



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS  
EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

**Eddy Rafael Barreno Solórzano**

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, febrero de 2014



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS  
EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDDY RAFAEL BARRENO SOLÓRZANO**

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2014



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Mellini Salguero
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Córdón
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Linares Cruz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Veliz Vargas



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Tema asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha julio de 2011.

  
**Eddy Rafael Barreno Solorzano**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 07 de agosto de 2013  
Ref.EPS.DOC.837.08.13

Ing. Juan Merck Cos  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Merck Cos.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Eddy Rafael Barreno Solórzano** con carné No. **198816291**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
MAAO/ra





**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
 14 de octubre de 2013

Ingeniero  
 Hugo Leonel Montenegro Franco  
 Director Escuela Ingeniería Civil  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Eddy Rafael Barreno Solórzano, con Carnet No. 198816291, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
 Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO  
 DE  
 HIDRAULICA  
 USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 18 de octubre de 2013  
Ref.EPS.D.773.10.13

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Eddy Rafael Barreno Solórzano**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cos  
Director Unidad de EPS

JMC/ra







**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Eddy Rafael Barreno Solórzano, titulado DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero 2014

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Universidad de San Carlos  
de Guatemala

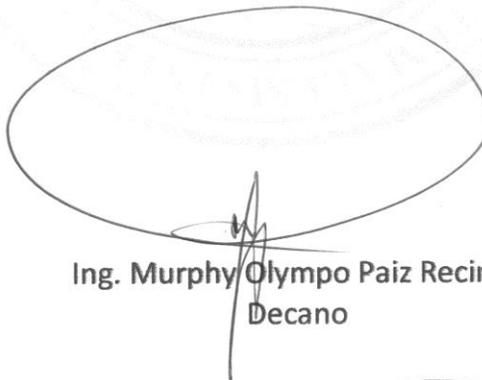


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 068.2014

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 Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Eddy Rafael Barreno Solórzano**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 18 de febrero de 2014

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Para que bendiga mi profesión y vida como ingeniero civil.
<b>Mis padres</b>	Leonzo Rafael Barreno y Adela Solórzano, gracias por haberme dado el don de la vida, qué Dios derrame toda gracia y bendiciones para ellos en el cielo.
<b>Mis hermanos</b>	Luis Eduardo (q.e.p.d.), Wilma Estela, Glenda Zulema, Jorge Abraham, Dominga Milagros, Clayba Zamara Barreno Solórzano, por el amor de hermanos que nos tenemos, comparto con ellos la culminación de carrera de ingeniero civil.
<b>Mis sobrinos</b>	Por la alegría y felicidad que es tenerlos a mi lado en todo momento, a ustedes mi éxito.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme la formación profesional necesaria para servirle a Guatemala en su desarrollo.





**Facultad de Ingeniería**

Por formarme con conocimientos científicos en el área de la construcción y valores para aplicarlos en la sociedad guatemalteca.

**Corporación municipal  
del municipio de Fraijanes**

Especialmente al señor alcalde Marco Tulio Meda Mendoza, por la oportunidad de realizar en la Municipalidad de Fraijanes el Ejercicio Profesional Supervisado.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE FRAIJANES .....	1
1.1. Ubicación .....	1
1.2. Localización .....	4
1.3. Clima .....	4
1.4. Hidrografía.....	7
1.5. Población .....	7
1.6. Vías de acceso .....	8
1.7. Servicios público.....	8
2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	9
2.1. Topografía .....	9
2.2. Planimetría .....	10
2.3. Altimetría .....	12
3. ESTUDIO DE SUELOS .....	13
3.1. Toma de la muestra .....	13
3.2. Ensayo del suelo .....	16

3.3.	Clasificación del suelo .....	22
3.4.	Descripción del suelo .....	23
4.	DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE LA PLANTA.....	25
4.1.	Generalidades de la planta .....	25
4.2.	Ubicación geográfica planta de tratamiento .....	25
4.3.	Localización de la planta .....	27
4.4.	Distribución del área.....	28
5.	DISEÑO DEL MURO PERIMETRAL.....	53
5.1.	Tipos de muros.....	53
5.2.	Dimensiones del muro.....	54
5.3.	Determinación de fuerzas .....	56
5.4.	Análisis de estabilidad.....	58
6.	DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO .....	67
6.1.	Generalidades de diseño .....	67
6.2.	Tipos de rellenos sanitarios.....	67
6.3.	Métodos de construcción .....	68
6.4.	Cálculo de la capacidad del relleno sanitario .....	69
6.5.	Diseño y estabilidad del talud de la trinchera .....	77
6.6.	Drenaje de lixiviados .....	79
6.7.	Ventilación de la trinchera .....	82
7.	ESTUDIOS DEL PROYECTO.....	85
7.1.	Estudio de Impacto Ambiental.....	85
7.2.	Estudio socioeconómico.....	93
7.3.	Estudio financiero.....	104

CONCLUSIONES .....	111
RECOMENDACIONES .....	113
BIBLIOGRAFÍA.....	115
APÉNDICES .....	117
ANEXOS .....	121



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa de la República de Guatemala .....	3
2.	Mapa del municipio de Fraijanes .....	5
3.	Esquema determinación de distancias horizontales.....	10
4.	Esquema determinación de alturas .....	12
5.	Muestra inalterada extraída del suelo.....	14
6.	Muestra enviada al laboratorio de suelos .....	15
7.	Gráfica del suelo.....	24
8.	Mapa del municipio de Fraijanes, localizando la aldea El Cerrito.....	27
9.	Diagrama de áreas dentro de la planta .....	29
10.	Camión recolector de desechos sólidos .....	34
11.	Isométrico de pila lombricultura .....	47
12.	Dimensiones del muro.....	55
13.	Fuerzas que producen volteo sobre el muro .....	57
14.	Cálculo del momento del cimiento.....	63
15.	Armado del cimiento.....	65
16.	Detalle de la trinchera.....	70
17.	Isométrico de trinchera .....	71
18.	Medidas de las capas de recubrimiento de la trinchera.....	74
19.	Talud de la trinchera.....	78
20.	Cuneta perimetral .....	82
21.	Chimenea de ventilación .....	83

