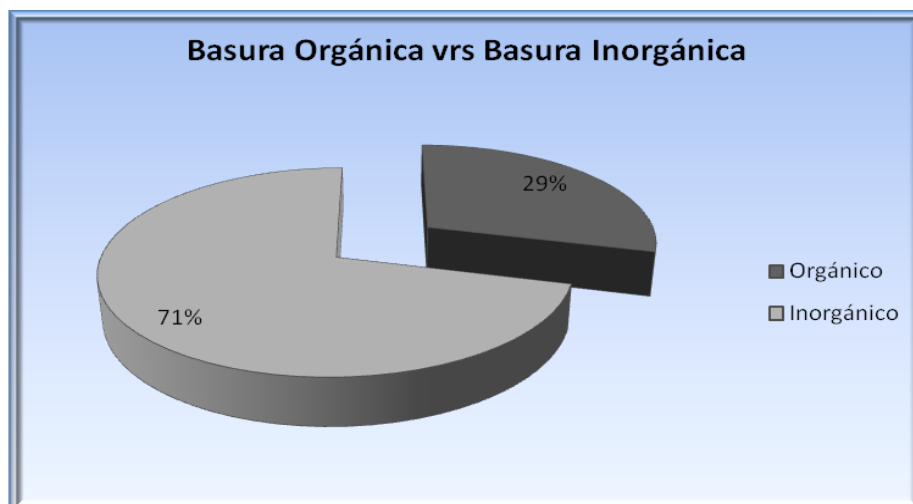
**Tabla X. Composición de los desechos sólidos (Parte 1)**

	DÍA 1		DÍA 2		DÍA 3	
	Peso (libras)	Porcentaje (%)	Peso (libras)	Porcentaje (%)	Peso (libras)	Porcentaje (%)
Basura orgánica	450,2	70,67%	410	80,23%	395,2	67,03%
Basura inorgánica	186,83	29,33%	101	19,77%	194,4	32,97%
<b>Total</b>	637,03	100,00%	511	100,00%	589,6	100,00%

**Tabla XI. Composición de los desechos sólidos (Parte 2)**

	DÍA 4		DÍA 5		DÍA 6	
	Peso (libras)	Porcentaje (%)	Peso (libras)	Porcentaje (%)	Peso (libras)	Porcentaje (%)
Basura orgánica	430,5	74,57%	386	64,69%	430,7	69,87%
Basura inorgánica	146,8	25,43%	210,7	35,31%	185,7	30,13%
<b>Total</b>	577,3	100,00%	596,7	100,00%	616,4	100,00%

**Figura 2. Basura orgánica vrs basura inorgánica**



### 3.1.4 Determinación de parámetros actuales y proyectados

#### 3.1.4.1 Población

Es necesario conocer el crecimiento que tendrá la población durante los próximos años, para determinar el lugar y la capacidad de almacenaje de los desechos sólidos; este cálculo se lleva a cabo con la fórmula de crecimiento geométrico, con base en los datos del último censo de población del año 2,007.

$$Px = PI(R+1)^n$$

En donde;

R = tasa de crecimiento

Px = población de habitantes en el año a pronosticar

PI = población inicial de habitantes

Tx = tiempo que se va a pronosticar (en años)

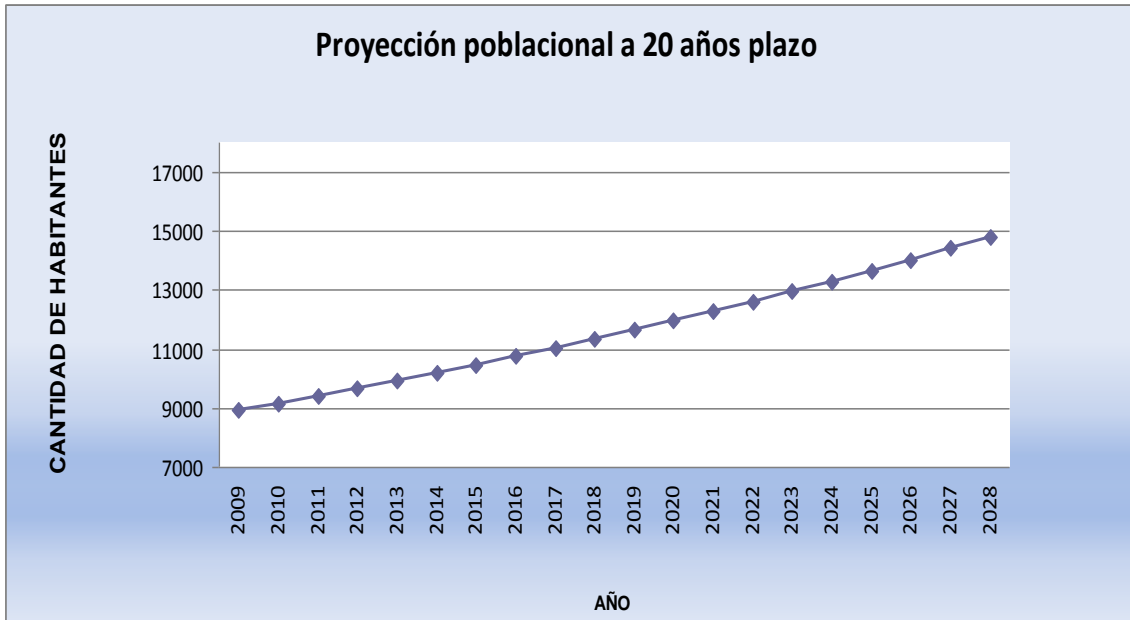
Sustituyendo los valores  $i = 0.027$  y para una proyección de 20 años, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla XX.

**Tabla XII. Proyección poblacional a 20 años plazo para casco urbano del Municipio de San Raymundo**

<b>Año</b>	<b>Habitantes</b>
2002	7407
2009	8926
2010	9167
2011	9415
2012	9669
2013	9930
2014	10198
2015	10473
2016	10756
2017	11046
2018	11345
2019	11651
2020	11965
2021	12288
2022	12620
2023	12961
2024	13311
2025	13670
2026	14039
2027	14418
2028	14808

Fuente: La población para el año 2002 y el índice de crecimiento poblacional  $i = 0.027$  son datos proporcionados por el **INE**, correspondientes a la sección **CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN. CENSO 2002.**

**Figura 3. Proyección poblacional a 20 años**



Fuente: La población para el año 2002 y el índice de crecimiento poblacional  $i = 0.027$  son datos proporcionados por el INE, correspondientes a la sección **CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN. CENSO 2002.**

En la Figura 3, se observa que el incremento de la población durante los veinte años tiene un comportamiento exponencial. Para el año 2028, la población habrá aumentado un sesenta y seis por ciento de la población para el año 2009. Esta proyección es clave para la determinación de la cantidad de desechos generados diariamente, los cuales son la base para determinar los siguientes incisos.

### 3.1.4.2 Producción de desechos

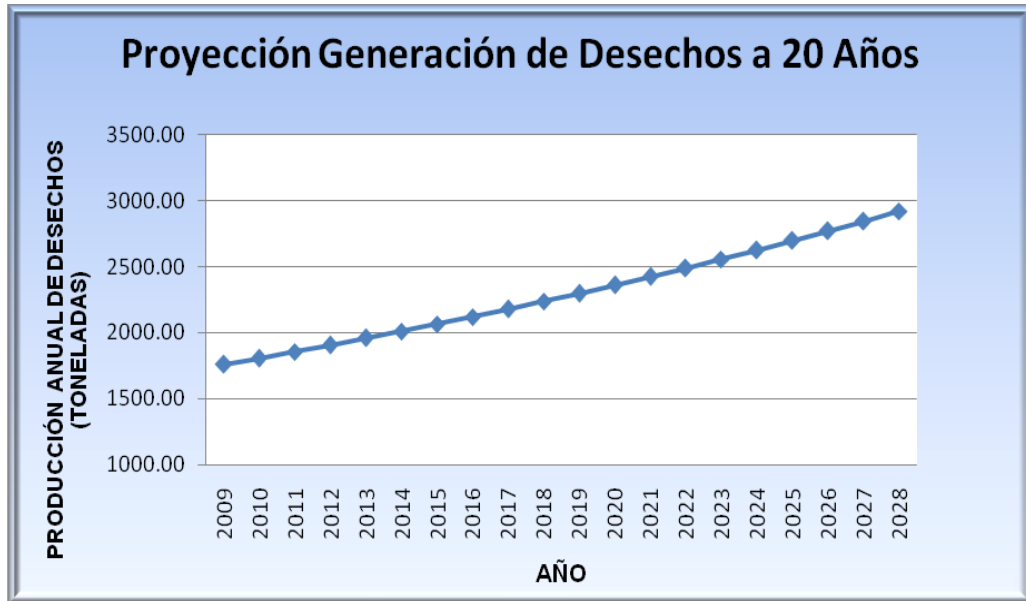
La proyección de generación de desechos, se realiza utilizando la cantidad de habitantes proyectados por año, así como la cantidad de desechos generados por habitante en un día.

**Tabla XIII. Proyección producción de desechos a 20 años**

Año	Habitantes	TOTAL DE BASURAS (TONELADAS)		
		DIARIA	MENSUAL	ANUAL
2002	7407	3,93	121,70	1460,36
2009	8926	4,73	146,65	1759,85
2010	9167	4,86	150,61	1807,37
2011	9415	4,99	154,69	1856,26
2012	9669	5,12	158,86	1906,34
2013	9930	5,26	163,15	1957,80
2014	10198	5,40	167,55	2010,64
2015	10473	5,55	172,07	2064,86
2016	10756	5,70	176,72	2120,65
2017	11046	5,85	181,49	2177,83
2018	11345	6,01	186,40	2236,78
2019	11651	6,18	191,43	2297,11
2020	11965	6,34	196,58	2359,02
2021	12288	6,51	201,89	2422,70
2022	12620	6,69	207,35	2488,16
2023	12961	6,87	212,95	2555,39
2024	13311	7,05	218,70	2624,40
2025	13670	7,25	224,60	2695,18
2026	14039	7,44	230,66	2767,93
2027	14418	7,64	236,89	2842,65
2028	14808	7,85	243,30	2919,55



**Figura 4. Proyección generación de desechos a 20 años**



Fuente: La población para el año 2002 y el índice de crecimiento poblacional  $i = 0.027$  son datos proporcionados por el INE, correspondientes a la sección **CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN. CENSO 2002.**

Según la Figura 3, la generación de desechos durante los veinte años de vida del proyecto, crece con un comportamiento exponencial. Este incremento, es el principal indicador en el cambio de los valores para los parámetros como cantidad de unidades recolectoras, tamaños brigada de recolección, tamaño del terreno, entre otros. Los cuales son calculados en los siguientes incisos (Ver secciones 3.3.5, 3.3.6 y 3.4)

### 3.1.5 Determinación de usuarios

Utilizando la proyección de habitantes para los veinte años de vida del proyecto (Ver Tabla XX) y la relación entre la cantidad de cada una de la siguientes infraestructuras respecto a la cantidad de habitantes, se proyectan las cantidades posibles de usuarios, no siendo estos factores importantes para la determinación de los parámetros clave del sistema a proponer<sup>18</sup>.

**Tabla XIV. Usuarios del sistema para veinte años**

<b>Año</b>	<b>Infraestructura en vivienda</b>	<b>Infraestructura en comercio</b>	<b>Infraestructura en educación</b>	<b>Infraestructura en salud</b>
2009	1545	204	13	16
2010	1587	210	13	16
2011	1630	215	14	17
2012	1674	221	14	17
2013	1721	227	14	18
2014	1765	233	15	18
2015	1813	239	15	19
2016	1862	246	16	19
2017	1912	252	16	20
2018	1964	259	17	20
2019	2017	266	17	21
2020	2071	273	17	21
2021	2127	281	18	22
2022	2184	288	18	23
2023	2243	296	19	23
2024	2304	304	19	24
2025	2366	312	20	25
2026	2430	321	20	25
2027	2496	330	21	26
2028	2563	338	22	27

<sup>18</sup> Las cantidades para las infraestructuras del año 2009, son datos proporcionados por el Departamento de Planificación de la Municipalidad de San Raymundo.

## **3.2 Acondicionamiento de los desechos**

### **3.2.1 Aspectos generales**

El acondicionamiento de los desechos sólidos es responsabilidad de los vecinos del Municipio, de ellos dependerá la salubridad de sus familias y la responsabilidad de mantener el ornato y limpieza de su ciudad. Eliminando por ende, los focos de contaminación.

La selección de los recipientes del acondicionamiento deberá hacerse de acuerdo al tipo de basuras y lugar donde se instalen.

### **3.2.2 Almacenamiento preliminar según su origen**

Según el lugar en donde se origine la basura, esta debe de almacenarse tomando en consideración parámetros y equipos claves. A continuación el detalle según origen:

#### **3.2.2.1 Viviendas**

Con la finalidad de mantener un adecuado control de roedores y moscas, el almacenamiento debe hacerse en recipientes adecuados con un máximo de capacidad de 50 a 60 libras para facilitar su manejo<sup>19</sup>. Es aconsejable colocar una bolsa plástica en su interior, preferiblemente de polietileno y con un espesor entre 0.04 y 0.08 mm., lo cual facilitará la extracción del recipiente.

---

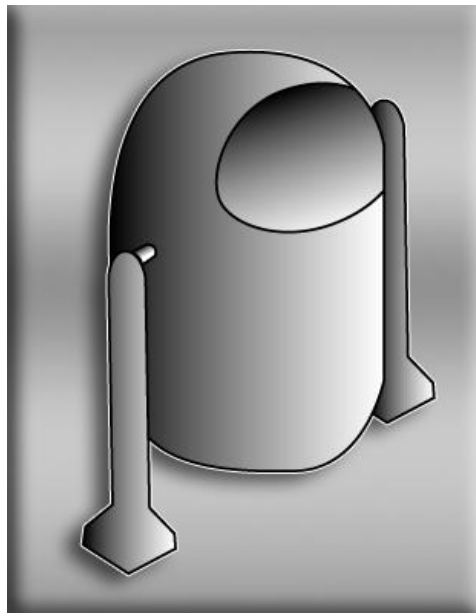
<sup>19</sup> Manual **Manejo de Desechos Sólidos**, Consorcio Santa Marta. Santiago, Chile.

Se deberá evitar el uso de cajas de cartón y madera, debido a que permiten que las basuras se derramen, quedando estas botadas en la calle, creando problemas sanitarios y aumentando el tiempo de recolección y elevando su costo.

### 3.2.2.2 Lugares públicos

Para el almacenamiento de las basuras en calles, avenidas, parques y jardines, se deben colocar estratégicamente depósitos metálicos, los cuales deben de contar con un mecanismo que permita la sujeción al piso y otro en la parte inferior que permita la extracción de las basuras y colocación de éstas en el vehículo recolector.

**Figura 5. Diseño del deposito de basuras para sitios públicos**



Fuente: Carlos Haroldo Estrada Marroquín, Agosto 2009.

El depósito general de basuras del mercado municipal, por su estructura, deberá contar con una puerta de ingreso para los comerciantes o personas responsables de depositar los desechos dentro del mismo y otro en el área de extracción, que permita el acceso al personal encargado de recolectarla y transportarla al depósito final de basuras. Es importante, que se mantenga un constante control en el manejo de las basuras, es decir, que tanto el personal de limpieza como el que extrae no deje residuos de la misma en el proceso, a su vez, deberán mantenerse cerradas ambas puertas de acceso al depósito.

En capítulos posteriores se procede al diseño y costos de los mismos. (Ver Figura 5 y Sección 4.2.1.4).

### **3.2.2.3 Centros de salud**

Debido al riesgo que representan para la salud los desechos hospitalarios, no deben recolectarse junto con las basuras domiciliarias, puesto que habrá peligro, tanto, para la cuadrilla del camión, , como para el personal que opera el sistema de disposición final, asimismo, para la población que circula cerca del lugar donde se manipulan dichos residuos.

De acuerdo con el **Capítulo 3, Artículo 14, numeral 1<sup>20</sup>**. Sobre la Separación: 1. Desechos infecciosos: deberán depositarse en bolsas o recipientes de color rojo con la simbología de bioinfecciosos, tal y como se expresa al final del presente artículo. Los desechos infecciosos contemplados en el Artículo 3, numeral 4, literal e, del presente reglamento, referidos a las jeringas, agujas hipodérmicas y cualquier otro tipo de aguja, deberán ser triturados por medio de máquinas trituradoras o termotrituradoras; o en su caso, embalsarse en cajas de cartón o recipientes plásticos apropiados y debidamente cerrados y sellados, debiéndose introducir tanto los desechos de la trituradora o termotrituradora, así como los de las cajas antes referidas, en la bolsa correspondiente.

<sup>21</sup>El almacenamiento de los desechos infecciosos, se hará en bolsas de polietileno de baja densidad con agregado de resina AR y un espesor mínimo entre 300 y 500 micras de color rojo, con dimensiones máximas de 0.50\*0.90 metros, con cierre hermético o cualquier otro dispositivo aprobado por el Departamento de Salud y Ambiente. Deberá contar con una etiqueta impresa, en donde se anotara por medio de un marcador indeleble, la siguiente información:

- a) Nombre de la institución generadora.
- b) Fecha y hora de recolección.
- c) Procedencia interna del hospital.
- d) Operador responsable.
- e) Hora de recepción en el lugar temporal de almacenaje del hospital.
- f) Fecha y hora de salida para su tratamiento.

---

<sup>20</sup> REGLAMENTO PARA EL MANEJO DE DESECHOS HOSPITALARIOS, Acuerdo Governativo No. 509-2001. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

<sup>21</sup> Artículo 16, Inciso 1. Del Embalaje. REGLAMENTO PARA EL MANEJO DE DESECHOS HOSPITALARIOS, Acuerdo Governativo No. 509-2001. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Los receptáculos de almacenaje deberán ser rígidos y de color rojo, estar plenamente identificados y deberán contar con un mecanismo que no permita el derrame ni la fácil extracción, lo cual evitara que personas extrañas al proceso de extracción los manipulen fuera del recipiente<sup>22</sup>.

Para el caso de los centros y casas de salud, deberá ser obligación dividir en dos la recolección, ya que deberán contratar, tanto, al servicio de extracción de desechos infecciosos como no infecciosos.

#### **3.2.2.4 Clínicas**

El almacenamiento y recolección de los desechos en las clínicas particulares, se debe realizar de la misma manera que la establecida para los centros de salud.

Para lograr que todas las clínicas cumplan con la contratación de la empresa recolectora de desechos infecciosos, la municipalidad deberá realizar una ordenanza.

#### **3.2.2.5 Hospitales privados**

Al igual que los centros de salud y clínicas particulares, el caso de los hospitales y sanatorios privados; deberán regirse por las mismas especificaciones.

---

<sup>22</sup> Silvia Gallardo. Departamento de Ventas. Grupo IO, ECOTERMO, Guatemala.

### **3.2.2.6 Escuelas**

Es importante que cada salón de clases y cada baño, cuente con un receptáculo de basura, se recomienda que sean de plástico y con su respectiva tapadera, con lo se evitara derrames y/o accidentes.

En los patios y áreas deportivas, se recomienda utilizar toneles de metal o plástico. Además, se recomienda, contar con un depósito general, en el cual se deben depositar todas las basuras almacenadas en las aulas, baños, patios y áreas deportivas. Este depósito se debe construir con un área para el ingreso y otra para la extracción de las basuras, las cuales siempre deben permanecer cerradas.

### **3.2.2.7 Colegios**

El almacenamiento en los colegios deberá realizarse de la misma forma planteada para el almacenaje y extracción de las escuelas públicas.

### **3.3.3.8 Comercios**

Se recomienda almacenar las basuras utilizando receptáculos de metal o plástico, especialmente diseñados para servir de depósitos de basura y utilizar en su interior bolsas plásticas, facilitando así, su extracción.



### **3.3 Recolección y transporte**

Para que el sistema de manejo de desechos sólidos sea eficiente, es necesario mantener una estrecha relación entre el método de recolección, el de transporte y la disposición final, así también, el equipo por utilizar.

#### **3.3.1 Métodos de recolección**

El método de recolección propuesto dependerá de la participación del usuario. Los métodos posibles que se podrán aplicar son:

- a) Punto fijo
- b) Acera
- c) Ingreso operativo recolector a la vivienda
- d) Depósito directo en punto de disposición final

##### **3.3.1.1 Punto fijo**

En este método la basura es llevada y depositada dentro de los contenedores por los usuarios cada cierto tiempo, el cual dependerá del volumen de generación individual. Posteriormente, el vehículo recolector debe detenerse donde están ubicados los contenedores y recolectar los desechos vaciando los contenedores en forma manual (por medio de operarios), o bien, con el equipo mecánico que forma parte del diseño del camión, luego dejando el contenedor en el mismo lugar hasta la próxima recolección.

### **3.3.1.1.1 Dimensiones de los contenedores**

Para el almacenamiento de los desechos orgánicos y los desechos no reutilizables producidos por comercios del mercado municipal, se utilizarán contenedores que pueden ser manipulados por los camiones recolectores. Estos contenedores pueden ser de ubicación fija o móvil.

Para el diseño y selección del tipo de contenedores se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

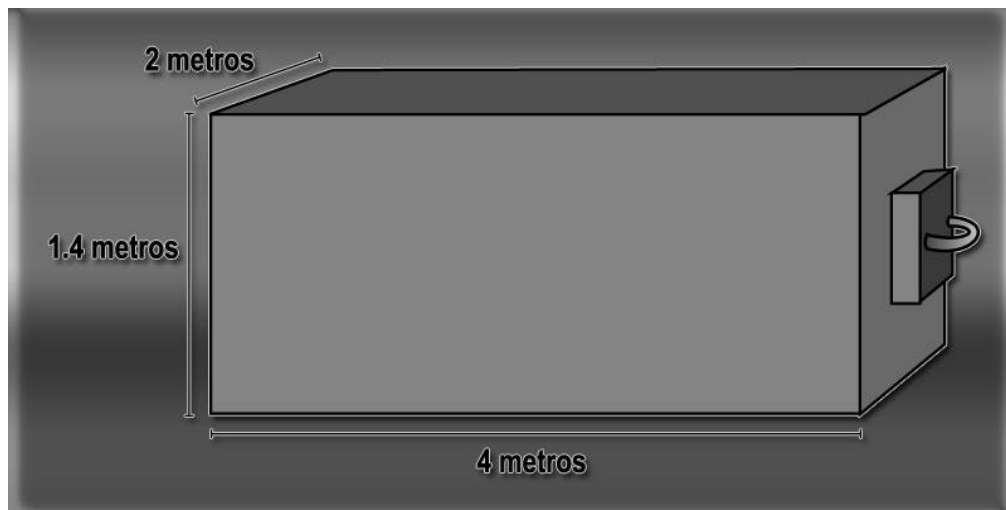
- a. Material resistente.
- b. Que puedan ser adaptados al mecanismo del vehículo recolector.
- c. Que tengan un mecanismo de movilización.
- d. El tamaño del contenedor debe ser tal que se puedan ubicar en lugares accesibles, tanto, para los comerciantes como para el camión recolector.

Los contenedores serán construidos de material metálico resistente a la corrosión, que tenga drenaje de fondo e idealmente deberán tener sistema para cerrarse.

Considerando que el depósito para las basuras del mercado municipal fue diseñado para que éstas fueran extraídas por vehículos pequeños en la parte interna del parqueo del primer nivel y no desde la parte externa del lugar, se propone como solución al problema de la extracción, la utilización de un depósito alternativo móvil. Este permitirá la extracción de las basuras del depósito principal y depositarlos manualmente en el depósito móvil; el cual por medio de un dispositivo de enganche permitirá que sea transportado a la parte externa del mercado donde las personas recolectoras pasarían recogiendo y depositándolas en el camión.

Tomando en cuenta la distancia de 1.4 metros del suelo a la que se encuentran las puertas del depósito principal y con el objetivo de facilitar la extracción del depósito principal y carga del depósito alternativo, el depósito propuesto debe colocarse pegado a la pared que se localiza en la parte inferior de las puertas.

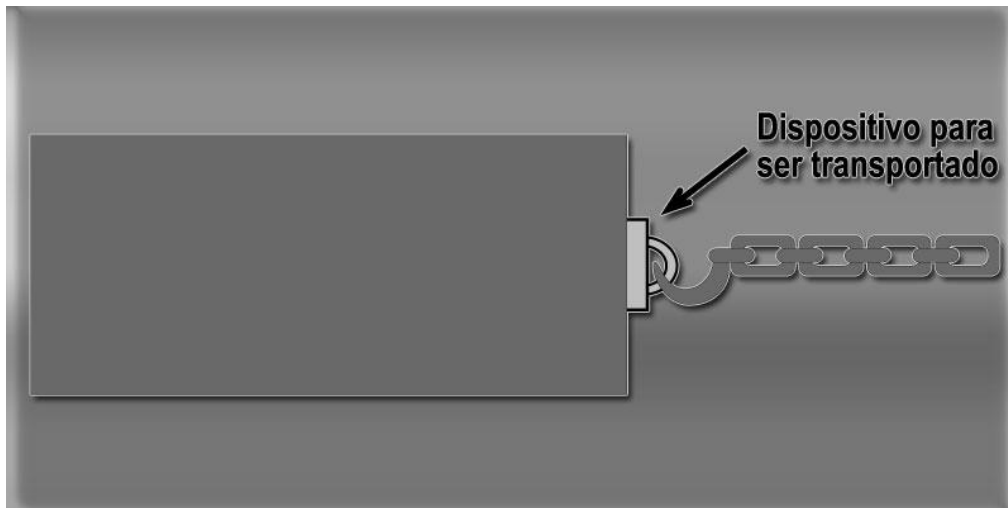
**Figura 6. Dimensiones del contenedor**



Fuente: Carlos Haroldo Estrada Marroquín, Agosto 2009.

Con estas medidas se pueden obtener el área y el volumen del contenedor (capacidad), lo cual servirá para la determinación del espacio requerido, siendo el área total  $A = 5.6 \text{ m}^2$  y la capacidad de  $11.2 \text{ m}^3$ .

**Figura 7. Dispositivo para transportar el contenedor de basura del mercado**



Fuente: Carlos Haroldo Estrada Marroquín, Agosto 2009.

### **3.3.1.2 Acera**

Consiste en que los usuarios colocan los recipientes o bolsas de basura sobre las aceras de las calles por donde pasa el camión, siendo los operarios los encargados de recoger los recipientes y vaciarlos dentro del camión.

Este método presenta la desventaja de que sí no se cuenta con una recolección eficiente, las bolsas de basura o recipientes, pueden ser acumulados en lugares no apropiados, generándose focos de contaminación o los animales domésticos pueden dispersar la basura en busca de alimentos.

### **3.3.1.3 Ingreso del operario recolector a la vivienda**

En este método los operarios ingresan a las viviendas de los usuarios a traer los desechos que previamente los habitantes han preparado en recipientes, los vacían en costales para luego ser trasladados hasta el camión donde son depositados.

### **3.3.1.4 Depósito directo en punto de disposición final**

Consiste en que la población lleva los desechos reciclables generados en sus viviendas hasta el punto de disposición final, donde luego se les da un tratamiento especial (planta recicladora de aluminio, de papel, etc.).

### **3.3.1.5 Personal de limpieza municipal**

Este método está dirigido a la limpieza de las basuras en lugares públicos del Municipio, tales como parques, calles, avenidas y jardines. El trabajo se debe llevar a cabo por personal municipal de limpieza, quienes utilizando equipo como carretas, toneles, costales, pinchos y palas; barrerán, recogerán y depositarán en lugares específicos los desechos, donde, luego el personal de recolección pasará recogéndolos y cargándolos al camión recolector para ser llevados al depósito final.

El equipo propuesto para el personal de limpieza municipal, se muestra en la siguiente figura:

**Figura 8. Equipo para personal de limpieza municipal**



Fuente: Carlos Haroldo Estrada Marroquín, Agosto 2009.

### **3.3.2 Frecuencia de recolección**

Debido a que la velocidad de reproducción de las moscas y la descomposición de los desechos son aceleradas por el calor y la humedad del ambiente, la frecuencia de la recolección de desechos para zonas residenciales y comerciales en el casco urbano del Municipio no conviene reducirla a menos de 3 veces por semana. A continuación se presenta la frecuencia por sectores:

**Tabla XV. Frecuencia de recolección**

<b>Sector</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>
A-1	✓		✓		✓	
A-2		✓		✓		✓

En donde:

A-1, sector residencial y comercial de las zonas 5, 2, 1 y parte de la zona 3 en la quinta y cuarta calle. Iniciando en la quinta calle y avenida Cementerio de la zona 3 y finalizando en sitio de disposición final.

A-2, sector residencial y comercial de las zona 6, 4 y en las calles sexta, séptima, octava y novena de la zona 3. Iniciando en la Colonia Jerusalem de la zona 6 y finalizando en el sitio de disposición final.

### 3.3.3 Horario de recolección

Tomando en consideración el poco tráfico de vehículos en el Municipio y el comportamiento constante de éste, en la Tabla XXIII, se presenta la jornada de recolección propuesta, la cual no presentara conflicto vial ni molestias a la ciudadanía.

**Tabla XVI. Horarios de recolección**

<b>Día</b>	<b>Hora inicio</b>	<b>Hora finalización estimada</b>
<b>Lunes</b>	7:00 AM	16:00 PM
<b>Martes</b>	7:00 AM	16:00 PM
<b>Miércoles</b>	7:00 AM	16:00 PM
<b>Jueves</b>	7:00 AM	16:00 PM
<b>Viernes</b>	7:00 AM	16:00 PM
<b>Sábado</b>	7:00 AM	16:00 PM



### **3.3.4 Equipo de recolección**

Para la recolección se propone la utilización de un camión con furgón metálico de volteo, el cual facilitará el transporte y la extracción de los desechos en el sitio de disposición final. Estos pueden ser adquiridos fácilmente en el mercado nacional y su costo dependerá de la capacidad y características necesarias.

**Figura 9. Camión recolector de desechos**



Fuente: CODACA S.A. Guatemala, Motores HINO de Guatemala. Calzada Roosevelt 11-76, zona7.

### **3.3.5 Cantidad de unidades de transporte**

Para obtener el valor se necesita conocer la producción de basura diaria en toneladas, el número de viajes que hará el camión y la capacidad de transporte de los camiones.

**Tabla XVII. Proyección volumen de desechos a 20 años**

<b>Año</b>	<b>Habitantes</b>	<b>Peso en Toneladas</b>
2002	7407	3,93
2009	8926	4,73
2010	9167	4,86
2011	9415	4,99
2012	9669	5,12
2013	9930	5,26
2014	10198	5,40
2015	10473	5,55
2016	10756	5,70
2017	11046	5,85
2018	11345	6,01
2019	11651	6,18
2020	11965	6,34
2021	12288	6,51
2022	12620	6,69
2023	12961	6,87
2024	13311	7,05
2025	13670	7,25
2026	14039	7,44
2027	14418	7,64
2028	14808	7,85

$$Nc = \frac{Pr}{Nv \cdot Ca}$$

Donde:

$N_C$  = Número de camiones

$P_R$  = Producción de basura diaria (Toneladas)

$N_V$  = Número de viajes

Ca = Capacidad del camión (Toneladas)

Tomando en consideración las proyecciones de población y producción de desechos para 20 años en el Municipio, las características del camión y el número de viajes diarios de recolección diaria para el presente estudio se presentan a continuación:

$N_V = 1$  viaje diario

Camión tipo compactador.

Capacidad de carga: 6 toneladas.

Capacidad de volumen:  $18 \text{ m}^3$

Sustituyendo los valores, se obtienen los datos de la siguiente tabla:

**Tabla XVIII. Cantidad de unidades recolectoras por año**

<b>Año</b>	<b>Peso en toneladas</b>	<b># de unidades</b>	<b>Aproximación</b>
2009	4,73	0,79	1
2010	4,86	0,81	1
2011	4,99	0,83	1
2012	5,12	0,85	1
2013	5,26	0,88	1
2014	5,40	0,90	1
2015	5,55	0,93	1
2016	5,70	0,95	1
2017	5,85	0,98	1
2018	6,01	1,00	2
2019	6,18	1,03	2
2020	6,34	1,06	2
2021	6,51	1,09	2
2022	6,69	1,11	2
2023	6,87	1,14	2
2024	7,05	1,18	2
2025	7,25	1,21	2
2026	7,44	1,24	2
2027	7,64	1,27	2
2028	7,85	1,31	2

Se observa que durante los primeros nueve años de vida del proyecto, será necesaria únicamente una unidad recolectora de seis toneladas, sin embargo, para el año 2018 esta no será suficiente para cubrir la demanda por lo que se deberá tomar una decisión sobre las siguientes alternativas:

- 1º. Adquirir una unidad más de seis toneladas.
- 2º. Cambiar la unidad recolectora de seis toneladas por una de ocho con la que se estaría cubriendo la demanda hasta el año 2028.

### 3.3.6 Determinación del tamaño de la brigada de recolección

La brigada de recolección estará formada por los siguientes miembros:

$$Nr = \frac{N_v * C}{R * H}$$

Donde;

$N_v$  = numero de viajes del camión

C = cantidad de desechos generada por día

R = 425 kg/hombre/hr <sup>23</sup>

H = horas de jornada

Estimando para el sistema, un viaje del camión recolector al día, la cantidad de desechos producida diariamente (Ver Tabla XXI), la constante 425 para la cantidad kilogramos que un hombre puede recolectar por hora y 8 horas para la jornada de trabajo, se obtienen los datos de la siguiente tabla:

---

<sup>23</sup> **Jesús Racero Moreno, Edgar Perez Arriaga.** Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios. Valencia, España p. 8.

**Tabla XIX. Cantidad de miembros brigada de recolección**

<b>Año</b>	<b>Producción diaria (Kg)</b>	<b># Recolectores</b>	<b>Aproximación</b>	<b>Total Brigada (con Chofer)</b>
2009	4730,78	1,39	2	3
2010	4858,51	1,43	2	3
2011	4989,95	1,47	2	3
2012	5124,57	1,51	2	3
2013	5262,90	1,55	2	3
2014	5404,94	1,59	2	3
2015	5550,69	1,63	2	3
2016	5700,68	1,68	2	3
2017	5854,38	1,72	2	3
2018	6012,85	1,77	2	3
2019	6175,03	1,82	2	3
2020	6341,45	1,87	2	3
2021	6512,64	1,92	2	3
2022	6688,60	1,97	2	3
2023	6869,33	2,02	3	4
2024	7054,83	2,07	3	4
2025	7245,10	2,13	3	4
2026	7440,67	2,19	3	4
2027	7641,54	2,25	3	4
2028	7848,24	2,31	3	4

Por lo tanto, se considera que durante los primeros catorce años del proyecto, serán necesarios 3 miembros en la brigada recolectora y deberá incrementarse un miembro en los últimos seis años, a partir del año 2023.

### **3.3.7 Diseño de rutas de recolección**

#### **Sectorización**

##### **Sector A-1**

Zonas: 1, 2 y 5

Camión: N° 1

Número de viajes: 1 viajes/día

##### **Sector A-2**

Zonas: 3, 4 y 6

Camión: N° 1

Número de viajes: 1 viajes/día

#### **Diagramación**

Para la adecuada diagramación de las rutas se deben tomar en cuenta las siguientes reglas:

- a) Evitar duplicaciones, repeticiones y movimientos innecesarios.
- b) Contemplar las disposiciones de tránsito.
- c) Minimizar el número de vueltas izquierdas y redondas, con el propósito de evitar pérdidas de tiempo al cargar, reducir peligros a la tripulación y minimizar la obstaculización del tráfico.

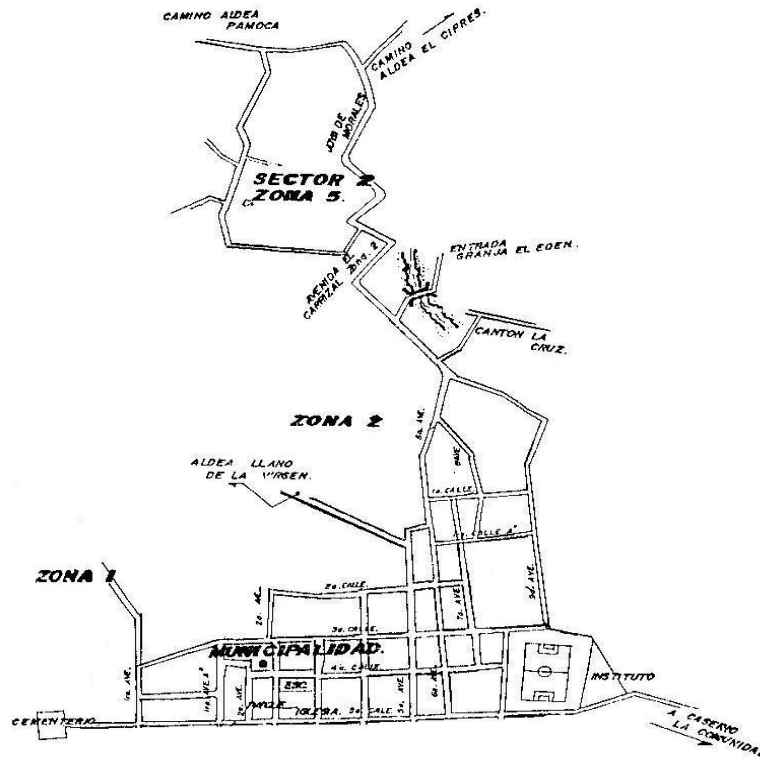
g) Dentro de lo posible, las vías empinadas deben recorrerse cuesta abajo, realizando la recolección de ambos lados de las vías, con el fin de aumentar la seguridad del trabajo, acelerar la recolección, minimizar el desgaste de equipos y reducir el consumo de combustible y aceite.

h) Cuando se usa el trazo "Peine" (recolección de ambos lados de las vías, recorriéndose una vez por cada vía), generalmente es preferible desarrollar las rutas con recorridos largos y rectos antes que dar vueltas a la derecha.