## TABLAS

I.	Datos climatológicos del municipio de Fraijanes .....	6
II.	Población del municipio de Fraijanes .....	7
III.	Libreta de planimetría.....	11
IV.	Análisis del suelo con Tamice .....	23
V.	Población aproximada de habitantes por año en el área urbana del municipio de Fraijanes.....	32
VI.	Cantidad de viajes por camión recolector.....	33
VII.	Recolección aproximada de desechos sólidos en el área urbana del municipio de Fraijanes.....	38
VIII.	Composición física de desechos sólidos en la planta de tratamiento .....	40
IX.	Datos típicos sobre peso específico y humedad de los desechos sólidos.....	42
X.	Estimaciones en porcentaje de materiales recuperados para reciclaje .....	43
XI.	Cálculo de desecho sólido que se tratará dentro de la planta 2021 * .....	44
XII.	Producción de abono orgánico en la planta .....	50
XIII.	Distribución de áreas en la planta de tratamiento .....	51
XIV.	Cuadro de integración de cargas del cimiento .....	58
XV.	Cálculo del momento resistente .....	59
XVI.	Volumen de la trinchera.....	72
XVII.	Volumen material de cobertura de la trinchera.....	75
XVIII.	Caracterización de los factores ambientales en la planta de tratamiento de desechos sólidos .....	88

XIX.	Acciones consideradas en la fase de operación en la planta de tratamiento de desechos sólidos .....	89
XX.	Evaluación de impactos ambientales en la planta de tratamiento de desechos sólidos .....	92
XXI.	Personal de la planta de tratamiento y salario .....	94
XXII.	Salario y prestaciones devengados durante la vida útil de la planta .....	96
XXIII.	Inversión inicial y mobiliario .....	98
XXIV.	Costos de operación mensual de los dos vehículos recolectores .....	99
XXV.	Costos de mantenimiento anual de los dos vehículos recolectores de desechos .....	99
XXVI.	Costos de operación y mantenimiento de vehículos recolectores de desechos sólidos .....	100
XXVII.	Costos de servicios básicos en la planta * .....	100
XXVIII.	Ingresos a la planta por recolección anual.....	102
XXIX.	Ingresos a la planta por venta de abono orgánico .....	102
XXX.	Ingresos por venta de lombriz Coqueta Roja.....	103
XXXI.	Costos del proyecto .....	104
XXXII.	Beneficios del proyecto.....	105
XXXIII.	Inversión inicial .....	106
XXXIV.	Cálculo Valor Presente Neto.....	108



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$m^2$	Área
$A_s$	Área de acero
@	Arroba
$C_L$	Cantidad de lombrices
$C_{tr}$	Cantidad de trincheras
$C_r$	Capacidad relleno sanitario
<b>CM</b>	Carga muerta
$P_{ultima}$	Carga ultima
<b>CV</b>	Carga viva
<b>P</b>	Densidad
\$	Dólar
$^{\circ}C$	Grados Centígrados
<b>Gr</b>	Gramo
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Lb</b>	Libra
$\geq$	Mayor o igual
$\leq$	Menor o igual
<b>m</b>	Metro
<b>M</b>	Momento
<b>P</b>	Perímetro
<b>W</b>	Peso
<b>Q.</b>	Quetzal
<b>Qq</b>	Quintal

<b>%</b>	Tanto por ciento
<b>tn</b>	Tonelada
<b>m<sup>3</sup></b>	Volumen
<b>V<sub>d</sub></b>	Volumen diario de desechos sólidos
<b>V<sub>cob</sub></b>	Volumen material de cobertura
<b>V<sub>2012</sub></b>	Volumen recolectado año 2012
<b>V<sup>1</sup></b>	Volumen recolectado camión 1
<b>V<sub>2</sub></b>	Volumen recolectado camión 2
<b>V<sub>s</sub></b>	Volumen semanal recolectado
<b>V<sub>t</sub></b>	Volumen trinchera
<b>V<sub>u</sub></b>	Volumen útil

## GLOSARIO

<b>Almacenamiento</b>	Toda operación conducente al deposito transitorio de los desechos sólidos en condiciones que aseguren la protección al medio.
<b>Altimetría</b>	Procedimientos utilizados para definir las diferencias existentes entre puntos de un terreno construcción, para ello es necesario medir distancias verticales ya sea directa o indirectamente.
<b>Ambiente</b>	Conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinado.
<b>Azimut</b>	Angulo horizontal referido a un norte magnético arbitrario, su rango va desde 0 a 360 grados.
<b>Berma</b>	Espacio entre el pie del talud y el declive exterior del terraplén.
<b>Biodegradable</b>	Dicho de la materia orgánica, cualidad de ser materia metabolizada por medios biológicos.

<b>Biogás</b>	Mezcla de gases de bajo peso molecular, metano, bióxido de carbono, producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.
<b>Compactación</b>	Acción de presionar cualquier material para reducir los espacios vacíos existentes.
<b>Densidad</b>	Masa o cantidad de materia de un determinado desecho sólido contenida en una unidad de volumen.
<b>Desecho sólido</b>	Material de origen orgánico e inorgánico que no tiene utilidad práctica para la actividad que lo produce siendo procedente de actividades domésticas, comerciales, industriales.
<b>Disposición final</b>	Es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos sólidos, según la naturaleza.
<b>Estación</b>	Cada uno de los puntos del polígono en el que se coloca el instrumento topográfico, en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.
<b>Generador</b>	Toda persona cuya actividad produzca desechos sólidos.

<b>Gestión integral</b>	Conjunto de operaciones y procesos encaminados a la reducción de la generación, segregación en la fuente y de todas las etapas de la gestión de los desechos, hasta la disposición final.
<b>Lixiviado</b>	Líquido que se ha filtrado o percolado a través de los desechos sólidos u otros medios, y que ha extraído, disuelto o suspendido materiales a partir de ellos pudiendo contener materiales potencialmente dañinos
<b>Minimización</b>	Acción de reducir al mínimo posible el volumen y peligrosidad de los desechos sólidos, a través de cualquier estrategia preventiva.
<b>Operador</b>	Persona que realiza cualquiera de las operaciones o procesos que componen el manejo de los desechos sólidos.
<b>Planimetría</b>	Es la proyección del terreno sobre un plano horizontal denominado base productiva, se realiza en áreas pequeñas asumiendo que la tierra es plana y que las líneas norte-sur son paralelas.
<b>Reciclaje</b>	Toda actividad que permite reaprovechar un residuo sólido mediante un proceso de transformación.

<b>Recolectores</b>	Personas destinadas a la actividad de recolectar los desechos sólidos.
<b>Recuperación</b>	Toda actividad que permita reaprovechar las partes de sustancias o componentes que constituyen los residuos sólidos.
<b>Relleno sanitario</b>	Técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública.
<b>Reutilización</b>	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.

## RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se diseñó una planta de tratamiento de desechos sólidos para la aldea El Cerrito del municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala, para el diseño se consultaron las leyes del Ministerio del Medio Ambiente de Guatemala y normas internacionales, el trabajo fue realizado durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado, con la finalidad de mejorar la calidad de vida y el medio ambiente de los habitantes del lugar.

La planta de tratamiento se diseñó para reciclar los desechos sólidos inorgánicos, y vertir en un relleno sanitario los desechos inorgánicos que no se reciclan y transformar en abono los desechos orgánicos.

Al final se dan recomendaciones para aumentar la vida útil del proyecto, que esta diseñado para diez años.



## **OBJETIVOS**

### **Generales**

1. Transformar el problema de los residuos sólidos del municipio de Fraijanes, en fuentes de empleos para la comunidad, por medio del reciclaje, vertido y transformación de los desechos sólidos.
2. Evitar la proliferación de basureros clandestinos en el área urbana del municipio de Fraijanes.

### **Específicos**

1. Mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector.
2. Mantener limpia la cabecera municipal de Fraijanes, por medio del plan de limpieza propuesto por las autoridades municipales.
3. Capacitar a la población y trabajadores municipales para el tratamiento de desechos sólidos que se verterá en la planta.
4. Contribuir en forma directa con el mantenimiento del medio ambiente en el municipio de Fraijanes.



## INTRODUCCIÓN

Los desechos sólidos están presentes en la mayoría de los departamentos de la República de Guatemala y en algunos municipios no se tiene el control del destino final de los mismos, razón por la cual llegan a ocasionar problemas para las autoridades municipales, causando un impacto negativo al medio ambiente y problemas de salud en la comunidad.

La Municipalidad del municipio de Fraijanes con la cooperación técnica del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se determinó que era necesario el diseño de una planta de tratamiento de desechos sólidos para evitar la proliferación de basureros clandestinos que contaminen el medio ambiente.

Para el diseño de la planta fue necesario conocer el terreno y el clima del municipio de Fraijanes para cumplir con las condiciones mínimas físicas y ambientales de la planta de tratamiento, la cual contiene área para clasificación, transformación, vertidos de los desechos sólidos y las áreas de administración, carga y descarga con las respectivas vías de ingreso y egreso.



# 1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE FRAIJANES

## 1.1. Ubicación

Fraijanes es municipio del departamento de Guatemala, la Municipalidad es de tercera categoría, área aproximada 91 Km<sup>2</sup> según estimación del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Nombre geográfico oficial: Fraijanes.

La cabecera esta ubicada al oeste de los ríos Rustrían y Las Cañas y se encuentra a, 1 630 msnm (metro sobre el nivel del mar) con:

Latitud 14<sup>0</sup> 27' 45"

Longitud 90<sup>0</sup> 26' 25"

El municipio cuenta con 1 pueblo que es la cabecera de Fraijanes y con 4 aldeas y 11 caseríos:

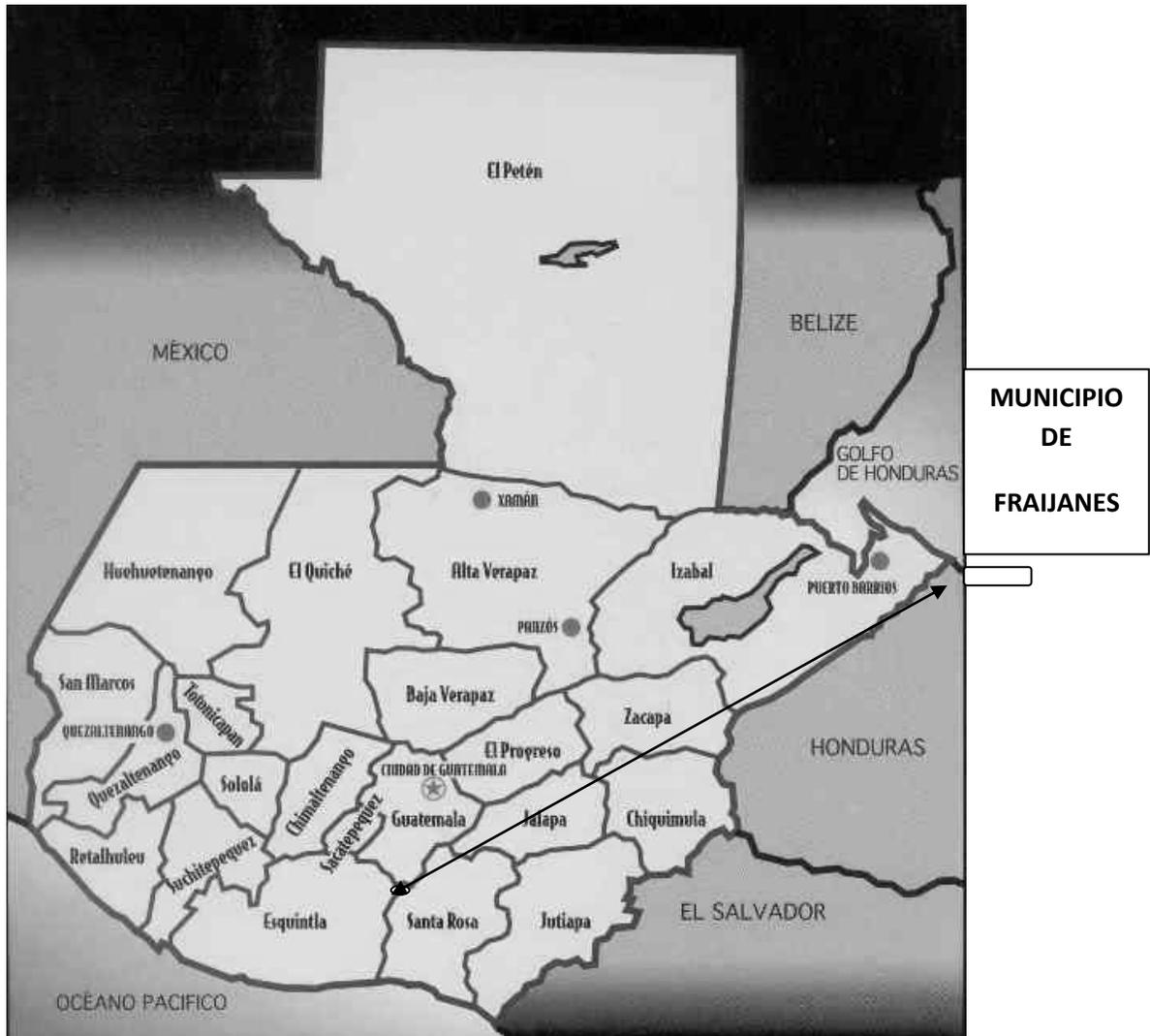
Las aldeas son:

- ❖ El Cerrito, con los caseríos:
  - Concepción
  - Las Crucitas
  - Rabanales
- ❖ Lo de Diéguez, con los caseríos
  - Arrazola
  - Don Justo

- La Morena
- ❖ Los Verdes, Puerta del Señor, con los caseríos:
  - Colombia
  - Los Guajes
  - Rustrían
  - Santa Isabel
  - Santa Lucia
- ❖ Parajes con los caseríos:
  - El Ciprés
  - El Manzanillo
  - El Naranjo
  - Joya de Los Muertos

La economía se basa en la producción agrícola de maíz, frijol y café en gran escala; la producción pecuaria, es la crianza de cerdos y la avicultura, en artesanía elaboran candelas y tejas de barro.