Debido a las características de las vías del Municipio, para el diseño de las rutas de recolección se utiliza la diagramación tipo Peine, en el cual se recolecta de ambos lados de las vías a la misma hora y se recorre únicamente una vez por vía.



**Figura 10. Recorrido ruta 1**

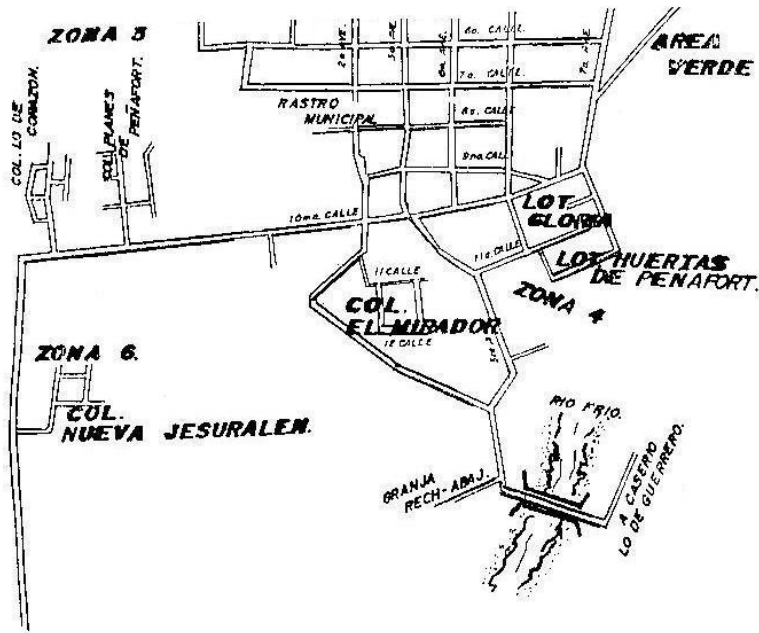


Fuente: Documento de información general Municipalidad de San Raymundo, Departamento de Planificación

**Tabla XX. Alcance ruta 1**

ALCANCE DE RUTA	
Zona 5, Avenida El Carrizal.	
Cantón La Cruz.	
Zona 2:	
* De la 1a. Calle a la 5a. Calle (Todas las avenidas del sector)	
Caserillo La Comunidad.	
Sitios públicos:	
* Municipalidad.	* Parque central.
* Escuela.	* Mercado.
* Instituto.	* Cementerio.

**Figura 11. Recorrido ruta 2**



Fuente: Documento de información general Municipalidad de San Raymundo, Departamento de Planificación

**Tabla XXI. Alcance ruta 2**

ALCANCE DE RUTA	
Zona 3:	
* De la 6a. Calle a la 9 Calle (Todas la avenidas del sector)	
Zona 4:	
* De la 10ma. Calle a la 12 Calle (Todas las avenidas del sector)	
Colonias:	
* Nueva Jerusalén.	* Gloria.
* Lo de Corazón.	* Huertas de Peñafort.
* Planes de peñafort.	* El Mirador.
Caserío Lo de Guerrero.	

### **3.4 Método propuesto de disposición final**

#### **3.4.1 Relleno sanitario**

Es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

##### **3.4.1.1 Descripción del método propuesto**

Tomando en consideración los datos proyectados de habitantes y cantidades de desechos sólidos generados a 20 años (Ver Tabla XX), el método propuesto para el presente estudio es el relleno sanitario.

Esta consideración se basa principalmente de dos condiciones:

1. La topografía del área; los terrenos que potencialmente pueden utilizarse para ese efecto, tienen las condiciones necesarias para este propósito, además, se pueden obtener relativamente a un precio moderado, ya que disponer de ellos para otro fin, haría que cualquier proyecto o propósito resultara muy oneroso.

## 2. El bajo costo de operación y mantenimiento.

El método se utiliza en regiones semi-planas, y consiste en excavar periódicamente zanjas de 2 o 3 metros de profundidad con ayuda de una retroexcavadora. El material extraído se coloca a un costado para luego ser utilizado como material de cobertura. Para facilitar el depósito de las basuras, la trinchera debe ser lo mas ancha posible.

### Volumen de la zanjas

Para calcular el volumen de las zanjas, se debe considerar que al menos tenga una vida útil de 60 días, por lo que se tiene:

$$V_z = \frac{t * DSr * m.c.}{D_{rsm}}$$

Donde:

$V_z$  = Volumen de la zanja ( $m^3$ )

t = Vida útil de la zanja (días)

DSr = Cantidad de RS recolectados (kg/día)

m.c. = Material de cobertura (20%)<sup>24</sup>

$D_{rsm}$  = Densidad de los residuos sólidos en el relleno ( $kg/m^3$ )<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> Manual **Manejo de Desechos Sólidos en Rellenos Sanitarios**. Consorcio Santa Marta. Santiago de Chile.

Para el presente estudio los datos son los siguientes:

$t = 60$  días

m.c. = 0.2

$D_{rsm} = 500 \text{ kg/m}^3$

**Tabla XXII. Volumen de zanja**

<b>Año</b>	<b>Producción diaria (Kg)</b>	<b>Volumen Zanja (<math>m^3</math>)</b>
2009	4730,78	681,23
2010	4858,51	699,63
2011	4989,95	718,55
2012	5124,57	737,94
2013	5262,90	757,86
2014	5404,94	778,31
2015	5550,69	799,30
2016	5700,68	820,90
2017	5854,38	843,03
2018	6012,85	865,85
2019	6175,03	889,20
2020	6341,45	913,17
2021	6512,64	937,82
2022	6688,60	963,16
2023	6869,33	989,18
2024	7054,83	1015,90
2025	7245,10	1043,29
2026	7440,67	1071,46
2027	7641,54	1100,38
2028	7848,24	1130,15

---

<sup>25</sup> La densidad de los residuos sólidos en el relleno sanitario fue extraído del Manual del curso de Autoaprendizaje “**Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales**”. Cuadro 5.1, Capítulo 1, inciso 1.1.

Se observa en la tabla, que el volumen de las zanjas, aumenta a razón del incremento en la producción de desechos (Ver Tabla XIX). Para el año 2028, estas habrán aumentado un sesenta y seis por ciento, comparado con el volumen del año 2009.

### **Dimensiones de la zanja**

De acuerdo con los estudios realizados por el ingeniero Geraldo do Amaral Filho<sup>26</sup>, con el objetivo de evitar contaminar los mantos subterráneos de agua, la zanja tendrá una profundidad de 3 metros y un ancho de 6 metros. La longitud se calcula con la siguiente fórmula:

$$V_z = \text{Ancho} * \text{Profundidad} * \text{Largo}$$

$$\text{Largo} = \frac{V}{\text{Ancho} * \text{Profundidad}}$$

---

<sup>26</sup> Manual **Relleno Sanitario**. Ingeniero Geraldo do Amaral Filho, Dirección Técnica de Salud Ambiental. Brasil 1999.

**Tabla XXIII. Dimensiones de zanja**

<b>Año</b>	<b>Volumen Zanja</b>	<b>Ancho</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Largo</b>
2009	681,23	6	3	38
2010	699,63	6	3	39
2011	718,55	6	3	40
2012	737,94	6	3	41
2013	757,86	6	3	42
2014	778,31	6	3	43
2015	799,30	6	3	44
2016	820,90	6	3	46
2017	843,03	6	3	47
2018	865,85	6	3	48
2019	889,20	6	3	49
2020	913,17	6	3	51
2021	937,82	6	3	52
2022	963,16	6	3	54
2023	989,18	6	3	55
2024	1015,90	6	3	56
2025	1043,29	6	3	58
2026	1071,46	6	3	60
2027	1100,38	6	3	61
2028	1130,15	6	3	63

Del año 2009 al 2028, debido al incremento del volumen de desechos que deberá contener cada zanja (Ver Tabla XVII), el largo de estas aumenta. Para el año 2028, este habrá incrementado sesenta y seis por ciento del largo inicial.

Para evitar inundaciones, a medida que avanza la zona de trabajo, se deben construir canales perimetrales para captar y desviar la lluvia, y en casos extremos puede requerirse el bombeo de agua hasta sectores donde la basura compactada no se vea afectada.

Preparada el área, deben descargarse los desechos al lado contrario al que se encuentra el material de cobertura, aproximadamente 70 centímetros de desechos. Posteriormente debe esparcirse y compactarse en capas horizontales el material de cobertura de 20 centímetros, formando pendientes para obtener el mejor grado de compactación, esto se obtendrá con ayuda de la vibró compactadora. La cobertura correcta es el factor limitante para evitar la presencia de insectos y roedores.

#### **3.4.1.1.1 Determinación del lugar**

Tomando en cuenta que el 20% será ocupado por material de cobertura (tierra) y el 80% restante por desechos sólidos, a continuación los cálculos para determinar el área necesaria para el relleno sanitario.

Producción per cápita = 0.53 kg/día

Densidad de compactación =  $500 \text{ kg}/\text{m}^3$



**Tabla XXIV. Volumen de desechos sólidos generados anualmente**

<b>Año</b>	<b>Producción Percapita (kg)</b>	<b>Producción Diaria (kg)</b>	<b>Densidad de Compactación (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen Requerido Anual (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen Total Requerido Anual (m<sup>3</sup>)</b>
2009	0,53	4730,78	500	3406,16	4258
2010	0,53	4858,51	500	3498,13	4373
2011	0,53	4989,95	500	3592,76	4491
2012	0,53	5124,57	500	3689,69	4612
2013	0,53	5262,90	500	3789,29	4737
2014	0,53	5404,94	500	3891,56	4864
2015	0,53	5550,69	500	3996,50	4996
2016	0,53	5700,68	500	4104,49	5131
2017	0,53	5854,38	500	4215,15	5269
2018	0,53	6012,85	500	4329,25	5412
2019	0,53	6175,03	500	4446,02	5558
2020	0,53	6341,45	500	4565,84	5707
2021	0,53	6512,64	500	4689,10	5861
2022	0,53	6688,60	500	4815,79	6020
2023	0,53	6869,33	500	4945,92	6182
2024	0,53	7054,83	500	5079,48	6349
2025	0,53	7245,10	500	5216,47	6521
2026	0,53	7440,67	500	5357,28	6697
2027	0,53	7641,54	500	5501,91	6877
2028	0,53	7848,24	500	5650,73	7063

$$\text{Volumen total requerido} = \sum_{2009}^{2028} \text{Volumen\_Total\_Requerido\_Anual}$$

$$\text{Volumen total requerido} = 110,977 \text{ m}^3$$

$$\text{Área total requerida} = \frac{\text{Volumen\_total\_requerido}}{\text{Profundidad\_de\_zanjas}}$$

$$\text{Área total requerida} = \frac{110,977m^3}{3m} = 36,993 m^2 = 3.79 \text{ Manzanas}$$

Área total requerida = 3.79 Manzanas

El área útil para el relleno sanitario debe tener una dimensión de 3.79 manzanas, sin embargo, este debe contar con espacios libres los cuales son utilizados para separación de zanjas, parqueos, garita, tuberías y depósitos de lixiviados; lo que hace que el terreno necesario sea de 6.5 manzanas.

Las dimensiones de este se han calculado para una vida útil de 20 años. Además, este debe estar ubicado a una distancia mayor de 600 metros del casco urbano y a una distancia mayor de 300 metros de una vivienda.

Habiendo recorrido las periferias del Municipio, se consideran 2 terrenos que reúnen las características necesarias:

1. Granja # 11, sección C. Fraccionamiento El Edén, Municipio de San Raymundo. Propietario: Oscar Estrada
2. Km. 3 Carretera San Raymundo a El Carrizal, Finca "Los Torreones". Municipio de San Raymundo. Propietario: Pablo Toxcon.

**Figura 12. Terreno 1**



Fuente: Fotografía: Carlos Haroldo Estrada Marroquín. Guatemala, Agosto 2009. Granja # 11, sección C. Fraccionamiento El Edén, Municipio de San Raymundo.

**Figura 13. Terreno 2**



Fuente: Fotografía: Carlos Haroldo Estrada Marroquín. Guatemala, Agosto 2009. Km. 3 Carretera San Raymundo a El Carrizal, Finca “Los Torreones”. Municipio de San Raymundo.

Cabe mencionar que la negociación y adquisición del mismo, deberá llevarse a cabo por la Municipalidad.

### **3.4.1.1.2 Infraestructura necesaria**

#### **3.4.1.1.2.1 Garita de control**

El Propósito fundamental de contar con el área de garita y guardianía, será para controlar el ingreso y paso del camión que contienen los desechos sólidos, así como también contar con una vivienda adecuada para los guardianes; esto con el fin de que las personas que laboren y habiten en dicho lugar velen por el buen funcionamiento del relleno sanitario. Esta debe estar ubicada en la entrada al área de relleno.

Las dimensiones propuestas para esta son: 4 metros \* 5.5 metros, los cuales estarán formados por los siguientes ambientes: área de trabajo, dormitorio con servicio sanitario, comedor y cocineta. Las características de construcción son las siguientes (Ver sección de Apéndice, pág. 186 y sección de costos):

- Muros de mampostería.
- Losa tradicional.
- Acabados de paredes/losa de repello y cernido.
- Torta de cemento.
- Puertas metálicas.
- Ventanas de vidrio con marcos de aluminio.
- Instalaciones eléctricas e hidráulicas.

#### **3.4.1.1.2.2 Circulación**

El área total del relleno sanitario debe ser circulada con block y malla con el objetivo de evitar el ingreso de personas extrañas o animales domésticos, los cuales perjudican el normal desarrollo del relleno sanitario.

La circulación propuesta es de una altura total de 2.5 metros, la cual esta compuesta por 1.50 metros de block y 1 metro de malla tipo gallinero, así mismo, cada 2 metros tendrá columnas de hierro de 3/8" (Ver sección de Apéndices, pág. 185 y sección de costos).

#### **3.4.1.1.2.3 Drenajes**

Se deben construir drenajes internos en la zanja, los cuales servirán para recolectar los lixiviados, que no solo son generados por la esorrentía de los desechos sino también por la lluvia que cae en el área del relleno sanitario. Estos deben ser de material Polietileno de alta densidad de 4 pulgadas, los deberán estar instalados con una pendiente de 3% y gravitacionalmente conducirán el líquido hasta el depósito final de estos líquidos, el cual será construido de concreto reforzado con caja de desagüe.

Sobre la base de las observaciones realizadas en varios rellenos pequeños, se puede afirmar que la generación de lixiviado se presenta fundamentalmente durante los periodos de lluvias y unos cuantos días después, y se interrumpe durante los periodos secos.<sup>27</sup> El cálculo de la generación de lixiviado se realiza en función de la precipitación de los meses de máxima lluvia. A continuación, el calculo del caudal de lixiviados generados por un zanja durante un mes. (Ver sección de Apéndices, pág. 184 y sección de costos)

$$Q_{lm} = P_m * A * K$$

Donde;

$Q_{lm}$  = caudal de lixiviado máximo generado en un mes (  $m^3 / mes$  )

$P_m$  = precipitación de lluvia máxima mensual (  $mm / mes$  )

$K$  = coeficiente de compactación de la basura

$A$  = área superficial del relleno

Para el presente estudio, los datos son los siguientes:

$$P_m = 460.30 \text{ mm/mes}^{28}$$

$$K = 0.15^{29}$$

---

<sup>27</sup> Manual del curso de Autoaprendizaje “**Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales**”. Inciso 9. Generación de líquido o percolado.

<sup>28</sup> El  $P_m$  fue extraído de las tablas de Estadísticas Climáticas del **Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrológica de Guatemala (INSIVUMEH)**. Junio, año 2008.

<sup>29</sup>  $K = 0.15$ , para rellenos sanitarios manuales. Manual del curso de Autoaprendizaje “**Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales**”. Sección 9, Inciso 9.1.

**Tabla XXV. Volumen de lixiviado generado al mes para 20 años**

<b>Año</b>	<b>Área Zanja (m2)</b>	<b>Precipitación de Lluvia Máxima Mensual (mm/mes)</b>	<b>Coefficiente Compactación Basura</b>	<b>Caudal de Lixiviado Generado al Mes (m3/mes)</b>
2009	228	460,3	0,15	15,74
2010	234	460,3	0,15	16,16
2011	240	460,3	0,15	16,57
2012	246	460,3	0,15	16,99
2013	252	460,3	0,15	17,40
2014	258	460,3	0,15	17,81
2015	264	460,3	0,15	18,23
2016	276	460,3	0,15	19,06
2017	282	460,3	0,15	19,47
2018	288	460,3	0,15	19,88
2019	294	460,3	0,15	20,30
2020	306	460,3	0,15	21,13
2021	312	460,3	0,15	21,54
2022	324	460,3	0,15	22,37
2023	330	460,3	0,15	22,78
2024	336	460,3	0,15	23,20
2025	348	460,3	0,15	24,03
2026	360	460,3	0,15	24,86
2027	366	460,3	0,15	25,27
2028	378	460,3	0,15	26,10

En la Tabla XXV, se observa que el volumen de lixiviados aumenta mensualmente a pesar que la precipitación máxima pluvial es constante durante los 20 años de vida del proyecto, esto es debido a que durante los 20 años del proyecto se toma como constante la precipitación máxima mensual en la región y la variable que varia debido al incremento en la generación de los desechos anualmente es el área de las zanjas (Ver Tabla XXIII). Por tal razón, para el año 2028 el volumen generado por zanja se habrá incrementado un sesenta y seis por ciento del generado para el año 2009.

#### **3.4.1.1.2.4 Respiraderos**

Los drenajes de gases, deben estar constituidos por tubería perforada de polietileno de alta densidad y revestidos con piedras, los cuales funcionaran como chimenea o tubos de ventilación que atraviesan en sentido vertical todo el relleno.

Estos drenajes se deben construir verticalmente a medida que avanza el relleno y se debe procurar que su entorno este bien compactado. Se recomienda que cada una tenga un diámetro de 0.3 metros y que sean instaladas cada 30 metros.