Figura 1. Mapa de la República de Guatemala



Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

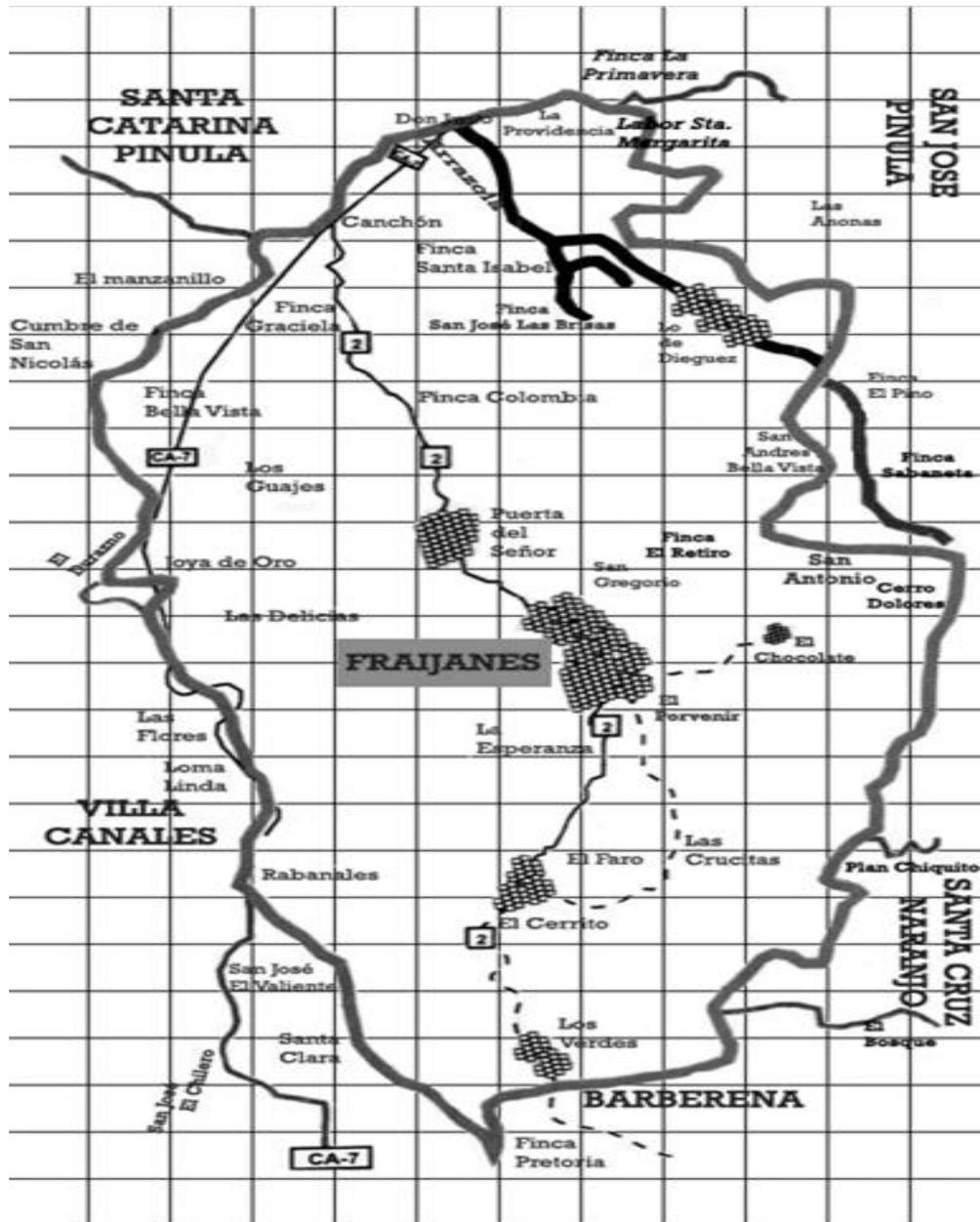
## **1.2. Localización**

En términos de macrolocalización el municipio de Fraijanes se ubica en la Región 1 metropolitana, que comprende el departamento de Guatemala, limita al norte con el municipio de Santa Catarina Pínula (Guatemala); al este con San José Pínula, Barberena y Santa Cruz Naranjo (Santa Rosa); al sur con Santa Cruz Naranjo, Barberena (Santa rosa) y Villa Canales (Guatemala); al oeste con Villa Canales y Santa Catarina Pínula (Guatemala).

## **1.3. Clima**

La altura del municipio de Fraijanes es de 1 600 msnm (metro sobre el nivel del mar) marcándose un clima frío y templado en el centro de la comunidad, el viento sopla norte sur en la mayor parte de la región y el invierno cubre aproximadamente 126 días al año marcándose una precipitación pluvial de 1 237,54 mm, la temperatura máxima absoluta es de 20 °C la mínima absoluta es de 8 °C; la insolación es de 196 horas, con presión atmosférica de 639.38 mm hg.

Figura 2. Mapa del municipio de Fraijanes



Fuente: Municipalidad de Fraijanes.

Tabla I. **Datos climatológicos del municipio de Fraijanes**

Temperatura media anual	19,32 °C
Temperatura máxima absoluta	20 °C
Temperatura mínima absoluta	8 °C
Precipitación promedio	1 237,54 mm (126 días/año)
Evaporación tanque	94.52 mm
Humedad relativa	77 %
Viento medio	6,44 km/hora (1,79m/s)
Viento predominante	sur a norte
Insolación	196,32 horas
Presión atmosférica	639,38 mm Hg

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

#### 1.4. Hidrografía

El municipio de Fraijanes está ubicado en el parte aguas de las cuencas río Los Esclavos y río María Linda, la primera cuenca tiene una extensión de 5 889 hectáreas y un área respecto a la cuenca de 2,55 por ciento. Con respecto a la cuenca del río María Linda abarca un área de 5 712 hectáreas y un área respecto de la cuenca de 2,22 por ciento. Debido a que se encuentra en el parte aguas de las cuencas, representa el principio del sistema de corrientes y captación de agua de lluvia, para el río Aguacapa.