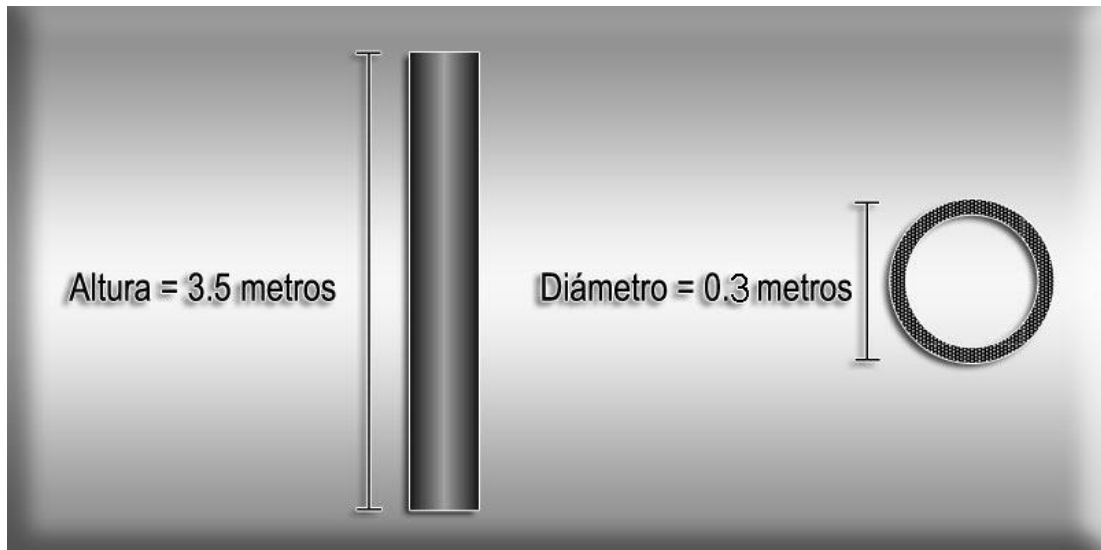
**Figura 14. Respiraderos para biogás**



Fuente: Internas Geosynthetics

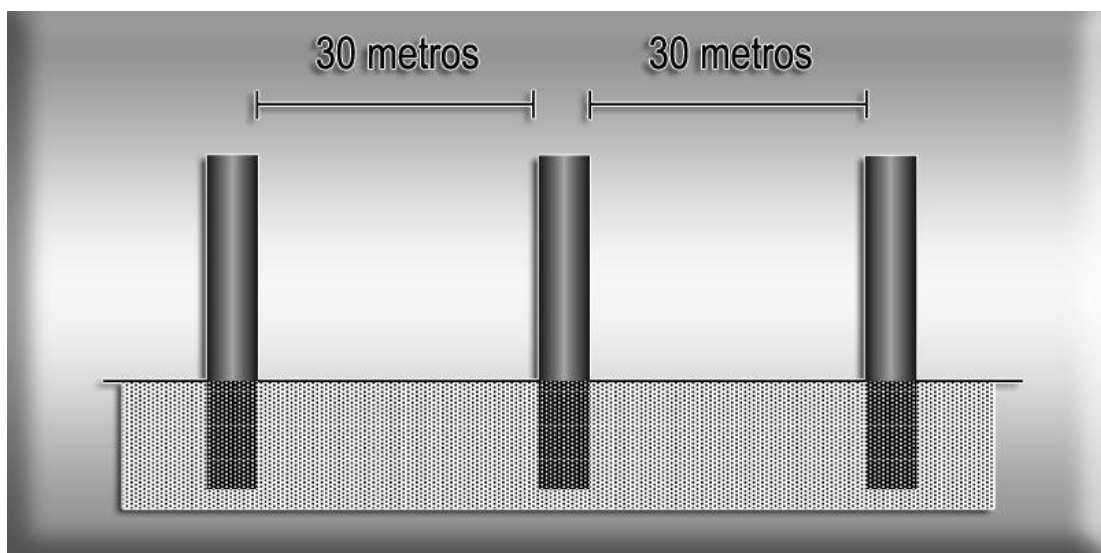


**Figura 15. Dimensiones de los respiraderos**



Fuente: Carlos Haroldo Estrada Marroquín, Agosto 2009.

**Figura 16. Distancia entre respiraderos**



Fuente: Carlos Haroldo Estrada Marroquín, Agosto 2009.

### **3.4.1.1.3 Maquinaria y equipo**

Para un adecuado funcionamiento del relleno sanitario, se debe contar con la maquinaria y equipo necesarios, los cuales facilitaran la disposición final de los desechos.

#### **3.4.1.1.3.1 Retroexcavadora**

Su fin es preparar las zanjas para la disposición final de los desechos sólidos, acondicionar el material con el cual se cubrirán los desechos y cargar los camiones para el transporte y distribución del material de cobertura.

Debido a que el Municipio actualmente no cuenta con una retroexcavadora y su costo de adquisición es elevado, se recomienda el alquiler de la maquinaria para la excavación periódica de las zanjas, las cuales tendrán una vida útil de 60 días.

El tiempo requerido para la excavación de la zanja y el movimiento de tierra en general dependerá mucho del material del suelo, del tipo y la potencia de la máquina, de su sistema de tracción y de la pericia del conductor. A continuación, el cálculo de las horas/máquina necesarias para excavar un zanja.

$$T_{excavación} = \frac{V_z}{R * J}$$

Donde:

$T_{excavación}$  = tiempo de la maquinaria para la excavación de la zanja ( *día* )

$R$  = rendimiento de excavación del equipo pesado (  $m^3 / hora$  )<sup>30</sup>

$V_z$  = volumen a excavar (  $m^3$  )

$J$  = jornada de trabajo diaria (  $horas / día$  )<sup>31</sup>

---

<sup>30</sup> Manual de especificaciones para Retroexcavadora Caterpillar Modelo 420E IT

<sup>31</sup> Código de trabajo, Capítulo Tercero: Jornadas de Trabajo, Artículo: 116.

**Tabla XXVI. Tiempo de maquinaria de excavación por año**

<b>Año</b>	<b>Volumen Total Requerido Anual (m3)</b>	<b>Rendimiento de Excavación (m3/hora)</b>	<b>Jornada de Trabajo (horas)</b>	<b>Tiempo de Excavación (horas)</b>
2009	4258	81	8	6,57
2010	4373	81	8	6,75
2011	4491	81	8	6,93
2012	4612	81	8	7,12
2013	4737	81	8	7,31
2014	4864	81	8	7,51
2015	4996	81	8	7,71
2016	5131	81	8	7,92
2017	5269	81	8	8,13
2018	5412	81	8	8,35
2019	5558	81	8	8,58
2020	5707	81	8	8,81
2021	5861	81	8	9,05
2022	6020	81	8	9,29
2023	6182	81	8	9,54
2024	6349	81	8	9,80
2025	6521	81	8	10,06
2026	6697	81	8	10,33
2027	6877	81	8	10,61
2028	7063	81	8	10,90

El tiempo para excavar los 110,977  $m^3$  necesarios para que el relleno sanitario tenga una vida útil de 20 años es de aproximadamente 171.5 horas. Con el objetivo que el invierno no socave las zanjas a causa de las fuertes lluvias, tomando en cuenta que cada zanja tendrá una vida útil de dos meses y en base a los datos históricos proporcionados por el INSIVUMEH, los cuales indican que en la región del Municipio se presenta lluvia durante 6 meses al año, se recomienda a la Municipalidad dividir el proceso de excavación en las siguientes fases:

### **Fases de excavación<sup>32</sup>**

**Fase 1 (tiempo sin lluvia):** Excavar las zanjas para los meses de enero, febrero, marzo y abril.

**Fase 2 (tiempo con lluvia):** Excavar mensualmente, únicamente el área de zanja que se utilizara en ese periodo de tiempo (media zanja), durante los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre que son los meses en donde se presenta mayor precipitación pluvial.

**Fase 3 (tiempo sin lluvia):** Excavar la zanja para los meses noviembre y diciembre.

#### **3.4.1.1.3.2 Vibro compactadora**

Destinada a la compactación de las basuras y materiales de cobertura una vez depositadas en las zanjas. Para el caso del presente estudio, tomando en consideración que el relleno sanitario será manual, se propone utilizar un rodo compactador pequeño el cual cumpla con la función requerida y su costo sea menor al de una vibro compactadora de tamaño normal.

---

<sup>32</sup> Tablas de Estadísticas Climáticas del **Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrológica de Guatemala (INSIVUMEH)**. Guatemala, año 2009.

**Figura 17. Rodo compactador**



Fuente: Ibero Equipos S.A.

#### **3.4.1.1.4 Recurso humano**

Para el adecuado funcionamiento del relleno sanitario, es indispensable contar con el siguiente equipo de trabajo:

- 1 operador de rodo compactador
- 1 operador de retroexcavadora (al alquilarla incluye operador)
- 1 peón ayudante
- 2 guardianes (turnos 24\*24)

Los operadores de la maquinaria así como el peón ayudante, deben contar con el siguiente equipo de protección:

- Casco
- Guantes de cuero
- Lentes protectores
- Mascarillas
- Botas de hule

### **3.5 Propuesta de adopción de normativas del manejo de desechos**

Antes de poner en marcha el presente proyecto, es de suma importancia que la Municipalidad desarrolle y adopte un reglamento de “Manejo de Desechos Sólidos”, el cual sea dirigido a domicilios, comercios, hospitales, centros de salud, clínicas dentales, laboratorios y clínicas médicas.

Su objetivo general debe ser, dotar a la población del Municipio de San Raymundo de un documento oficial que dentro de un marco legal, norme el manejo técnico y eficiente de los desechos sólidos infecciosos y no infecciosos, reduciendo los riesgos para la salud de sus habitantes y evitando la contaminación del medio ambiente.

A continuación los objetivos específicos que el reglamento debe de abarcar:<sup>33</sup>

---

<sup>33</sup> Reglamento para el manejo de residuos sólidos del Municipio de Zapopan, Jalisco. Título Primero. Artículo 2°.

- Regular la prestación del servicio público consistente en limpia, recolección, transporte, tratamiento, reciclaje, transferencia y disposición final de residuos.
- Regular la gestión integral de los residuos en el Municipio.
- Promover el establecimiento de medidas que prevengan el deterioro de los ecosistemas en el manejo y disposición final de residuos.
- Normar la política en materia de gestión de residuos sólidos en el Municipio.
- Fijar atribuciones y obligaciones en materia de recolección y procesamiento de residuos sólidos, ejerciendo las siguientes acciones:
  - a. Realizar la recolección y transporte de residuos sólidos urbanos de los centros de población a su destino final.
  - b. Obtener el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos.
  - c. La operación de rellenos sanitarios, el composteo o industrialización en el caso de la basura.
  - d. Coadyuvar a la preservación del ecosistema.
  - e. Obtener el aseo y saneamiento de los centros de población.



f. Promover la cooperación ciudadana para la limpieza de la ciudad, estableciendo las bases para difundir y desarrollar una nueva cultura en la prevención, en la generación y el manejo de los residuos sólidos, más acorde con la problemática actual del Municipio en esta materia, con el propósito de que tanto la población como los servidores públicos contribuyan a su solución.

g. Promover la tradición del Municipio como limpio y hospitalario.

h. Evitar por todos los medios que los residuos sólidos o desechos originen focos de infección, peligro o molestias para la ciudad o generen la propagación de enfermedades.

i. Señalar a las autoridades municipales los medios materiales y legales para llevar a cabo las acciones de programación, ejecución, inspección, vigilancia, control y evaluación del aseo público a través de las unidades administrativas competentes.

- Fijar derechos y obligaciones para la ciudadanía en general en materia de aseo público y generación de residuos sólidos.



## **4. IMPLEMENTACION DEL NUEVO SISTEMA**

### **4.1 Campaña de concientización**

El problema de la basura en el Municipio de San Raymundo ha sido uno de los menos atendidos a pesar de su indiscutible importancia.

La falta de conciencia de la población, ocasionada muchas veces por la poca información sobre el manejo adecuado de los desechos sólidos, genera grandes problemas de disposición de residuos que diariamente se acumulan en grandes cantidades que no pueden ser eliminadas fácilmente.

Como un esfuerzo por contribuir a mejorar esta problemática se presenta la siguiente campaña de concientización, cuyo objetivo general es fomentar una conciencia ambientalista sobre el manejo de la basura, para que el habitante en general y los estudiantes en particular, actúen responsablemente y colaboren en la limpieza del Municipio.


#### **4.1.1 Volanteo**

Para informar a la mayor cantidad de habitantes sobre las ventajas de la implementación del proyecto de mejora para el sistema de gestión de desechos con el que el Municipio actualmente cuenta, es necesaria la utilización de un sistema de comunicación que permita distribuir información en forma masiva y para una audiencia en general.

Por esta razón se propone la utilización del método de información por volanteo, el cual deberá llevarse a cabo de casa en casa y en los lugares más transitados del Municipio, como parques, iglesias y sus principales calles.

**Figura 18. Diseño volante para campaña de concientización**

***San Raymundo sólo hay UNO***  
¡no lo contamines!



***Deposita la basura en su lugar.***

**Sabías que:**

- Al enterrar la basura en el patio de tu casa estas contaminando las aguas subterráneas.
- El acumular basura en tu casa produce criaderos de moscas y roedores, los cuales son causantes de enfermedades que pueden ocasionar hasta la muerte.
- El tirar la basura en lugares no adecuados crea focos de contaminación los cuales contaminan el ambiente.
- La contaminación de los ríos y nacimientos de agua vuelve inservible el agua para el ser humano además de acabar con la naturaleza.

**¿Qué debemos hacer?**

- Tirar la basura dentro de los recipientes adecuados.
- El bote de basura debe mantenerse siempre cerrado.
- Evita utilizar bolsas plásticas para guardar los desechos, es mejor que utilices botes plásticos con tapadera.
- Utilizar el servicio de los camiones recolectores de basura, quienes se encargan de llevarla al sitio indicado.
- Cuando te encuentres fuera de tu casa y necesites tirar basura, busca el bote más cercano. NO la tires en la calle.
- Si no tienes un bote cerca de basura, guárdala y deposítala al llegar a tu casa.

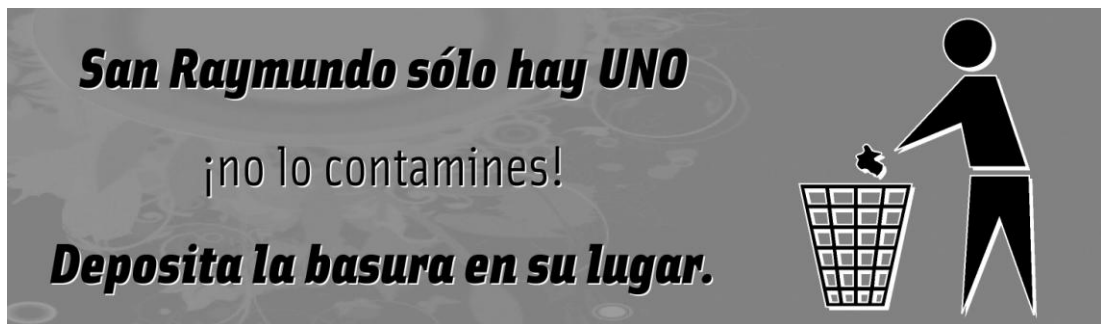
***Recuerda... el cambio está en ti. Empieza hoy mismo, pasa la bola.***

Fuente: Carlos Haroldo Estrada Marroquín, Agosto 2009.

#### 4.1.2 Mantas y carteles

Con el mismo objetivo del inciso anterior, pero orientado a informar a la población que transita por los puntos más concurridos del Municipio, se propone la utilización de mantas y carteles, los cuales deben contener un lenguaje simple, una limitada cantidad de información y una fluidez clara y lógica. Además, deben de estar ubicados en puntos estratégicos que permitan una perfecta visualización.

Figura 19. Diseño manta para campaña de concientización



Fuente: Carlos Haroldo Estrada Marroquín, Agosto 2009.

Figura 20. Diseño afiche para campaña de concientización

**San Raymundo sólo hay UNO**  
¡no lo contaminen!



**Deposita la basura en su lugar.**

Sabías que:

- Al enterrar la basura en el patio de tu casa estas contaminando las aguas subterráneas.
- El acumular basura en tu casa produce criaderos de moscas y roedores, los cuales son causantes de enfermedades que pueden ocasionar hasta la muerte.
- El tirar la basura en lugares no adecuados crea focos de contaminación los cuales contaminan el ambiente.
- La contaminación de los ríos y nacimientos de agua vuelve inservible el agua para el ser humano además de acabar con la naturaleza.

¿Qué debemos hacer?

- Tirar la basura dentro de los recipientes adecuados.
- El bote de basura debe mantenerse siempre cerrado.
- Evita utilizar bolsas plásticas para guardar los desechos, es mejor que utilices botes plásticos con tapadera.
- Utilizar el servicio de los camiones recolectores de basura, quienes se encargan de llevarla al sitio indicado.
- Cuando te encuentres fuera de tu casa y necesites tirar basura, busca el bote más cercano. NO la tires en la calle.
- Si no tienes un bote cerca de basura, guárdala y deposítala al llegar a tu casa.

**Recuerda... el cambio está en ti. Empieza hoy mismo, pasa la bola.**

Fuente: Carlos Haroldo Estrada Marroquín, Agosto 2009.

Para el presente estudio se propone sean ubicados en los siguientes sitios:

## **Mantas**

- 5ª. Calle frente al parque municipal.
- Al final de la 5ª. Calle frente al Instituto de Educación Pública.
- 12ma. Calle, frente a la entrada de la colonia El Mirador Zona 4.
- 10ma. Calle, frente a la entrada de la colonia Planes de Peñafort.
- 1ª. Calle 2ª, inicio camino Aldea Llano de La Virgen.
- Unión de Avenida El Carrizal y 6ª. Avenida de la Zona 2.
- Al finalizar Avenida El Carrizal y donde inicia el camino para Aldea Pamoca.
- 5ª. Calle Zona 3, frente al Mercado Municipal.

## **Carteles**

- Iglesias
- Colegios y escuelas
- Mercado municipal y comercios más concurridos.
- Municipalidad
- Estadio

### **4.1.3 Campañas escolares**

En el caso de colegios, escuelas e institutos, para efectos de campaña de concientización sobre el buen manejo de los desechos sólidos y con el objetivo de captar la atención del estudiante, se propone la distribución de una historieta formada por imágenes, en la cual se presenta un día cualquiera de la vida de dos niños estudiantes.

El primer escenario muestra la vida en casa de Juanito, en donde viven con buenos hábitos sobre el manejo de los desechos, depositan la basura en los recipientes adecuados, contratan el servicio de extracción de basuras, su casa se mantiene limpia y libre de insectos y roedores, el segundo escenario es el caso contrario a este; muestra la vida en casa de Pedrito, en donde se vive con malos hábitos sobre el manejo de las basuras, estas se acumulan dentro y fuera de la vivienda, convirtiéndose en criaderos de insectos y animales roedores que luego ingresan a la vivienda a contaminar los alimentos que los habitantes consumen, contrayendo así enfermedades que pueden causar hasta la muerte.



Figura 21. Historieta para campaña de concientización escolar

## VIVAMOS LIBRES de basura

**Esta es la historia de dos pequeños amigos, la cual muestra los problemas que ocasiona el mal manejo de la basura dentro de nuestra vivienda.**

**Juanito se comerá un helado y al destaparlo deposita el empaque en el bote para basura.**

**Pedrito también se comerá un helado pero al destaparlo tira la basura en el suelo.**

**En casa de Juanito su mamá entrega siempre la basura a los recolectores que pasan recogiendo la basura en la puerta de su hogar.**

**Por el contrario, en casa de Pedrito su mamá acumula toda la basura en su patio, lo que ocasiona criaderos de moscas y ratas.**

**Por la noche, Juanito come fruta del canasto que se encuentra en la mesa de su cocina.**

**Las moscas y ratas que se crían en el lugar donde la mamá de Pedrito acumula la basura contaminan la fruta que él se come sin el pensar el daño que le están haciendo.**

**Al día siguiente, Juanito va a la escuela y encuentra el escritorio de Pedrito vacío... él no fue a estudiar. Juanito se pregunta... ¿Por qué no habrá llegado?**

**Pedrito pasa la noche muy enfermo y es llevado al hospital debido a que los alimentos que comió estaban contaminados.**

**Juanito fue a visitar a su amigo al hospital y él le cuenta que se enfermó porque los animales que crecen en la basura acumulada en su casa contaminaron la fruta que comió.**

**Juanito y Pedrito deciden limpiar juntos la basura acumulada en casa de Pedrito y luego la entregan al camión recolector.**

**Luego del problema que tuvo que pasar Pedrito, en su casa entendieron la importancia de depositar la basura en los botes adecuados y luego entregarlos al camión recolector, quien se encarga de llevar la basura al lugar indicado.**

**Para evitar contraer enfermedades y contaminar el medio ambiente, es necesario que tires la basura en los botes indicados y que en tu casa entreguen la basura al camión recolector, con esto tu casa estará siempre limpia, libre de moscas y animales que puedan ocasionar enfermedades y hasta la muerte.**

Fuente: Carlos Haroldo Estrada Marroquín, Agosto 2009.

## **4.2 Costos de implementación**

Los costos de implementación del sistema, serán divididos en dos partes:

- Recolección de los desechos.
- Disposición final de los desechos.

### **4.2.1 Recolección de los desechos**

Para la recolección de los desechos, los costos de inversión serán divididos en los siguientes rubros:

#### **4.2.1.1 Camiones recolectores**

Debido a las características del camión propuesto para el presente estudio, su costo es elevado, sin embargo, se aconseja a la Municipalidad llevar a cabo una licitación, en la cual participen empresas privadas dedicadas a este trabajo y expertas en el tema. Para obtener información sobre la localización y el funcionamiento de estas empresas, la Municipalidad debe dirigirse a la Asociación de Recolectores y Transportistas de Desechos de Guatemala (ARTRADESGUA), ubicada en la Octava Calle 15-73, zona 6, Ciudad de Guatemala.

**Tabla XXVII. Costo inversión camión recolector**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
1	Camión Hino Modelo W04D-TI Motor Diesel 4 tiempos Potencia: 130 Hp Capacidad de carga: 6 Ton Cabina: Acero anticorrosivo con capacidad de volteo	\$. 59,162.80
<b>TOTAL</b>		<b>\$. 59,162.80</b>

Fuente: CODACA S.A. Guatemala, Motores HINO de Guatemala. Calzada Roosevelt 11-76, zona 7.

Fecha de cotización: 23/04/2009

#### **4.2.1.2 Brigada de recolectores**

Según datos proporcionados por ARTRADESGUA, los sueldos que actualmente se manejan para los empleados de las diferentes empresas recolectoras son los siguientes:

**Tabla XXVIII. Costo brigada de recolectores**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>SUELDO</b>
Piloto	Q.2,300.00
Recolectores	Q.1,612.00

Fuente: Los sueldos propuestos son datos manejados por las empresas recolectoras de la ciudad de Guatemala y fueron proporcionados por ARTRADESGUA.

Al concesionar el servicio de recolección de basuras, se debe tener en consideración que la empresa seleccionada, atienda y cumpla con los reglamentos y leyes laborales de sus empleados.

#### **4.2.1.3 Personal municipal de limpieza**

Debido a que este costo debe ser cubierto por la Municipalidad, la cantidad de personas a laborar como personal de limpieza, dependerá del presupuesto que esta tenga estipulado para el tema. A continuación, el sueldo propuesto para este personal:

**Tabla XXIX. Costo personal de limpieza municipal**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>SUELDO</b>
Personal de limpieza municipal	Q.1,612.00

Fuente: El sueldo propuesto es el establecido como sueldo mínimo por el Ministerio de Trabajo de Guatemala, Q.52.00/día para trabajos no agrícolas. Fecha: 25/04/2009. <http://www.mintrabajo.gob.gt/>

#### 4.2.1.4 Contenedores de basura en puntos fijos

**Tabla XXX. Costo contenedor de basura para el mercado municipal**

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Contenedor de acero para recogida periódica de papel, cartón, cristales y desechos Orgánicos. <b>Dimensiones:</b> 4m * 2 m * 1.4m	Q.6,500.00
<b>TOTAL</b>	Q.6,500.00

Fuente: Industrias ALFASA S.A. Calzada San Juan 9-65, Zona 7, Ciudad de Guatemala.

## 4.2.2 Disposición final de los desechos

### 4.2.2.1 Inversión inicial

La inversión inicial se desglosa de la siguiente forma:

#### 4.2.2.1.1 Terreno

Según datos proporcionados por la Municipalidad, un terreno de 6.50 manzanas, que llene los requerimientos necesarios, tiene un costo aproximado de:

**Tabla XXXI. Inversión terreno**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
Terreno semi-plano de 6.5 hectáreas	Q.6,500,000.00
<b>TOTAL</b>	Q.6,500,000.00

Fuente: Departamento de Tesorería de la Municipalidad de San Raymundo

#### 4.2.2.1.2 Infraestructura

**Tabla XXXII. Costo de zanjas por año (6 zanjas)**

Descripción	Cantidad	Unidad	P/Unidad	Costo
Zanja	6	uni	Q.34,020.00	Q.204,120.00
Geomenbrana	6	uni	Q.6,806.25	Q.40,837.50
Tubería para biogas	6	uni	Q.736.21	Q.4,417.26
Tanque para lixiviado	1	uni	Q.5,700.00	Q.5,700.00
Tubería para lixiviado	1	globla	Q.4,320.00	Q.4,320.00
Cuneta	6	uni	Q.8,036.00	Q.48,216.00
Tubería drenaje pluvial	1	globla	Q.3,420.00	Q.3,420.00
				<b>Q.311.030,76</b>

Fuente: Los costos son aproximados y fueron calculados por la Arquitecta Infieri Andrea Aviles

**COSTO DE ZANJAS POR LOS 20 AÑOS** **Q 6.220.615,20**

**Tabla XXXIII. Costo relleno general**

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Unidad	P/Unidad	Costo
Muro de circulación	3898	m <sup>2</sup>	Q.275.00	Q.1,072,170.00
Portón de metal 10m	1	uni	Q.11,000.00	Q.11,000.00
Torta para parqueo	200	m <sup>2</sup>	Q.75.00	Q.15,000.00
Garita de control	27,5	m <sup>2</sup>	Q.1,400.00	Q.38,500.00
Área zanjas	1	globa	Q.6,220,615.20	Q.6,220,615.20
				<b>Q.7,357,285.20</b>

Fuente: Los costos son aproximados y fueron calculados por la Arquitecta Infieri Andrea Aviles

#### 4.2.2.1.3 Maquinaria y equipo

Debido a que la operación de relleno sanitario debe estar a cargo de la Municipalidad y esta debe incurrir en los costos de su instalación y operación. Se proponen dos alternativas respecto a la maquinaria:

##### Alternativa 1

Compra de maquinaria pesada nueva. Estaría formada por una retroexcavadora y un rodo compactador manual, los cuales se proponen sean marca Caterpillar por su calidad, durabilidad y respaldo técnico; estos pueden ser adquiridos en GENTRAC Guatemala.

**Tabla XXXIV. Inversión maquinaria**

<b>Maquinaria</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Retroexcavadora Caterpillar Modelo 420E IT	Motor: Diesel Cat c4,4 ACERT DIT Cilindrada: 268 plg3 / 4,4 L Potencia Neta: 93 hp / 69 kw Rotación de cucharón: 205 grados Peso en orden de trabajo: 11,000 kg Brazo extendido: 5,45 m	\$100.000.00
Rodo compactador Stone Modelo Wolfpac 3100D	Motor: Diesel Kubota de 20 Hp Tambores fresados de 90 cm Operable hasta pendientes de 30% Peso operacional 1575 Kg Fuerza excéntrica 13.3 KN	\$ 26,000.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$126,000.00</b>

Fuente: Retroexcavadora - Gentrac de Guatemala, Rodo – Ibero Equipos de Guatemala.



## Alternativa 2

Tomando en consideración que únicamente son necesarias 171.5 horas de funcionamiento de la Retroexcavadora (Ver sección 3.4.1.1.3.1) durante los 20 años de vida propuestos para el Relleno Sanitario, se propone el alquiler de ésta conforme se necesite.

Para el caso del rodo compactador, cuya utilización es diaria; se propone que la misma, sea adquirida por la Municipalidad.

**Tabla XXXV. Costo alquiler retroexcavadora**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO POR HORA</b>	<b># HORAS REQUERIDAS</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Alquiler retroexcavadora	Q. 140.00	171.5	Q.24,010.00
<b>TOTAL</b>			<b>Q.24,010.00</b>

Fuente: El dato de alquiler por hora, es un aproximado del costo manejado por empresas dedicadas al alquiler de maquinaria pesada del sector.

**Tabla XXXVI. Inversión equipo**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
1	Pala	Q.80.00
1	Carreta	Q.250.00
5	Cascos	Q.250.00
3	Lentes protectores	Q.60.00
5	Mascarillas	Q.100.00
3	Pares de guantes de cuero	Q.150.00
5	Pares de botas de hule	Q.250.00
<b>TOTAL</b>		<b>Q.1,170.00</b>

Fuente: Precios aproximados manejados por las ferreterías del Municipio.

#### 4.2.2.2 Operación

Los costos de operación ser dividirán de la siguiente forma:

##### 4.2.2.2.1 Combustibles y lubricantes

Para determinar el consumo de combustible de ambas maquinas, se debe hacer en función de las horas de trabajo por galón de combustible que cada maquina consume y éstas dependerán principalmente de las condiciones del terreno, la destreza del operador y el estado de la maquinaria. Como es maquinaria que se opera a diversidad de rpm del motor, es sumamente difícil tener un dato constante del consumo. Sin embargo, existe el dato de cuanto consume el motor en altas revoluciones y con máxima carga lo cual arrojaría el parámetro más alto que podría consumir en un tiempo determinado, a continuación se presenta el detalle:

**Tabla XXXVII. Rendimiento combustible por maquinaria**

<b>Maquinaria</b>	<b>Rendimiento por hora/galón</b>
Retroexcavadora	0.66 horas/galon
Rodo compactador	2 horas/galón

Fuente: Retroexcavadora - Gentrac de Guatemala, Rodo – Ibero Equipos de Guatemala.

#### 4.2.2.2.2 Mantenimiento de maquinaria y equipo

**Tabla XXXVIII. Mantenimiento retroexcavadora 420E IT**

DESCRIPCION	COSTO
<b>Servicio cada 250 horas o mensual</b> Eje respiraderos - Limpieza / Reemplazo Cinturones - Inspección / Ajuste / Reemplazo Diferencial del nivel de aceite (frontal) – Chequeo Diferencial del nivel de aceite (posterior) - Chequeo Almohadillas de la Barra Ampliable - Inspección / Ajuste Nivel final de aceite de la transmisión (frontal) – chequeo Nivel final de aceite de la transmisión (posterior) - chequeo Poder del estabilizador lateral uso de almohadillas - inspección Estabilizador lateral – inspección / ajuste	Q.2,500.00
<b>Servicio cada 500 horas o trimestral</b> Diferencial de Muestra de aceite (frontal) - Obtención Diferencial de muestra de aceite (posterior) – Obtención Aceite del motor y filtro – Cambio Muestra final de aceite de transmisión (frontal) - Obtención Sistema de filtro de combustible y separador de agua - reemplazo Sistema de filtro de combustible secundario - reemplazo Muestra de aceite hidráulico - obtención Sistema de filtro de aceite hidráulico – reemplazo Filtro de aceite de transmisión Muestra de aceite de transmisión - obtención	Q.4,300.00
<b>Servicio cada 1000 horas o semestral</b> Pestaña de motor de válvulas – chequeo Aceite diferencial (frontal) - cambio Aceite final de transmisión (frontal) - cambio Estructura de protección - inspección Pantalla de transmisión magnética - limpieza Aceite de Transmisión – Cambio Cojinetes de rueda (frontal) – Lubricación	Q.8,000.00
<b>Servicio cada 2000 horas o anual</b> Respiro del cárter del motor – Reemplazo Sistema hidráulico de aceite – Cambio Secadora receptora (refrigerante) - Reemplazo	Q.9,700.00

Fuente: GENTRAC de Guatemala. Fecha de cotización: 10/02/2009

**Tabla XXXIX. Mantenimiento rodo compactador**

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
<b>Servicio a las 50 horas de uso</b> Cambio de aceite y filtro del motor Engrase Revisión de equipo	Q.440.00
<b>Servicio cada 250 horas</b> Revisión general del motor Cambio de aceite y filtro del motor Engrase y revisión general del equipo Revisión del sistema hidráulico	Q.1,480.00
<b>Servicio cada 500 horas</b> Cambio líquidos motor Cambio líquidos sistema hidrostático Cambio filtros del motor Cambio filtros sistema hidrostático	Q.3,600.00

Fuente: Ibero Equipos de Guatemala. Fecha de cotización: 25/03/2009

#### 4.2.2.2.3 Sueldo de operadores

Tabla XL. Sueldo de operario del relleno sanitario; Alternativa 1

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Operador retro excavadora	Q1,612.00
1	Operador rodo compactador	Q1,612.00
2	Guardianes ( 24*24 horas)	Q3,224.00
1	Peón ayudante	Q1,612.00
<b>TOTAL</b>		<b>Q8,448.00</b>

Fuente: El sueldo propuesto es el establecido como sueldo mínimo por el Ministerio de Trabajo de Guatemala, Q.52.00/día para trabajos no agrícolas. Fecha: 25/04/2009. <http://www.mintrabajo.gob.gt/>

**Tabla XLI. Sueldo operadores de relleno sanitario Alternativa 2**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
1	Operador rodo compactador	Q1,612.00
2	Guardianes ( 24*24 horas)	Q3,224.00
1	Peón ayudante	Q1,612.00
<b>TOTAL</b>		<b>Q6,448.00</b>

Fuente: El sueldo propuesto es el establecido como sueldo mínimo por el Ministerio de Trabajo de Guatemala, Q.52.00/día para trabajos no agrícolas. Fecha: 25/04/2009. <http://www.mintrabajo.gob.gt/>

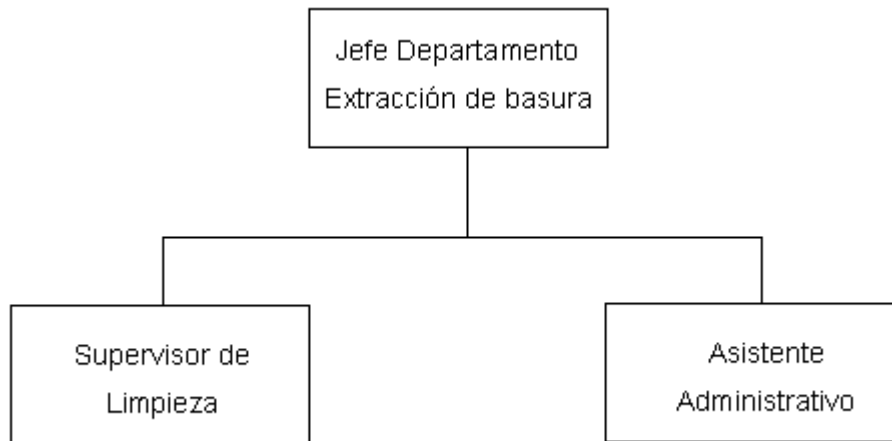
#### **4.2.3 Administración**

Para el manejo integral del proceso de recolección, traslado y depósito de las basuras, es necesario establecer una estructura administrativa. Esto implica la creación de un departamento municipal de extracción de basuras.

#### 4.2.3.1 Departamento de extracción de basura

El departamento de extracción de basuras, dependerá directamente de la municipalidad y se integrara de la siguiente manera:

**Figura 18. Organigrama departamento de extracción de basura**



Fuente: Carlos Haroldo Estrada Marroquín, Agosto 2009.

##### 4.2.3.1.1 Jefe del departamento

Representa la autoridad máxima de los servicios de limpieza municipales. El jefe es nombrado por el alcalde y será responsable ante la municipalidad de dirigir y coordinar los servicios de limpieza en general.



#### **4.2.3.1.2 Supervisor de limpieza**

Encargado de la supervisión de los servicios de limpieza municipales, desde la generación hasta la disposición final. Además, se encargara de recibir, procesar, resolver y satisfacer quejas de los habitantes sobre los servicios. Y de ser el caso dar seguimiento al cumplimiento de los estándares o compromisos pactados con la empresa contratada.

#### **4.2.4.2.3 Asistente administrativo**

Sera el encargado de dirigir, coordinar y ejecutar los procesos administrativos que requieren los servicios municipales de limpieza, así como también, el establecimiento de los mecanismos e instrumentos de registro, supervisión y control administrativos, incluyendo las compras y suministros de bienes y servicios.



## 5. SEGUIMIENTO DEL SISTEMA

### 5.1 Determinación de variables de control

De acuerdo con los parámetros determinados en el Capítulo 3, a continuación se presentan las variables del proyecto que requerirán ser controladas a lo largo de su vida útil, las cuales, como es de esperar, presentarán cambios en el transcurso del tiempo.

**Tabla XLII. Variables de control**

<b>VARIABLE</b>	<b>NOMENCLATURA</b>
Número de camiones	$N_C$
Integrantes de cada Brigada de recolección	$N_R$
Dimensiones de zanjas	$D_Z$
Depósitos de lixiviados	$D_L$

## 5.2 Rangos de variación permisibles

En las siguientes tablas, se presentan los rangos de variación permisibles para cada variable. Si los valores en el futuro se mantienen dentro de estos rangos, no será necesario realizar ajustes o cambios en la forma y cuantificación de los recursos que inicialmente se planificaron para el desarrollo y operación del proyecto.

### Número de camiones

De acuerdo con los datos calculados en la Tabla XVIII. Cantidad de Unidades Recolectoras por Año, el rango de variación permisible para la variable es el siguiente:

**Tabla XLIII. Rangos de variación permisibles para el número de camiones.**

<b>Rango (toneladas)</b>	<b>Cantidad de unidades recolectoras</b>
(4.76 - 6.01)	1
(6.18 - 12)	2

En la sección 5.4, se presenta la interpretación de los resultados de la tabla anterior.

### **Integrantes de cada Brigada de Recolección**

Según los datos calculados en la Tabla XIX. Cantidad de miembros por brigada de recolección, el rango de variación permisible para la Cantidad de miembros de la brigada de recolección es el siguiente:

**Tabla XLIV. Rangos de variación permisibles para la cantidad de integrantes de cada brigada de recolección**

<b>Rango (kilogramos)</b>	<b>Cantidad de miembros</b>
(4730.78 – 6,688.60)	3
(6869.33 – 7848.24)	4

En la sección 5.4, se presenta la interpretación de los resultados de la tabla anterior.

## Dimensiones de zanjas

De acuerdo con los datos de la Tabla XXIII. Dimensiones de Zanja, a causa del incremento del volumen de desechos producidos en el Municipio anualmente, las dimensiones de cada zanja aumentan constantemente hasta el año veinte. El rango de variación del volumen de cada zanja permisible para su correcta utilización se presenta a continuación:

**Tabla XLV. Rangos permisibles para las dimensiones de zanja**

<b>Año</b>	<b>Rango (m3)</b>
2009	(0 - 681,23)
2010	(0 - 699,63)
2011	(0 - 718,55)
2012	(0 - 737,94)
2013	(0 - 757,86)
2014	(0 - 778,31)
2015	(0 - 799,30)
2016	(0 - 820,90)
2017	(0 - 843,03)
2018	(0 - 865,85)
2019	(0 - 889,20)
2020	(0 - 913,17)
2021	(0 - 937,82)
2022	(0 - 963,16)
2023	(0 - 989,18)
2024	(0 - 1015,9)
2025	(0 - 1043,29)
2026	(0 - 1071,46)
2027	(0 - 1100,38)
2028	(0 - 1130,15)

En la sección 5.4, se presenta la interpretación de los resultados de la tabla anterior.