#### 1.5. Población

La población del municipio de Fraijanes según el último censo efectuado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el 2002 es de 30 701 habitantes distribuidos de la siguiente forma:

Tabla II. **Población del municipio de Fraijanes**

Urbana	19 454	habitantes
Rural	11 247	habitantes
Hombres	15 837	habitantes
Mujeres	14 864	habitantes

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

## **1.6. Vías de acceso**

Para acceder a la cabecera municipal de fraijanes, puede tomarse el entronque de la RN 02 ubicado en el kilómetro 18 de la ruta CA-01-OR, o bien la ruta departamental RD GUA-13 con dirección hacia el camino de terracería denominado CPR-GUA 22. La cabecera municipal se ubica a 24 km de la capital, de los cuales 18 son en la Ruta Centro Americana CA-1 y los restantes 6.00 kilómetros en la Ruta Nacional 2.

## **1.7. Servicios públicos**

Corresponde con exclusividad a la corporación municipal la deliberación y con decisión del gobierno, la administración del patrimonio e intereses del municipio. Cuenta con energía eléctrica en un 65 % de la totalidad; agua potable 70 %; drenajes 45 % y calles en buen estado en un 75 %. Cuenta con mercado municipal, puesto de salud en cada aldea, clínica del IGGS, hospital nacional, Policía Nacional Civil, correo, servicios telefónicos, cementerio general y cementerio en cada aldea. También tiene escuela de párvulos y primaria en cada aldea.

## 2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

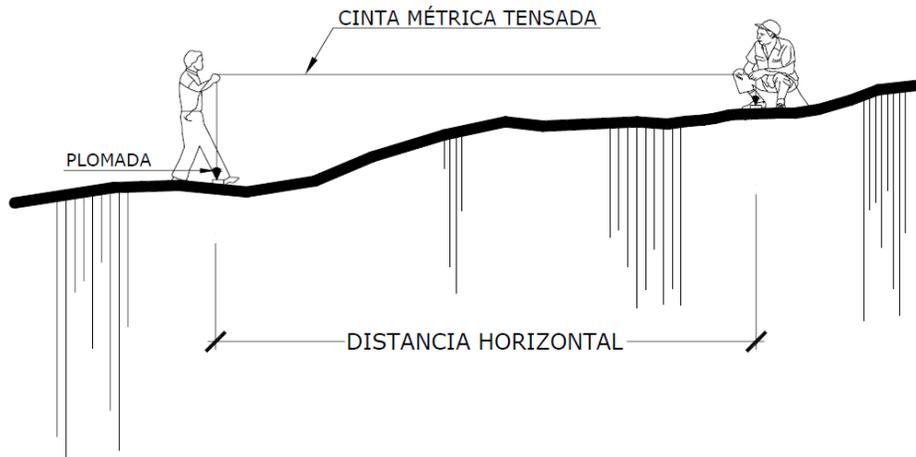
### 2.1. Topografía

Es el conjunto de operaciones y medios puestos en práctica para determinar las posiciones de puntos del terreno y la representación sobre el plano, el levantamiento topográfico se extiende sobre una porción relativamente pequeña de la superficie de la tierra, siendo estas las dimensiones máximas de un círculo de diámetro 30 Km.

Para realizar el presente proyecto se aplicó un levantamiento regular con teodolito y cinta métrica; se utilizó el siguiente equipo:

- ❖ Teodolito marca WILD T1
- ❖ Nivel automático universal NA2
- ❖ Estadal de madera
- ❖ Cinta métrica
- ❖ Crayón
- ❖ Plomada
- ❖ Estacas
- ❖ Tarugos
- ❖ Machetes

Figura 3. **Esquema determinación de distancias horizontales**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

## 2.2. **Planimetría**

Es la proyección del terreno sobre un plano horizontal denominado base productiva; se realiza en áreas pequeñas asumiendo que la tierra es plana y las líneas norte-sur son paralelas. Los métodos empleados en topografía son geométricos y trigonométricos considerando el terreno un polígono para calcular el área.

Para ejecutar el levantamiento planimétrico del proyecto se utilizó tránsito y cinta métrica aplicando el método conservación del azimut.

El método conservación del azimut, se usa para encontrar el área de polígonos cerrados y los datos encontrados en el campo se presentan en la tabla III.

Tabla III. **Libreta de planimetría**

Estación	P.O.	Azimut	Distancia
0	1	247° 17' 32"	42,59
1	2	335° 53' 21"	23,51
2	3	326° 33' 57"	60,71
3	4	65° 38' 09"	35,87
4	5	63° 55' 41"	11,91
5	6	60° 12' 21"	16,72
6	7	58° 25' 52"	34,10
7	8	153° 53' 11"	71,84
8	9	152° 05' 10"	16,11
9	10	235° 36' 31"	21,47
10	11	244° 22' 07"	16,59
11	0	250° 56' 48"	11,73

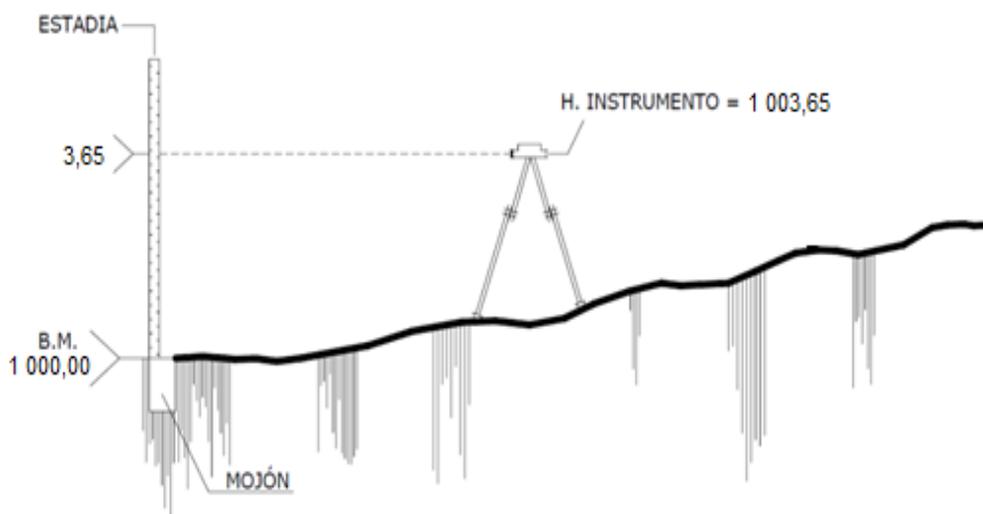
Fuente: elaboración propia.

### 2.3. Altimetría

Determina las alturas de los diferentes puntos del terreno con respecto a una superficie que corresponde al nivel medio del mar.