### **Volumen depósito de lixiviados**

Según los datos de la Tabla XXV. Volumen de Lixiviado Generado por Zanja mensualmente, a continuación se presentan los rangos permisibles para el correcto funcionamiento de cada uno de los depósitos, los cuales se instalaran uno por cada línea de seis zanjas:

**Tabla XLVI. Rangos permisibles para el volumen de los depósitos de  
lixiviados**

<b>Año</b>	<b>Rango (m3/mes)</b>
2009	(0 - 95)
2010	(0 - 97)
2011	(0 - 100)
2012	(0 - 102)
2013	(0 - 105)
2014	(0 - 107)
2015	(0 - 110)
2016	(0 - 115)
2017	(0 - 117)
2018	(0 - 120)
2019	(0 - 122)
2020	(0 - 127)
2021	(0 - 130)
2022	(0 - 135)
2023	(0 - 137)
2024	(0 - 140)
2025	(0 - 145)
2026	(0 - 150)
2027	(0 - 152)
2028	(0 - 157)

En la sección 5.4, podrá verse la interpretación de los resultados presentados en la tabla anterior.



### 5.3 Rangos críticos

Los rangos críticos para una variable, representan el punto máximo al cual una variable puede llegar sin poner en riesgo el correcto funcionamiento del proyecto. A continuación se presentan para cada una de las variables:

#### Cantidad de camiones

A continuación se presentan los rangos críticos para la variable “producción de desechos sólidos”, los cuales serán determinantes de la cantidad de unidades recolectoras.

**Tabla XLVII. Puntos críticos para la cantidad de camiones**

<b>Punto crítico (toneladas)</b>	<b>Cantidad de camiones</b>
6.01	1
12	2

En la sección 5.4, podrá verse la interpretación de los resultados presentados en la tabla anterior.

### **Integrantes de cada brigada de recolección**

A continuación los puntos críticos respecto a la variable producción de desechos, los cuales serán determinantes de la cantidad de miembros con los que deberá contar la brigada de recolección.

**Tabla XLVIII. Punto crítico para la cantidad de integrantes de cada brigada de recolección**

<b>Año</b>	<b>Punto crítico (kilogramos)</b>	<b>Cantidad de miembros</b>
2022	6,688.60	3

En la sección 5.4, podrá verse la interpretación de los resultados presentados en la tabla anterior.

## Dimensiones zanjas

A continuación los puntos críticos respecto a la variable volumen de desechos producidos en el Municipio, variable que año con año aumentara el tamaño de las zanjas necesarias para el depósito de los desechos.

**Tabla XLIX. Puntos críticos para las dimensiones de zanjas**

<b>Año</b>	<b>Volumen Zanja</b>	<b>Ancho</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Largo</b>
2009	681,23	6	3	38
2010	699,63	6	3	39
2011	718,55	6	3	40
2012	737,94	6	3	41
2013	757,86	6	3	42
2014	778,31	6	3	43
2015	799,30	6	3	44
2016	820,90	6	3	46
2017	843,03	6	3	47
2018	865,85	6	3	48
2019	889,20	6	3	49
2020	913,17	6	3	51
2021	937,82	6	3	52
2022	963,16	6	3	54
2023	989,18	6	3	55
2024	1015,90	6	3	56
2025	1043,29	6	3	58
2026	1071,46	6	3	60
2027	1100,38	6	3	61
2028	1130,15	6	3	63

En la sección 5.4, podrá verse la interpretación de los resultados presentados en la tabla anterior.

### **Volumen depósito de lixiviados**

A continuación los puntos críticos respecto a la variable volumen de lixiviados producidos mensualmente por zanja, la cual será factor determinante de las dimensiones de los depósitos para dichos líquidos.

**Tabla L. Puntos críticos para el volumen de los depósitos de lixiviados**

<b>Año</b>	<b>Punto crítico (m3/mes)</b>
2009	95
2010	97
2011	100
2012	102
2013	105
2014	107
2015	110
2016	115
2017	117
2018	120
2019	122
2020	127
2021	130
2022	135
2023	137
2024	140
2025	145
2026	150
2027	152
2028	157

En la sección 5.4, podrá verse la interpretación de los resultados presentados en la tabla anterior.

## 5.4 Interpretación de resultados

La interpretación de resultados se divide en las siguientes partes:

- Rangos permisibles.
- Puntos críticos.

### Rangos permisibles

- **Cantidad de camiones**

De acuerdo con la Tabla XVIII. Cantidad de unidades recolectoras por año y debido a que el camión propuesto para el presente proyecto tiene una capacidad de carga de 6 toneladas de basura, se puede observar que del año 2009 al año 2018 la producción de basura se encuentra dentro de los límites de la capacidad de dicho vehículo, razón por la cual se establece como rango permisible para la utilización una unidad recolectora (4.76 – 6.01) en Toneladas de desechos.

A partir del año 2019, la producción diaria de desechos sobrepasa el límite de la capacidad de carga del vehículo propuesto, razón por la cual se establece el segundo rango formado por los límites (6.18 – 7.85) en Toneladas de desechos, el cual requerirá la utilización de una unidad recolectora adicional con las mismas características a la anteriormente mencionada, con este aumento en la variable se podrá cubrir sin ningún problema la demanda durante los 20 años de vida útil del presente proyecto.

- **Integrantes de cada brigada de recolección**

De acuerdo con los datos de la Tabla XIX. Cantidad de miembros brigada de recolección, los cuales fueron calculados tomando en cuenta la cantidad de horas de una jornada de trabajo y la cantidad de kilogramos que un hombre puede recolectar por hora. Se establecen los rangos permisibles para la utilización del número de miembros para la brigada de recolección, el cual aumenta conforme año con año la cantidad de desechos generados crece.

Se observa que del año 2009 al año 2022, la cantidad de desechos sólidos producidos se encuentra dentro de los límites del rango (4730.78 – 6,688.60) Kilogramos de basura, para los cuales se necesitaran 3 miembros para la brigada de recolección.

A partir del año 2023, la cantidad de desechos sobrepasa el rango anterior, lo que obliga al aumento en una unidad a la brigada de recolección. Razón por la cual se establece el segundo rango, el cual está formado por los límites (6869.33 – 7848.24). Con dicho rango se asegura cubrir la demanda hasta el final de la vida útil del relleno sanitario.

- **Dimensiones zanjas**

Según los datos de la Tabla XXIII. Dimensiones de zanja, se observa que año con año, como resultado del incremento del volumen de desechos generados en el Municipio, las dimensiones de las zanjas aumentan; razón por la cual en la Tabla XLV. Rangos permisibles para las dimensiones de zanja, se establecen para cada los rangos permisibles de volumen de desechos generados, los cuales servirán como indicadores para realizar los cambios en las dimensiones de cada zanja en el momento indicado.

- **Volumen de los depósitos de lixiviados**

Los rangos permisibles detallados en la Tabla XLVI. Rangos permisibles para el volumen de los depósitos de lixiviados, muestran el rango permisible mensual de lixiviados que una zanja puede llegar a generar, estos permitirán el correcto funcionamiento de los depósitos destinados para el almacenamiento de dichos líquidos. La tabla muestra un rango por año debido a que el aumento del volumen del líquido es a razón del aumento en el volumen de los desechos sólidos generados, el cual ocurre anualmente y podemos observar en la Tabla XXV, del capítulo 3, Inciso 3.4.1.1.



## **Puntos críticos**

- **Número de camiones**

La Tabla XLVII. Punto crítico para el número de camiones recolectores, muestra los puntos máximos que puede alcanzar la variable producción diaria de desechos sólidos en toneladas, para que la cantidad propuesta de unidades recolectadas durante el periodo de tiempo se desarrollen sin ningún problema.

La capacidad del camión propuesto en el presente estudio es de 6 Toneladas de peso, necesitándose únicamente una unidad del año 2009 hasta el año 2018, año en el que se presenta el primer punto crítico, el cual indica que es necesario aumentar el número de unidades recolectoras a dos.

El segundo punto crítico se presentará cuando la variable producción diaria de desechos sólidos en toneladas alcance la capacidad máxima de ambos camiones, sin embargo, el presente estudio tiene un alcance de 20 años y la producción de desechos no alcanza dicha capacidad, por lo que estas unidades podrán desarrollarse sin problema.

- **Integrantes de cada brigada de recolección**

En la Tabla XLVIII. Punto Crítico para la cantidad de integrantes de cada brigada de recolección, se establecen los puntos máximos que la variable producción de desechos diaria en kilogramos puede alcanzar. Si estos puntos se sobrepasan y no se toman las medidas pertinentes, el desarrollo del proyecto se verá afectado. Por esta razón, en el capítulo 3, sección 3.3.6, se detalla la cantidad necesaria de miembros para la brigada de recolección por año, con la cual la demanda será cubierta sin problema.

De acuerdo con la Tabla XIX. Cantidad de miembros brigada de recolección, del año 2009 al 2022 serán necesarios tres miembros, del año 2023 al 2028 la cantidad se debe incrementar a cuatro. La pauta del aumento en la cantidad de miembros en el año 2023 será dada por el punto crítico para la variable producción de desechos diaria el cual se alcanzara en el año 2022, este es el último valor que puede tomar dicha variable para que el sistema funcione sin ningún problema con tres miembros y pasado este punto el sistema requerirá funcionar con cuatro miembros.

Debido a que el presente estudio es realizado para que el proyecto tenga una vida útil de 20 años, únicamente se presentara un punto crítico durante el periodo de tiempo anteriormente mencionado.

- **Dimensiones zanjas**

La Tabla XLIX. Puntos críticos para las dimensiones de zanjas, muestra los puntos máximos que la variable volumen desechos sólidos por zanja puede alcanzar sin poner en riesgo el funcionamiento de las zanjas destinadas para el depósito de los desechos.

Debido a que el aumento del volumen de desechos ocurre anualmente, las dimensiones de las zanjas aumentan año con año, razón por la cual en la Tabla XLIX se presentan los puntos críticos los cuales indicaran el momento en el cual las dimensiones de la zanjas deben ser aumentados.

Si no se tomara ninguna acción al llegar al punto crítico anual, para el siguiente año el volumen de desechos generado será mayor a la capacidad de la zanjas, lo que traerá como resultado que parte de estos queden en un lugar donde ser depositados.

- **Volumen Depósito de lixiviados**

La Tabla L. Puntos críticos para el volumen de los depósitos de lixiviados, muestra los puntos máximos que puede alcanzar la variable volumen de lixiviado generado al mes, sin poner en riesgo el funcionamiento de los depósitos destinados para recolectar dichos líquidos.

Al igual que en el inciso anterior, se presenta un punto crítico por año debido a que el volumen de lixiviado generado al mes aumente a razón del aumento del volumen de los desechos sólidos.



## CONCLUSIONES

1. Por medio de la implementación de tecnologías en el proceso de gestión de desechos sólidos se logran acciones eficientes que permiten el ahorro recursos. Las cuales se aplican desde el almacenamiento, utilizando los receptáculos adecuados; en la recolección y transporte utilizando la cantidad y características necesarias para las unidades recolectoras y un equipo humano capacitado para el tema; por último durante el proceso de disposición final utilizando maquinaria para la excavación, compactación y control en el relleno sanitario.
2. Con el desarrollo e implementación de campañas de concientización para la población, se contribuye a mejorar la problemática que generan los malos hábitos sobre el manejo de los desechos sólidos en el Municipio, su objetivo general es fomentar una conciencia ambientalista sobre el manejo de la basura, para que el habitante en general y los estudiantes en particular actúen responsablemente y colaboren en la limpieza del Municipio.
3. Mediante la adopción e implementación del reglamento para el manejo de desechos sólidos en el Municipio, se dotara a la población del Municipio de San Raymundo de un documento oficial y legal, el cual normara el manejo técnico y eficiente de los desechos sólidos infecciosos y no infecciosos, reduciendo así los riesgos para la salud de sus habitantes y evitando la contaminación del medio ambiente.

4. Mediante la puesta en operación de prácticas adecuadas de manejo responsable y eficiente de los desechos sólidos, se obtienen los siguientes beneficios:

- Eliminación de focos contaminantes.
- Reducción de enfermedades ocasionadas por moscas y animales roedores, los cuales crecen en la basura.
- Nacimientos de agua, lagunas y ríos limpios, de donde los habitantes pueden extraer agua para su consumo diario.
- Calles, callejones y parques limpios.
- No se contaminaran mas las aguas subterráneas.

5. Para disminuir la resistencia de la población al cambio de hábitos sobre el manejo de los desechos, es necesario que la Municipalidad tomar las siguientes acciones:

- Realizar con la población actividades de reflexión y concientización sobre el problema de los desechos. Esta debe desarrollarse en dos partes, una dirigido a adultos y otra para a los niños y adolescentes de la comunidad.
- Convocar a todos los líderes comunales del Municipio y por medio de un taller, discutir la problemática que tiene la comunidad por la contaminación de la basura, y luego presentarles las soluciones.

6. Una buena gestión de los residuos sólidos favorece el reciclaje y la utilización de materiales recuperados como fuente de energía o materias primas, además aporta beneficios ambientales con la preservación y uso racional de los recursos naturales; sociales con la creación de culturas sociales y la generación de nuevos recursos para instituciones de beneficio social y, económicos por medio de su comercialización.
  
7. El establecimiento de rangos permisibles y puntos críticos para los distintos parámetros del proyecto, permitirá durante los veinte años de vida útil que se proponen para el mismo, su evaluación y control, permitiendo tomar decisiones de cambios en el momento preciso.

## RECOMENDACIONES

1. Para las distintas fuentes generadoras de desechos (domicilios, comercios, etc.), que éstos se almacenen en recipientes adecuados y no en cajas de cartón, además de hacerlo en dos categorías, según sus propiedades físicas. Un recipiente para desechos orgánicos y otro para desechos inorgánicos, con esto se facilitara la implementación de acciones para que los desechos orgánicos sean aprovechados como abono natural.
2. Para la municipalidad, con el objetivo de evitar que los usuarios del sistema propuesto se nieguen a pagar el valor del servicio de recolección y disposición final de los desechos, se implemente la mancomunación de servicios, por ejemplo: el pago del servicio de extracción de desechos y el agua.
3. Antes de poner en operación el proyecto deben realizarse actividades que contribuyan con la disminución de la resistencia al nuevo sistema, éstas deben estar formadas por campañas de concientización dirigidas a niños y adultos.
4. Para evitar que los habitantes tiren basura en sitios públicos, se recomienda a la Municipalidad instalar recipientes fijos con mecanismos que faciliten la extracción de los desechos.
5. Poner la atención debida a los puntos críticos del sistema, debido a que serán claves determinantes para realizar cambios importantes en las variables establecidas en la sección de seguimiento, con esto se evitara que el sistema propuesto colapse.



6. Antes de poner en marcha el presente proyecto, es de suma importancia que la municipalidad se desarrolle y adopte un reglamento de “Manejo de Desechos Sólidos”, el cual sea dirigido a domicilios, comercios, hospitales, centros de salud, clínicas dentales, laboratorios y clínicas médicas.
  
7. El depósito general de basuras del mercado municipal, por su estructura, deberá contar con un puerta de ingreso para los comerciantes o personas responsables de depositar los desechos dentro del mismo y otro en el área de extracción, que permita el acceso al personal encargado de recolectarla, dichas puertas deberán permanecer siempre cerradas para evitar el ingreso de animales e insectos al mismo.

## BIBLIOGRAFIA

1. Tchobanoglous George y otros. **Gestión integral de residuos sólidos.** (volumen 1). México: Editorial McGraw-Hill, s.a. 604 pp.
2. Koontz Harold y otros. **Administración.** 8 ed. México: Editorial McGraw-Hill, 1998. 758 pp.
3. Martínez Passarge Maria Luisa. **Guía para la presentación de proyectos.** 19 ed. (Colección ILPES). México: Editorial Siglo XXI, s.a. 230 pp.
4. FUENTES Mohr, Fernando. **Administración de Proyectos: Diseño para su Ejecución.** 2da. Edición. Instituto Nacional de Administración Pública Guatemala; Editorial Red, 1992.
5. HERRERA AJCAJABON, Naaman. **Diseño preliminar del sistema de recolección, transporte, disposición final de los desechos sólidos y organización de la sección de ingeniería de la población de Esquipulas,** municipio de Esquipulas del departamento de Chiquimula. Tesis Ing. Civ. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1990.
6. UNDA Opazo y Salinas Cordero. **Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública.** Uteha, México, 1969. 190 pag.
7. TCHOBANOGLIOUS, George. **Gestión integral de residuos.** México: Editorial McGraw-Hill, s.a. 1998.

8. BACA Urbina, Gabriel. **Evaluación de proyectos.** 3ª ed. México: Editorial McGraw-Hill , 1998.
  
9. Corporación Ecológica Fronteriza. **Construcción del relleno sanitario, clausura del tiradero actual y mejoras a los servicios.** San Luis Río Colorado, México, 2001. 25 PP.
  
10. Ekhard Deutscher y Guillermo Villalobos. **Desechos sólidos y educación ambiental,** Primera edición. San José Costa Rica. Editorial Vilma Herrera, 1997.

## APENDICES

### Carta para información del proyecto

Señor (a) Jefe de Familia

De la casa \_\_\_\_\_ Zona No. \_\_\_\_\_ San  
Raymundo

Estimado Señor (a).

La Municipalidad de San Raymundo hace de su conocimiento que con el fin de tratar de aprovechar parte de los desperdicios de este municipio, ha iniciado un detenido estudio sobre los mismos por lo que requiere la colaboración de los vecinos.

Su casa ha sido escogida para ayudar a este estudio, por lo que le regamos sirva prestarnos toda su colaboración para obtener el éxito deseado.

Su participación consistirá únicamente en permitirnos extraer las basuras de su casa **SIN COSTO ADICIONAL** para usted por el término de una semana, y seguir las instrucciones sobre cómo hacer uso de las bolsas que le serán proporcionadas.

El estudio se hará con la participación de 88 viviendas, las cuales serán divididas en 2 grupos. Esta fase del proyecto se realizara del 8 al 13 de diciembre del presente año. Y se trabajara de la siguiente manera:

**Grupo # 1:** Lunes-Miércoles-Viernes (por la tarde)

**Grupo #2:** Martes-Jueves-Sábado (por la tarde)

Agradeciéndole anticipadamente colaboración para lograr los propósitos deseados, nos suscribimos de usted con toda consideración y aprecio.

Atentamente,

Carlos Haroldo Estrada Marroquín  
USAC

**NOTA:** Se estarán entregando 2 bolsas por día para cada familia, una bolsa será designada para desechar basura húmeda (cascaras de fruta, verdura, restos de comida, etc.) y la otra bolsa será para basura seca (papel, vidrio, metal, tela, polvo, etc.).