Para realizar el presente proyecto se aplicó el método de Nivelación Geométrica Compuesta, que es el sistema de medición altimétrica consistente en determinar la diferencia de altitud entre dos puntos observados mediante visuales horizontales dirigidas a miras verticales. Las curvas de nivel se trazan en el plano cada 5,00 m para conocer mejor, los detalles de la topografía del terreno el que presenta una diferencia de altura de 20 000 m entre el punto bajo del terreno (1 490) y el punto alto (1 410) con pendiente 23 %.

Figura 4. **Esquema determinación de alturas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

### 3. ESTUDIO DE SUELOS

#### 3.1. Toma de la muestra

En el terreno se hicieron exploraciones a un metro de profundidad, una en la parte alta y otra en la parte baja comprobándose visualmente por el color y textura que el terreno es homogéneo, considerando este resultado se tomó una muestra inalterada del suelo donde se diseñó la planta.

La toma del suelo consistió en la extracción de un cubo del suelo con medidas 1 pie cubico (0,3028 m<sup>3</sup>) excavado a mano con el procedimiento siguiente:

- ❖ Se trazó con cal sobre el suelo un cuadro de 2,00 m por lado
- ❖ Se excavó un pozo con piocha, pala, barreta y azadón sobre el trazó marcado a una profundidad de 2,50 m, dejando tallada en el centro del pozo la muestra del suelo con medidas de 1 pie<sup>3</sup>
- ❖ Se aplicó parafina a la muestra del suelo marcándole la cara superior del cubo
- ❖ Se cortó a una profundidad de 2,00 m el cubo de la muestra y se aplicó parafina a la base de la muestra.
- ❖ Se cortó a una profundidad de 2,00 m el cubo de la muestra y se aplicó parafina a la base de la muestra.

Figura 5. **Muestra inalterada extraída del suelo**



Fuente: aldea El Cerrito.

- ❖ Se cortó a una profundidad de 2 00 m el cubo de la muestra y se aplicó parafina a la base de la muestra.
- ❖ Se extrajo la muestra y se llevó al laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 6. **Muestra enviada al laboratorio de suelos**



Fuente: aldea El Cerrito.

Herramientas utilizadas:

- |   |               |                  |
|---|---------------|------------------|
| ❖ | Cinta métrica | Carreta          |
| ❖ | Hilo          | Laso             |
| ❖ | Piocha        | Martillo         |
| ❖ | Machete       | Escuadra         |
| ❖ | Espátula      | Nivel de Burbuja |
| ❖ | Brocha        | Pala             |
| ❖ | Recipiente    | Azadón           |

### **3.2. Ensayo del suelo**

El suelo donde se diseñó el proyecto se estudia en laboratorio por medio de la muestra inalterada tomada en el campo para hacer el ensayo triaxial, que servirá para determinar las características de esfuerzo deformación y la resistencia del suelo a esfuerzos cortantes y los límites de Atterberg para clasificar el suelo.

La finalidad del ensayo triaxial es obtener parámetros del suelo y la relación esfuerzo deformación a través de la determinación del esfuerzo cortante.

El ensayo triaxial es una prueba de compresión que se realiza envolviendo en una membrana impermeable, un espécimen cilíndrico del suelo que se desea ensayar, cuyas bases quedan en contacto con cabezas sólidas provistas de piedras porosas que sirven de filtro, los filtros están conectados a tubos delgados provistos de válvulas que permiten controlar la entrada o salida de agua al espécimen.

Los tubos de drenaje están conectados a una bureta graduada, mediante la cual se puede conocer el volumen de agua absorbida o expulsada por el suelo; la unión entre la membrana y las cabezas se atan con una banda de hule para garantizar un sello hermético, todo el conjunto queda encerrado en una cámara, la cual es atravesada por un vástago delgado, que pasa por un depósito de grasa a presión, el que evita las fugas de agua a lo largo de la pared del vástago y reduce al mínimo la fricción de ésta, contra la tapa. Finalmente se obtiene como resultados; tres datos con los cuales es posible calcular al valor soporte, estos son:

$\gamma$  = peso específico del suelo

$C'$  = coeficiente de fricción

$\theta$  = ángulo de fricción

❖ Capacidad de soporte del suelo o valor soporte

La capacidad de soporte del suelo o valor soporte, es la capacidad de un suelo de soportar una carga, sin que se produzca fallas dentro de la masa, se mide en fuerza por unidad de área.

❖ Cálculo de la capacidad de carga última del suelo ( $V_s$ )

Según el ensayo de compresión triaxial, se tiene lo siguientes datos:

Descripción del suelo	= limo arenoso color café
Ángulo de fricción interna ( $\theta$ )	= 10,62°
Cohesión ( $C_u$ )	= 7,74 ton/m <sup>2</sup>
Peso volumétrico del suelo	= 1,41 ton/m <sup>3</sup>
Factor de seguridad	= 3

El factor de seguridad mínimo es igual a 3 por ser cimentación poco profunda y considerando cargas permanentes, esto debido a fallas en las cimentaciones.

Con los datos anteriores, se procede a calcular el valor de la capacidad de carga última del suelo ( $V_s$ ).

- ❖ La ecuación general de la capacidad de carga última del suelo es:

$$q_u = c' \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + (1/2) \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

Donde:

$$c' = \text{cohesión} = 7,74 \text{ ton/m}^2$$

$$q = \text{esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación} = \gamma \times D_f$$

Donde:

$$D_f = \text{profundidad de la cimentación} = 1,80 \text{ m.}$$

$$\gamma = \text{peso volumétrico del suelo} = 1,41 \text{ ton/m}^3$$

Entonces se tiene:

$$q = \gamma \times (D_f) = 1,41 \text{ ton/m}^3 \times 1,80 \text{ m} = 2,538 \text{ ton/m}^2$$

$$B = \text{ancho de la cimentación} = 0,60 \text{ m.}$$

$$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s} = \text{factores de forma}$$

$$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d} = \text{factores de profundidad}$$

$$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i} = \text{factores por inclinación de la carga}$$

$$N_c, N_q, N_\gamma = \text{factores de capacidad de carga}$$

- ❖ Factores de la capacidad de carga

$$N_q = \tan 2\left(45 + \frac{\emptyset}{2}\right) e^{\pi \cdot \tan \emptyset}$$

$$N_q = \tan 2\left(45 + \frac{10,62}{2}\right) e^{\pi \times \tan 10,62} = 2,62$$

$$N_c = (N_q - 1) \times \cot \emptyset$$

$$N_c = (2,62 - 1) \times \cot (10,62^\circ) = 8,64$$

$$N_y = 2 \times (N_q + 1) \times \tan \emptyset$$

$$N_y = 2 \times (1,41 + 1) \times \tan (10,62^\circ) = 1,36$$

❖ Factores de forma

Donde L = longitud de la cimentación (L > B)