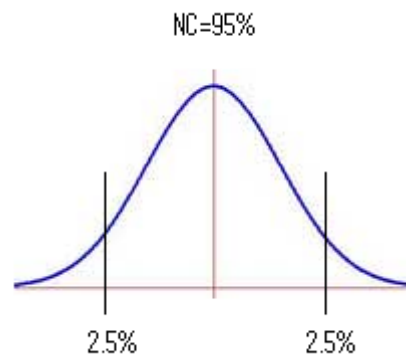


**Prueba piloto para determinación de muestra**

<b>BOLSAS</b>	<b>%INORGANICO</b>
1	16
2	2
3	5
4	50
5	31
6	8
7	25,16
8	6,45
9	13,24
10	2
11	2,89
12	9,52
13	18,6
14	25
15	15
16	42,86
17	19,34
18	1
19	5,65
20	40
21	2
22	33
23	35
24	14
25	18
26	55
27	7
28	20
29	10
30	4,65
31	10,33
32	3,33
33	19,13
34	25
35	20
<b>SUMATORIA</b>	<b>615,15</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>17,58</b>
<b>DESVIACION</b>	<b>14,28</b>

N = 35  
Promedio = 17.58  
Desviación = 14.28

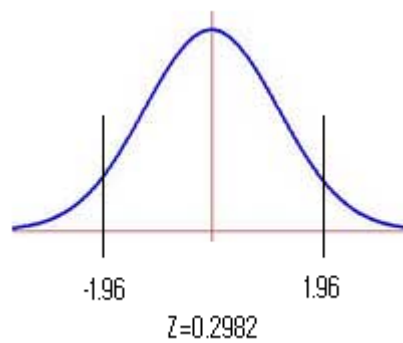
$\mu = 18\%$   
E=3%  
NC=95%



Para  $\alpha = 0.025$  en tabla Z = 1.96

$$Z = \frac{\mu - \bar{x}}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

$$Z = \frac{0.18 - 0.1728}{\frac{0.1428}{\sqrt{35}}} = 0.2982$$



## Residencias seleccionas para el estudio

1. Isaías Ajbix Puluc  
Dirección: Av. El Carrizal Lote 75 Zona 2  
No. de Habitantes: 5
2. Bonifacio Ajvicx Cux  
Dirección: Av. El Carrizal Lote 154 Zona 2  
No. de Habitantes: 4
3. Dadilia Canel Chamale  
Dirección: Av. El Carrizal Joya Morales Lote 7 Zona 2  
No. de Habitantes: 6
4. Rosa Carlota González  
Dirección: Av. El Carrizal 7-50  
No. de Habitantes: 5
5. Alfonso Mansilla Cortavé  
Dirección: Av. El Carrizal Lote 26 Zona 2  
No. de Habitantes: 6
6. William Alexander Mansilla  
Dirección: Av. El Carrizal Lote 25 Zona 2  
No. de Habitantes: 5
7. Sara Menchú Chávez  
Dirección: Av. El Carrizal 3-56 Zona 2  
No. de Habitantes: 7
8. Esperanza Boch  
Dirección: 6 Av. 1-43 Zona 2  
No. de Habitantes: 6
9. Abelino Quiran  
Dirección: 6 Av. 2-13 Zona 2  
No. de Habitantes: 5
10. Virgilio Boch  
Dirección: 7 Av. 7-20 Zona 1  
No. de Habitantes: 6
11. Erwin Danilo Camey  
Dirección: 4 Av. 8-03 Zona 2  
No. de Habitantes: 5
12. Juan Alfredo Locon  
Dirección: 4 calle 6-36 Zona 2  
No. de Habitantes: 8



13. Blanca Azucena Corzo  
Dirección: 4 Av. 5-30 Zona 1  
No. de Habitantes: 6
14. Calixto Coc Ajvix  
Dirección: 8 Av. 1-01 Zona 2  
No. de Habitantes: 5
15. Edy Rodrigo Cojon  
Dirección: 6 Av. 0-08 Zona 2  
No. de Habitantes: 5
16. Delia Corzo Marroquín  
Dirección: 3 Av. 3-80 Zona 1  
No. de Habitantes: 6
17. Gerber Otoniel Corzo  
Dirección: 9 Calle 2-59 Zona 1  
No. de Habitantes: 4
18. Julia Choy González  
Dirección: 8 Av. 1-08 Zona 2  
No. de Habitantes: 5
19. José Adolfo Fernández Illescas  
Dirección: 2 Av. 7-26 Zona 1  
No. de Habitantes: 6
20. Francisco Portillo García  
Dirección: 3 Av. 5-45 Zona 1  
No. de Habitantes: 5
21. Marvin Antonio Juárez  
Dirección: 7 Av. 10-35 Zona 1  
No. de Habitantes: 6
22. Mayrin Julissa Marroquín  
Dirección: 2 Av. 5-45 Zona 1  
No. de Habitantes: 6
23. Edy Arnulfo Pineda  
Dirección: 4 Av. 9-90 Zona 1  
No. de Habitantes: 4
24. Alfonso Pirir Ayapan  
Dirección: 5 Av. 10-55 Zona 1  
No. de Habitantes: 6
25. Belgica Leonor Queché  
Dirección: 6 Av. 4-32 Zona 2  
No. de Habitantes: 7

26. Juan Pablo Rojas  
Dirección: 4 Calle 5-61 Zona 2  
No. de Habitantes: 5
27. Florencio Jocón  
Dirección: 5 Av. 10-50 Zona 1  
No. de Habitantes: 5
28. Alicia Grimelda Trujillo  
Dirección: 6 Av. 1-02 Zona 2  
No. de Habitantes: 4
29. María Isabel Rojas  
Dirección: 2 Av. 2-40 Zona 2  
No. de Habitantes: 6
30. Rigoberto Rojas Moscoso  
Dirección: 6 Av. 3-02 Zona 2  
No. de Habitantes: 7
31. Hilda Nohemi Rosas  
Dirección: 3 Av. 7-20 Zona1  
No. de Habitantes: 8
32. Adrián Roberto Sian  
Dirección: 7 Av. 10-76 Zona 1  
No. de Habitantes: 6
33. María Coralía Sunju  
Dirección: 5 Av. 10-56 Zona 1  
No. de Habitantes: 3
34. Cristina Turuy Gladis  
Dirección: 4 Av. 3-42 Zona 2  
No. de Habitantes: 5
35. Julia Piedad Villavicencio  
Dirección: 8 Av. 2-84 Zona 1  
No. de Habitantes: 6
36. Mercedes Tepeu de Bac  
Dirección: 2 Av. 10-45 Zona 1  
No. de Habitantes: 5
37. Hector Camey  
Dirección: 2 Calle 2-33 Zona 3  
No. de Habitantes: 6
38. José Herlindo Castañeda  
Dirección: 3 Av. 6-15 Zona 1  
No. de Habitantes: 7

39. María Juana Coc  
Dirección: 8 Av. 0-30 Zona 2  
No. de Habitantes: 4
40. Francisco Roberto Curup  
Dirección: 3 Av. 10-45 Zona 1  
No. de Habitantes: 6
41. José Luis Curup  
Dirección: 1 Calle "A", 8-08 Zona 1  
No. de Habitantes: 5
42. Cristina Puluc Tepeu  
Dirección: 1 Calle, 8-43 Zona 2  
No. de Habitantes: 5
43. Ana María García Ortiz  
Dirección: 5 Av. 6-04 Zona 2  
No. de Habitantes: 5
44. Oscar Alexis Moreira  
Dirección: 3 Calle, 4-07 Zona 2  
No. de Habitantes: 6

## **SECTOR 2**

1. Salomón Raymundo Arevalo  
Dirección: 10 Calle, 2-30 Zona 4  
No. de Habitantes: 5
2. Pedro Baten  
Dirección: 7 Calle, 1-14 Zona 4  
No. de Habitantes: 6
3. Evenildo Batres  
Dirección: 10 Calle, 0-89 Zona 4  
No. de Habitantes: 4
4. José Santos Bhor  
Dirección: 10 Calle 0-97 Zona 4  
No. de Habitantes: 6
5. Brigido Francisco Bulux  
Dirección: 8 Calle, 3-50 Zona 4  
No. de Habitantes: 8
6. Manuel de Jesús del Cid  
Dirección: 10 Calle, 0-96 Zona 4  
No. de Habitantes: 6

7. Edgar Rolando Boch  
Dirección: 3 Calle, 1-32 Zona 3  
No. de Habitantes: 5
8. Victoriana Estrada Ruiz  
Dirección: 10 Calle, 0-21 Zona 4  
No. de Habitantes: 5
9. Nineth Corzo de Fernández  
Dirección: 10 Calle, 0-20 Zona 4  
No. de Habitantes: 6
10. Juan de la Cruz García  
Dirección: 10 Calle, 10-132 Zona 4  
No. de Habitantes: 7
11. Celio Alfonso Molina  
Dirección: 8 Calle, 1-09 Zona 4  
No. de Habitantes: 6
12. Ángel Melecio Quirán  
Dirección: 5 Calle, 1-17 Zona 3  
No. de Habitantes: 3
13. Luz de María Corzo  
Dirección: 10 Calle, 0-10 Zona 4  
No. de Habitantes: 7
14. Jessica Corzo de Román  
Dirección: 5 Av. 1-45 Zona 4  
No. de Habitantes: 6
15. Olga Marina Yoc  
Dirección: 7 Calle, 2-20 Zona 4  
No. de Habitantes: 5
16. Andrés Ayapan  
Dirección: 3 Calle, 1-58 Zona 3  
No. de Habitantes: 5
17. Pablo Alonzo Bhor  
Dirección: 10 Calle, 0-92 Zona 4  
No. de Habitantes: 6
18. Claudia Corzo de Corzo  
Dirección: 1 Av. "A", 3-12 Zona 3  
No. de Habitantes: 5
19. Mynor Estuardo Cuc  
Dirección: 12 Calle, 0-07 Zona 4  
No. de Habitantes: 5

20. Gustavo Chamale Cux  
Dirección: 1 Av. "A", 3-19 Zona 3  
No. de Habitantes: 4
21. Mario Ezequiel Fernández  
Dirección: 2 Av. 7-37 Zona 4  
No. de Habitantes: 8
22. Adela Judith Garcia Fernandez  
Dirección: 2 Av. 7-20 Zona 4  
No. de Habitantes: 4
23. Saúl Andrevi González  
Dirección: 2 Av. 4-78 Zona 3  
No. de Habitantes: 6
24. Olga Méndez  
Dirección: 2 Av. 4-36 Zona 3  
No. de Habitantes: 4
25. Aldo Isaac Camey  
Dirección: 2 Av. 5-42 Zona 4  
No. de Habitantes: 5
26. Juan Antonio Peláez  
Dirección: 6 Calle, 1-01 Zona 4  
No. de Habitantes: 5
27. Julia Leticia Portillo  
Dirección: 2 Av. 9-94 Zona 4  
No. de Habitantes: 6
28. José Ruiz Abraham  
Dirección: 10 Calle, 0-93 Zona 4  
No. de Habitantes: 6
29. Julio Antonio Soy  
Dirección: 2 Calle, 2-37 Zona 3  
No. de Habitantes: 5
30. Carmen Lucia García  
Dirección: 2 Av. 4-12 Zona 3  
No. de Habitantes: 6
31. Javier Enrique Rodríguez  
Dirección: 5 Av. 4-22 Zona 3  
No. de Habitantes: 5
32. Hortencia Aracely Ruiz  
Dirección: 8 Calle, 3-29 Zona 4  
No. de Habitantes: 4

33. Luis Felipe Moscoso  
Dirección: 3 Calle, 1-61 Zona 3  
No. de Habitantes: 7
34. Clara Luz Marroquín  
Dirección: 2 Av. 4-11 Zona 3  
No. de Habitantes: 5
35. José Luis Corzo  
Dirección: 2 Av. 2-49 Zona 3  
No. de Habitantes: 5
36. José Miguel Locón  
Dirección: 4 Calle "A", 1-37 Zona 3  
No. de Habitantes: 6
37. Lilia Luna de Jiménez  
Dirección: 10 Calle, 0-235 Zona 4  
No. de Habitantes: 7
38. Ada Elizabeth Guerra Paz  
Dirección: 10 Calle, 0-88 Zona 4  
No. de Habitantes: 4
39. Vilma Corzo  
Dirección: 5 Calle, 1-38 Zona 4  
No. de Habitantes: 5
40. Luis Otoniel García  
Dirección: 2 Av. "A", 10-19 Zona 4  
No. de Habitantes: 4
41. Sandra Nineth de Fernández  
Dirección: 10 Calle, 0-206 Zona 4  
No. de Habitantes: 7
42. Juan Rene Estrada  
Dirección: 5 Calle, 1-10 Zona 3  
No. de Habitantes: 4
43. María Quiran Corzo  
Dirección: 2 Av. 6-46 Zona 4  
No. de Habitantes: 5
44. Francis Coc  
Dirección: 2 Av. 4-92 Zona 3  
No. de Habitantes: 3

### Muestreo de desechos sólidos domiciliarios Sector 1 (día 1)

VIVIENDA	HABITANTES POR VIVIENDA	PESO MUESTRA (libras)
1	5	15,3
2	4	12,3
3	6	10,4
4	5	17,6
5	6	9,7
6	5	15
7	7	6,3
8	6	10,3
9	5	15,2
10	6	11,8
11	5	7,6
12	8	18,6
13	6	14,8
14	5	12,7
15	5	10,3
16	6	17,6
17	4	12,9
18	5	13,1
19	6	17,4
20	5	20,1
21	6	6,3
22	6	16,5
23	4	18,1
24	6	9,1
25	7	18,5
26	5	21
27	5	15,3
28	4	10,31
29	6	24,37
30	7	13,2
31	8	19,5
32	6	14
33	3	6,2
34	5	11,3
35	6	23,6
36	5	16,2
37	6	13,8
38	7	15,3
39	4	18,5
40	6	23,5
41	5	19,6
42	5	17,55
43	5	5,2
44	6	11,1
<b>TOTAL</b>	<b>243</b>	<b>637,03</b>

### Muestreo de desechos sólidos domiciliarios Sector 1 (día 2)

VIVIENDA	HABITANTES POR VIVIENDA	PESO MUESTRA (libras)
1	5	12,4
2	4	11,5
3	6	13,7
4	5	10,5
5	6	12,6
6	5	9,2
7	7	15,3
8	6	6
9	5	11,2
10	6	12,3
11	5	10,5
12	8	10,3
13	6	13,7
14	5	12,8
15	5	14,3
16	6	10,9
17	4	12,4
18	5	8
19	6	17,6
20	5	11,3
21	6	7,2
22	6	13,6
23	4	8,2
24	6	10,4
25	7	16,3
26	5	15,8
27	5	12
28	4	9
29	6	15,6
30	7	10,2
31	8	8,2
32	6	10,9
33	3	4,1
34	5	12,5
35	6	10,5
36	5	13,6
37	6	10,65
38	7	12,6
39	4	13
40	6	19,75
41	5	10,3
42	5	13,2
43	5	9,7
44	6	7,2
<b>TOTAL</b>	<b>243</b>	<b>511</b>



### Muestreo de desechos sólidos domiciliarios Sector 1 (día 3)

VIVIENDA	HABITANTES POR VIVIENDA	PESO MUESTRA (libras)
1	5	10,3
2	4	12,1
3	6	8,9
4	5	12,3
5	6	8,1
6	5	12,6
7	7	10,3
8	6	11,2
9	5	12,8
10	6	11,4
11	5	8,6
12	8	16,4
13	6	10,8
14	5	12
15	5	20,6
16	6	7,1
17	4	13,4
18	5	23,5
19	6	11,2
20	5	12,5
21	6	11,3
22	6	12,5
23	4	14,1
24	6	16,7
25	7	12,5
26	5	12,5
27	5	14,6
28	4	13
29	6	9,7
30	7	12,3
31	8	15,3
32	6	13,8
33	3	15,3
34	5	13,4
35	6	19,6
36	5	9,2
37	6	13,2
38	7	11,6
39	4	14,8
40	6	21
41	5	16,9
42	5	11,2
43	5	17
44	6	22
<b>TOTAL</b>	<b>243</b>	<b>589,6</b>

### Muestreo de desechos sólidos domiciliarios Sector 2 (día 1)

VIVIENDA	HABITANTES POR VIVIENDA	PESO MUESTRA (libras)
1	5	16,2
2	6	12,5
3	4	9,1
4	6	10,6
5	8	17,5
6	6	14,8
7	5	11,2
8	5	13,6
9	6	18,5
10	7	7,6
11	6	12,3
12	3	11,7
13	7	18,9
14	6	10,3
15	5	15
16	5	12,4
17	6	8,2
18	5	13,1
19	5	12,5
20	4	7
21	8	9,1
22	4	10,7
23	6	13,8
24	4	11
25	5	13,4
26	5	5,1
27	6	16,3
28	6	17,3
29	5	14,9
30	6	12,1
31	5	13,6
32	4	8,7
33	7	16
34	5	6,3
35	5	15,6
36	6	13,8
37	7	8,2
38	4	11,3
39	5	16,3
40	4	18,9
41	7	21,3
42	4	14,8
43	5	19,6
44	3	16,2
<b>TOTAL</b>	<b>236</b>	<b>577,3</b>

## Muestreo de desechos sólidos domiciliarios Sector 2 (día 2)

VIVIENDA	HABITANTES POR VIVIENDA	PESO MUESTRA (libras)
1	5	14,3
2	6	14,6
3	4	11,2
4	6	13,6
5	8	18,2
6	6	12,1
7	5	9,2
8	5	15
9	6	13,2
10	7	15,6
11	6	10,9
12	3	8,4
13	7	12,3
14	6	13,6
15	5	8,1
16	5	11
17	6	14,9
18	5	17,6
19	5	16,2
20	4	21,3
21	8	18,4
22	4	16,9
23	6	9,6
24	4	12,5
25	5	11,8
26	5	13,6
27	6	21,1
28	6	18,9
29	5	10,2
30	6	14,7
31	5	12,9
32	4	18,9
33	7	18
34	5	13
35	5	11,1
36	6	8,5
37	7	16,8
38	4	17,2
39	5	10,6
40	4	9,1
41	7	12,6
42	4	10,6
43	5	11,3
44	3	7,1
<b>TOTAL</b>	<b>236</b>	<b>596,7</b>

### Muestreo de desechos sólidos domiciliarios Sector 2 (día 3)

VIVIENDA	HABITANTES POR VIVIENDA	PESO MUESTRA (libras)
1	5	13,5
2	6	14,6
3	4	13,6
4	6	11,2
5	8	14,2
6	6	9,6
7	5	13
8	5	10,3
9	6	10,2
10	7	16,9
11	6	17,9
12	3	14,2
13	7	16,3
14	6	12,5
15	5	14,3
16	5	9,3
17	6	7,3
18	5	10,3
19	5	9,6
20	4	10,8
21	8	13,7
22	4	7,5
23	6	11,2
24	4	8,1
25	5	8,2
26	5	21,3
27	6	13,6
28	6	16,4
29	5	13,2
30	6	12,8
31	5	17,6
32	4	15,2
33	7	20,1
34	5	19,6
35	5	9,4
36	6	14,6
37	7	15
38	4	10,8
39	5	9,6
40	4	7,7
41	7	13,2
42	4	11,3
43	5	9,7
44	3	6,3
<b>TOTAL</b>	<b>236</b>	<b>555,7</b>