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c}$$

$$F_{cs} = 1 + \frac{0,60}{10,00} \times \frac{2,62}{8,64} = 1$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan \emptyset$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{0,60}{10,00} \times \tan 10,62 = 1$$

$$F_{ys} = 1 - 0,4 \times \frac{B}{L}$$

$$F_{ys} = 1 - 0,4 \times \frac{0,60}{10,00} = 1$$

❖ Factores de profundidad

Donde:

Df = profundidad de desplante de la cimentación, medida desde la superficie del terreno

B = ancho de la cimentación

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \times \frac{Df}{L}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \times \tan \emptyset \times (1 - \sin \emptyset)^2 \times \frac{Df}{B}$$

$$F_{yd} = 1$$

Las ecuaciones de  $F_{cd}$  y  $F_{qd}$  son válidas para  $Df/B \leq 1$ . Para una relación de profundidad de desplante al ancho de la cimentación, mayor que la unidad.

( $Df/B > 1$ ) las ecuaciones tiene que modificarse a:

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \times \tan^{-1}\left(\frac{Df}{B}\right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \times \tan \emptyset \times (1 - \sin \emptyset)^2$$

$$F_{yd} = 1$$

El factor  $\tan^{-1}\left(\frac{Df}{B}\right)$  está en radianes en las ecuaciones  $F_{cd}$  y  $F_{qd}$  respectivamente.

$\frac{Df}{B} = \frac{1,80}{0,60} = 3$  por lo que se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$F_{cd} = 1 + (0,4) \times \tan^{-1}\left(\frac{Df}{L}\right)$$

$$F_{cd} = 1 + (0,4) \times \tan^{-1}\left(\frac{1,80}{10,00}\right) = 1,07$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \times \tan \emptyset \times (1 - \sin \emptyset)^2 \times \tan^{-1}\left(\frac{Df}{B}\right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \times \tan 10,62 \times (1 - \sin 10,62)^2 \times \tan^{-1}\left(\frac{1,80}{0,60}\right) = 1,31$$

$$F_{yd} = 1$$

❖ Factores de inclinación

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\emptyset}\right)^2$$

Donde:

$\beta$  = inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical.

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{0}{90}\right)^2 = 1$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{0}{10,62}\right) = 1$$

Sustituyendo valores en la ecuación general de la capacidad de carga del suelo:

$$q_u = c' \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + (1/2) \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

$$q_u = 7,74 \text{ ton/m}^2 \cdot (8,64) \cdot (1) \cdot (1,07) \cdot (1) + 2,82 \text{ ton/m}^2 \cdot (2,62) \cdot (1) \cdot (1,31) \cdot (1) + (1/2) \cdot (1,41 \text{ ton/m}^3) \cdot (0,50 \text{ m}) \cdot (1,36) \cdot (1) \cdot (1) \cdot (1)$$

$$q_u = 73,56096 + 9,678804 + 0,4794$$

$$q_u = 83,72 \text{ tn/m}^2$$

$$q_{\text{diseño}} = \frac{q_u}{\text{Factor de seguridad}}$$

$$q_{\text{diseño}} = \frac{83,72 \text{ tn/m}^2}{3}$$

$$q_{\text{diseño}} = 27,90 \text{ tn/m}^2$$

Nota: el factor de seguridad mínimo es igual a 3 por ser cimentación poco profunda y considerando cargas permanentes, esto debido a fallas en las cimentaciones.

### 3.3. Clasificación del suelo

Se clasifica el suelo por medio del método Sistema Unificado de Clasificación de Suelos; el cual se basa en las propiedades mecánicas de los suelos por ser fundamental para aplicarlas en ingeniería.

El método considera un suelo grueso si más del 50 % de las partículas son gruesas; y fino si más de la mitad de las partículas en peso son finas.

Con los datos de laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería; Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, los resultados del ensayo del Análisis Granulométrico con tamices según Norma AASHTO T-27 son los siguientes:

Grava	0,08 %	Arena	68 %	Finos	31,59 %
Clasificación:	SCU	SP-PM	PRA	A-3	

### 3.4. Descripción del suelo

Son propiedades importantes del suelo que describen características significativas necesarias en la clasificación, el suelo tiene límite líquido 16,3 % y un índice plástico 6,1 %; se describe el un suelo con base en la clasificación del sistema unificado SP-PM el suelo es: limo arenoso color café.

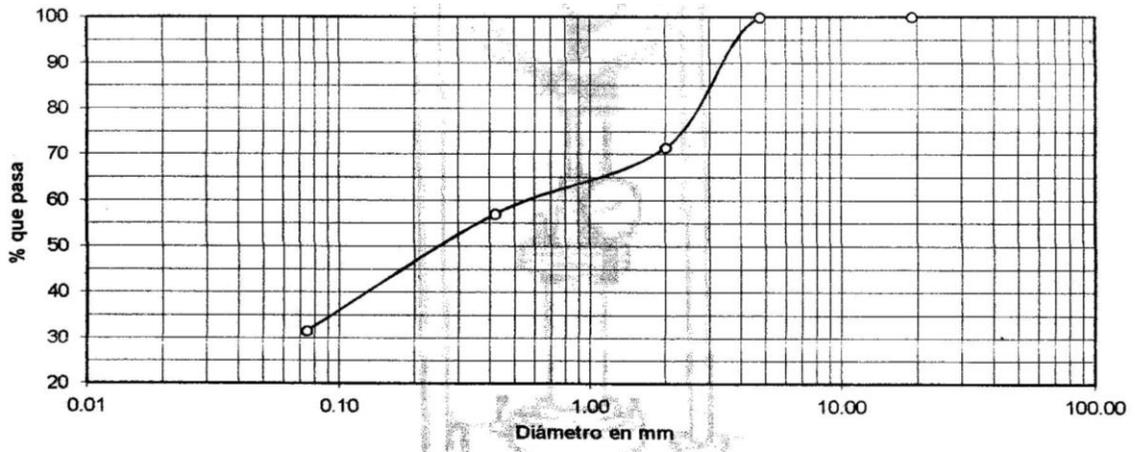
Tabla IV. **Análisis del suelo con Tamice**

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	44.1	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	99.92
10	2.00	71.53
40	0.42	57.01
200	0.074	31.59

% de Grava: 0.08  
% de Arena: 68.34  
% de Finos: 31.59

Fuente. Centro de Investigaciones, Facultad de Ingeniería 2012.

Figura 7. Gráfica del suelo



Fuente. Centro de Investigaciones, Facultad de Ingeniería 2012.