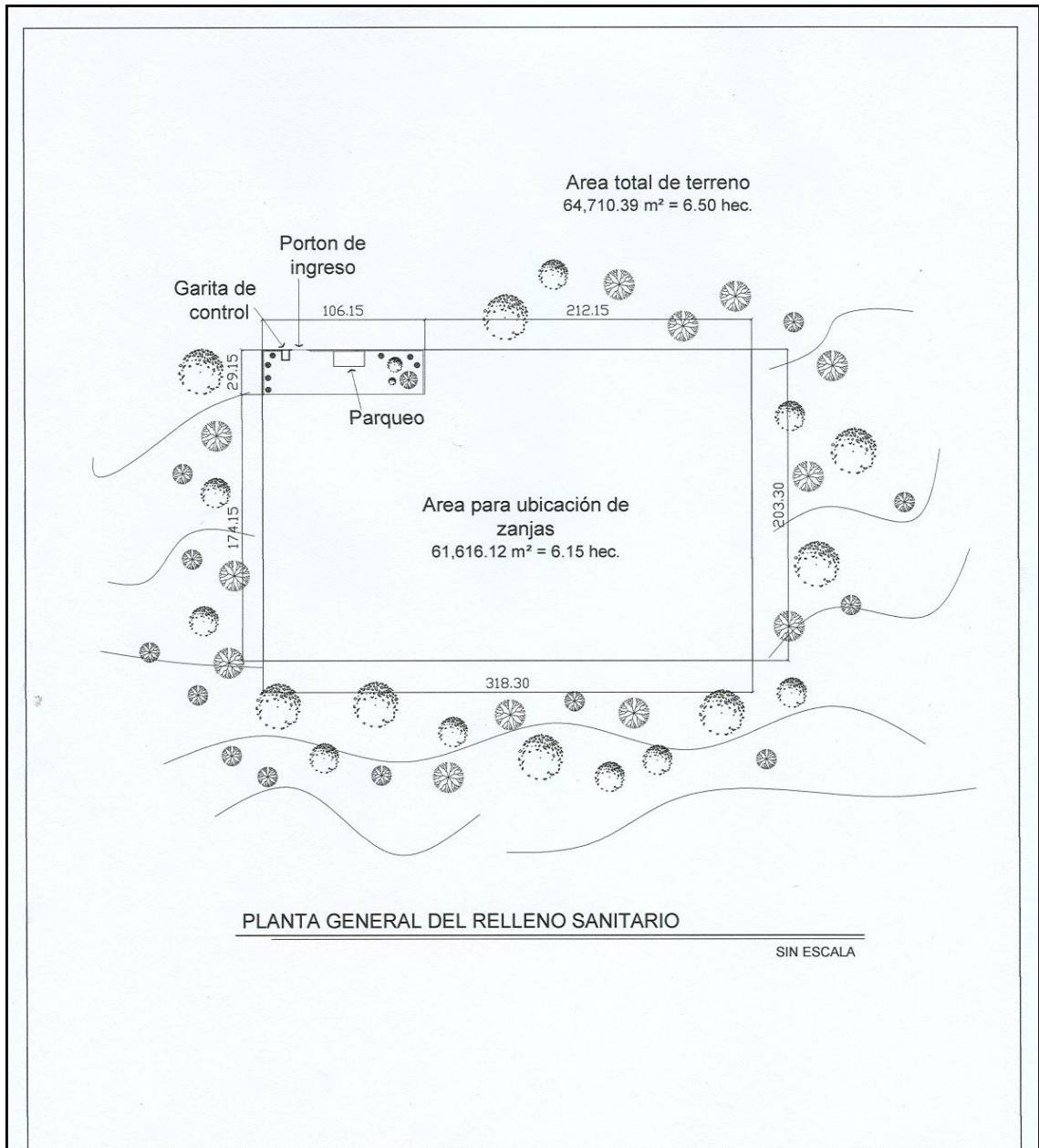
**Promedio de desechos sólidos domiciliarios sector 1**

<b>DIA 1</b>	<b>DIA 2</b>	<b>DIA 3</b>	<b>PROMEDIO</b>
15,3	12,4	10,3	12,67
12,3	11,5	12,1	11,97
10,4	13,7	8,9	11
17,6	10,5	12,3	13,47
9,7	12,6	8,1	10,13
15	9,2	12,6	12,27
6,3	15,3	10,3	10,63
10,3	6	11,2	9,17
15,2	11,2	12,8	13,07
11,8	12,3	11,4	11,83
7,6	10,5	8,6	8,9
18,6	10,3	16,4	15,1
14,8	13,7	10,8	13,1
12,7	12,8	12	12,5
10,3	14,3	20,6	15,07
17,6	10,9	7,1	11,87
12,9	12,4	13,4	12,9
13,1	8	23,5	14,87
17,4	17,6	11,2	15,4
20,1	11,3	12,5	14,63
6,3	7,2	11,3	8,27
16,5	13,6	12,5	14,2
18,1	8,2	14,1	13,47
9,1	10,4	16,7	12,07
18,5	16,3	12,5	15,77
21	15,8	12,5	16,43
15,3	12	14,6	13,97
10,31	9	13	10,77
24,37	15,6	9,7	16,56
13,2	10,2	12,3	11,9
19,5	8,2	15,3	14,33
14	10,9	13,8	12,9
6,2	4,1	15,3	8,53
11,3	12,5	13,4	12,4
23,6	10,5	19,6	17,9
16,2	13,6	9,2	13
13,8	10,65	13,2	12,55
15,3	12,6	11,6	13,17
18,5	13	14,8	15,43
23,5	19,75	21	21,42
19,6	10,3	16,9	15,6
17,55	13,2	11,2	13,98
5,2	9,7	17	10,63
11,1	7,2	22	13,43
<b>637,03</b>	<b>511</b>	<b>589,6</b>	<b>809,48</b>

## Promedio de desechos sólidos domiciliarios sector 2

DIA 1	DIA 2	DIA 3	PROMEDIO
16,2	14,3	13,5	14,67
12,5	14,6	14,6	13,9
9,1	11,2	13,6	11,3
10,6	13,6	11,2	11,8
17,5	18,2	14,2	16,63
14,8	12,1	9,6	12,17
11,2	9,2	13	11,13
13,6	15	10,3	12,97
18,5	13,2	10,2	13,97
7,6	15,6	16,9	13,37
12,3	10,9	17,9	13,7
11,7	8,4	14,2	11,43
18,9	12,3	16,3	15,83
10,3	13,6	12,5	12,13
15	8,1	14,3	12,47
12,4	11	9,3	10,9
8,2	14,9	7,3	10,13
13,1	17,6	10,3	13,67
12,5	16,2	9,6	12,77
7	21,3	10,8	13,03
9,1	18,4	13,7	13,73
10,7	16,9	7,5	11,7
13,8	9,6	11,2	11,53
11	12,5	8,1	10,53
13,4	11,8	8,2	11,13
5,1	13,6	21,3	13,33
16,3	21,1	13,6	17
17,3	18,9	16,4	17,53
14,9	10,2	13,2	12,77
12,1	14,7	12,8	13,2
13,6	12,9	17,6	14,7
8,7	18,9	15,2	14,27
16	18	20,1	18,03
6,3	13	19,6	12,97
15,6	11,1	9,4	12,03
13,8	8,5	14,6	12,3
8,2	16,8	15	13,33
11,3	17,2	10,8	13,1
16,3	10,6	9,6	12,17
18,9	9,1	7,7	11,9
21,3	12,6	13,2	15,7
14,8	10,6	11,3	12,23
19,6	11,3	9,7	13,53
16,2	7,1	6,3	9,87
<b>577,3</b>	<b>596,7</b>	<b>555,7</b>	<b>576,57</b>

## Plano general del Relleno Sanitario



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: RELLENO SANITARIO, MUNICIPIO SAN RAYMUNDO  
CONTENIDO: PLANO GENERAL DEL RELLENO SANITARIO  
ESTUDIANTE: CARLOS HAROLDO ESTRADA

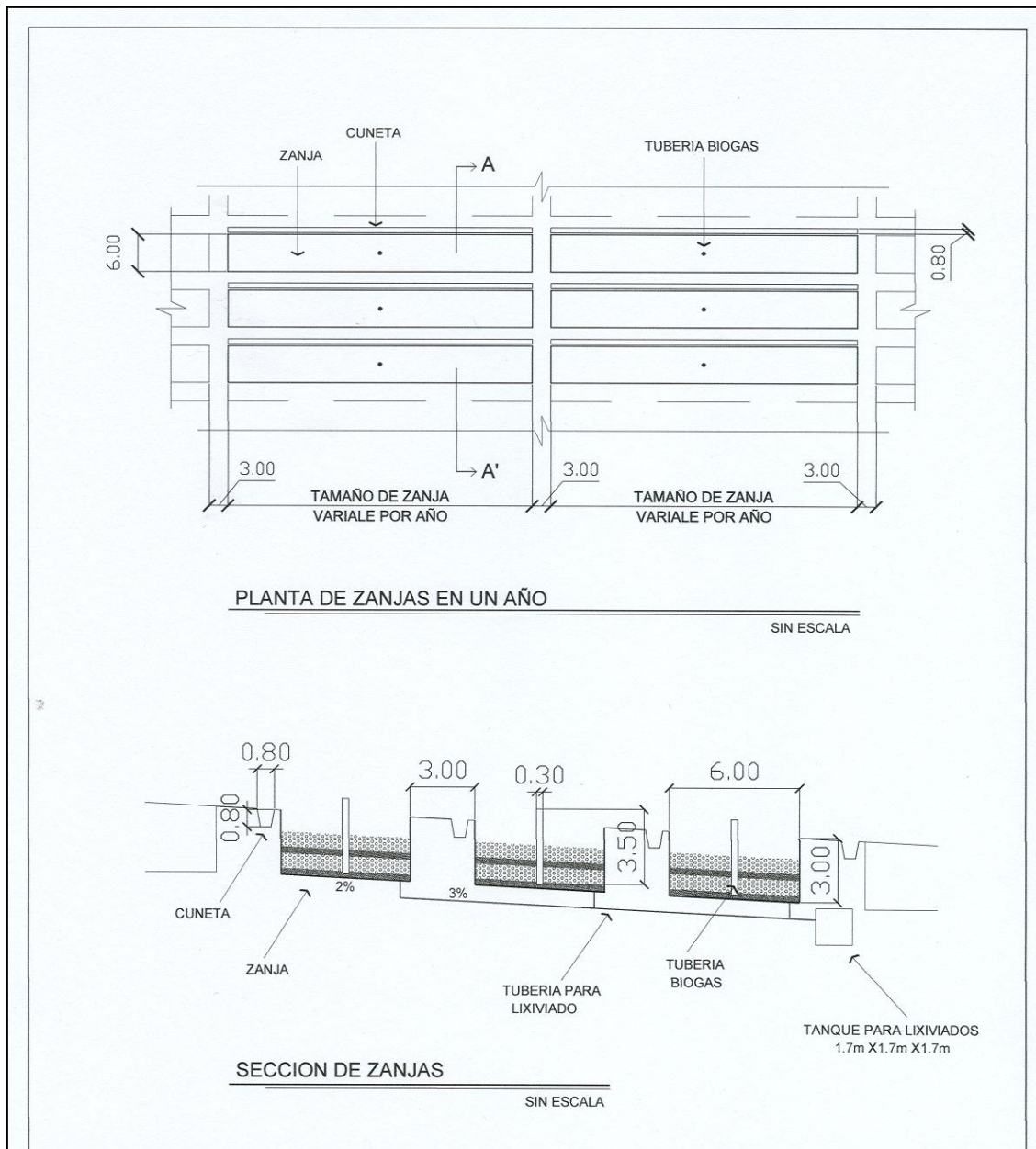
ESCALA: INDICADA  
FECHA: ABRIL 2009

HOJA No.

1

5

## Plano plantas de zanjas por un año y sección



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: RELLENO SANITARIO, MUNICIPIO SAN RAYMUNDO  
CONTENIDO: PLANTA DE ZANJAS POR UN AÑO Y SECCION  
ESTUDIANTE: CARLOS HAROLDO ESTRADA

ESCALA: INDICADA  
FECHA: ABRIL 2009

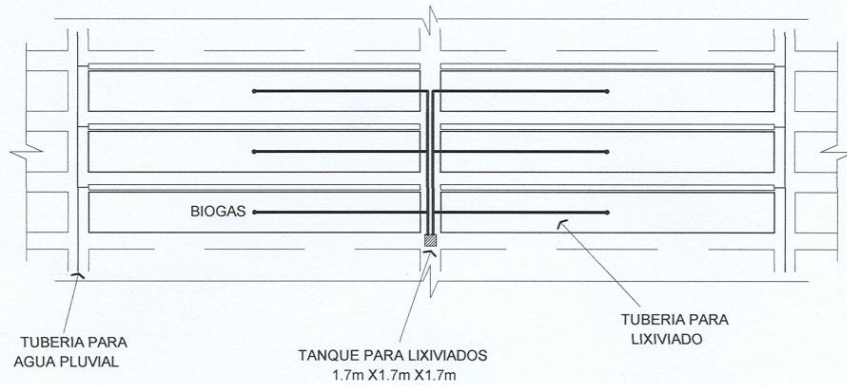
HOJA No.

2

5

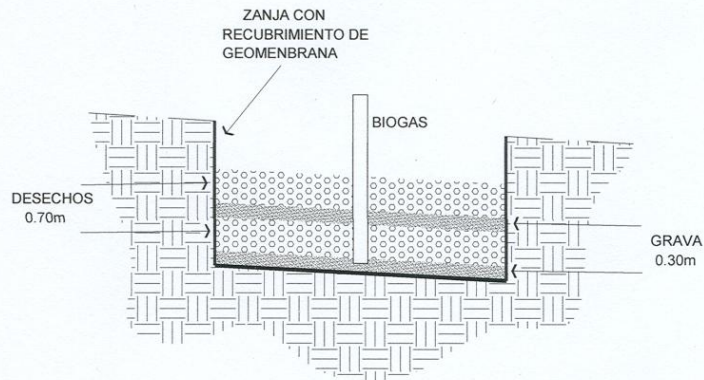


## Plano drenajes y detalle de zanjas



PLANTA DE DRENAJES DE LIXIVIADOS Y AGUA PLUVIAL

SIN ESCALA



DETALLE DE UBICACION DE BIOGAS

SIN ESCALA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: RELLENO SANITARIO, MUNICIPIO SAN RAYMUNDO  
CONTENIDO: DRENAJES Y DETALLES DE ZANJAS  
ESTUDIANTE: CARLOS HAROLDO ESTRADA

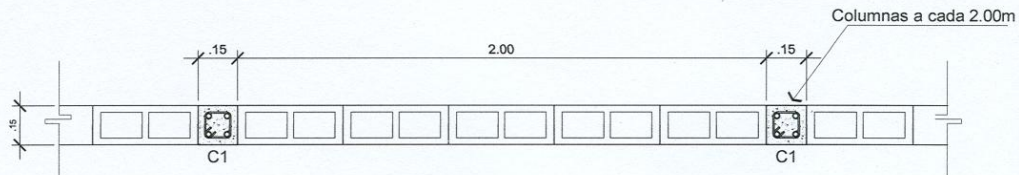
ESCALA: INDICADA  
FECHA: ABRIL 2009

HOJA No.

3

5

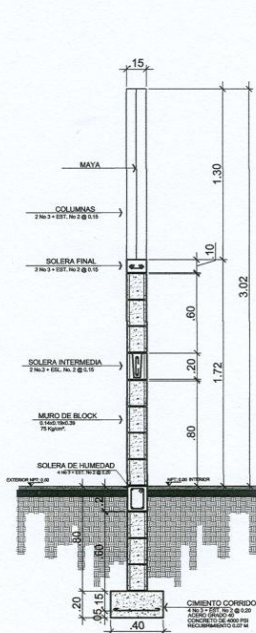
# Plano muro perimetral



Las columnas van a cada 2.00 m de separación.  
El muro perimetral llevará juntas de dilatación a cada 9.00m.

PLANTA DE MURO PERIMETRAL

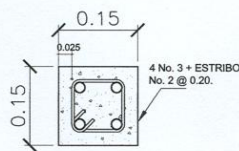
ESCALA 1:20



CORTE DE MURO

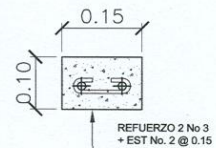
Muro Perimetral

ESCALA 1:40



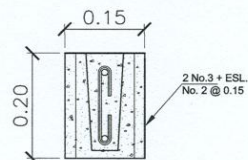
SECCION C1

ESCALA 1:10



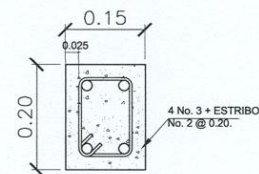
DETALLE SOLERA FINAL

ESCALA 1:10



DETALLE SOLERA INTERMEDIA

ESCALA 1:10



DETALLE SOLERA HIDROFUGA

ESCALA 1:10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: RELLENO SANITARIO, MUNICIPIO SAN RAYMUNDO  
CONTENIDO: MURO PERIMETRAL  
ESTUDIANTE: CARLOS HAROLDO ESTRADA

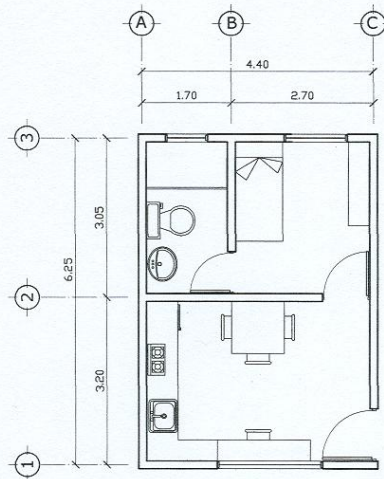
ESCALA: INDICADA  
FECHA: ABRIL 2009

HOJA No.

4

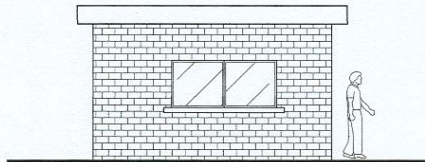
5

# Plano garita de control



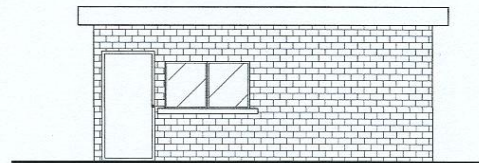
PLANTA ARQUITECTONICA DE GARITA

ESCALA 1:100



ELEVACION FRONTAL

ESCALA 1:100



ELEVACION LATERAL DERECHA

ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: RELLENO SANITARIO, MUNICIPIO SAN RAYMUNDO  
CONTENIDO: GARITA DE CONTROL  
ESTUDIANTE: CARLOS HAROLDO ESTRADA

ESCALA: INDICADA  
FECHA: ABRIL 2009

HOJA No.

5 / 5