## **4. DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE LA PLANTA**

### **4.1. Generalidades de la planta**

La planta se diseñó para satisfacer las necesidades de tratamiento de desechos sólidos incluyendo las áreas productivas e improductivas necesarias para el funcionamiento óptimo.

La propuesta es diseñar una arquitectura compatible tanto en función como en forma y estructura, se toma en cuenta el entorno urbano garantizando la seguridad y vida del personal que desarrolla la disposición final de los desechos sólidos, también se propone que cumpla las siguientes fases:

- ❖ Reciclaje
- ❖ Transformación
- ❖ Vertido

### **4.2. Ubicación geográfica planta de tratamiento**

La planta de tratamiento de desechos sólidos, se ubica en la aldea El Cerrito y las coordenadas  $16^{\circ} 02' 51''$  N y  $90^{\circ} 28' 64''$  W a una altura de 1 600 metros sobre el nivel del mar. El área de influencia del proyecto esta evaluada, en un área estimada de 7 Km. de radio del centro del predio donde se ubicará el proyecto.

## ❖ Suelos

Los suelos de Fraijanes son de poco a moderadamente profundos, bien drenados, desarrollados sobre toba volcánica en un clima húmedo seco, ocupando relieves de inclinados a muy inclinados y altitudes medianas en la parte sur central de Guatemala. Se encuentran asociados a los suelos Morán y en muchos aspectos, representan áreas erosionadas y seccionadas de esos suelos.

El suelo superficial, a una profundidad alrededor de 25 centímetros, es franco arenoso o franco café muy oscuro. El contenido de materia orgánica es alrededor del 4 por ciento estructura es granular fina poco desarrollada el suelo es suave cuando esta húmedo; la reacción es de mediana a ligeramente ácida, pH alrededor de 6,0.

## ❖ Aguas subterráneas y superficiales

Existen varios nacimientos de agua en las partes altas, de la cuenca del río María Linda y cuenca del río Los Esclavos, sin embargo la corriente principal es el río Aguacapa, el cual es un afluente del río María Linda, que se encuentra dentro de este municipio. En cuanto aguas subterráneas, no se tienen datos exactos puesto que la municipalidad no cuenta con reportes específicos de los pozos perforados que surten de agua al municipio; así como de las colonias residenciales que están poblando la entrada del municipio.

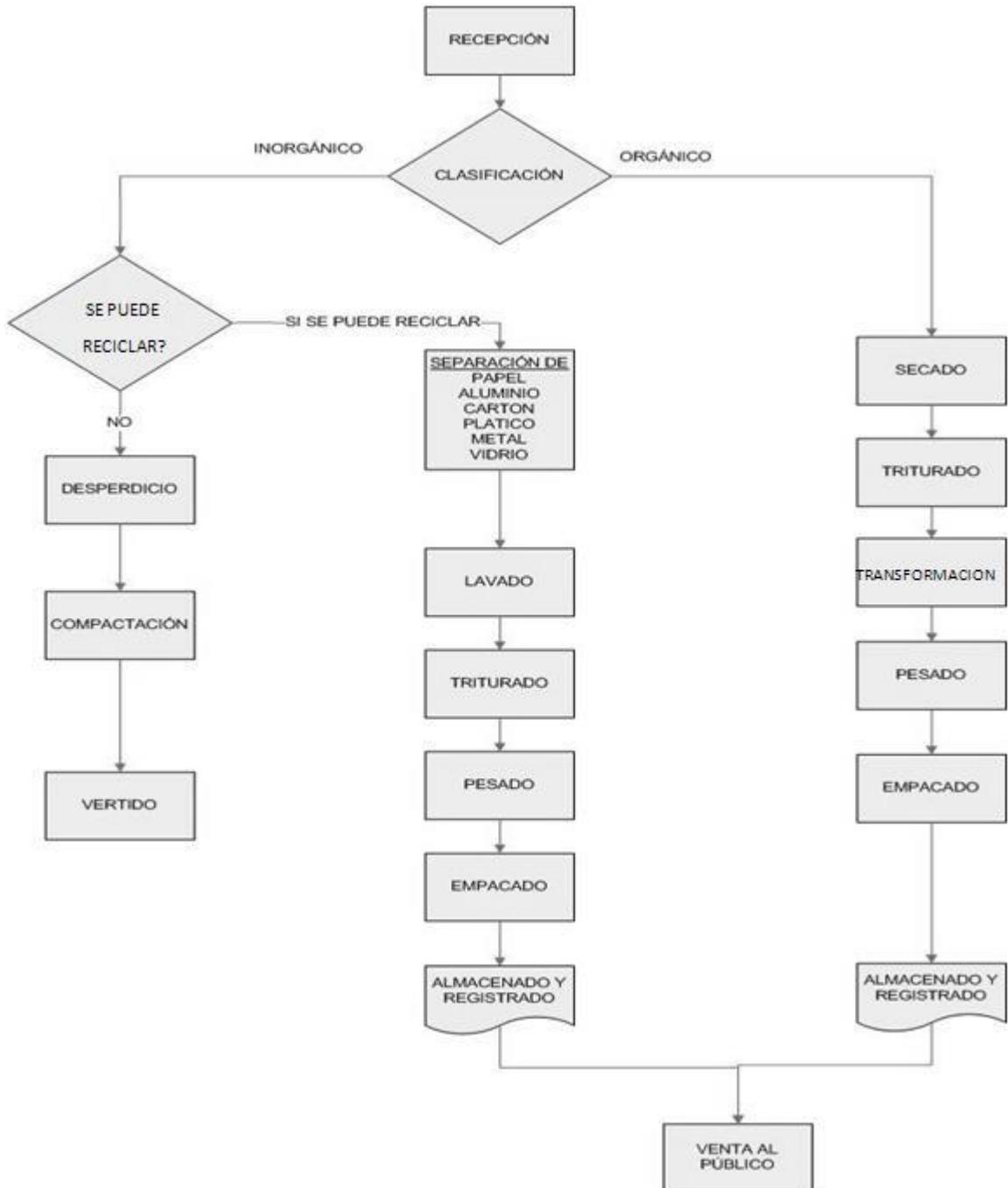


#### **4.4. Distribución del área**

La distribución del área de la planta de tratamiento de desechos sólidos se hace desde el punto de vista económico, que reduce al mínimo los costos unitarios o bien genera las máximas utilidades; para lo cual es necesario conocer los siguientes factores:

- ❖ **Actividades que se realizarán dentro de la planta**  
Para conocer las actividades que se realizaran dentro de la planta se presenta un diagrama de procesos que identifica las actividades dentro de la planta.(figura 9).

Figura 9. Diagrama de áreas dentro de la planta



Fuente: elaboración propia, con programa de Visio.

❖ Cálculo de la población urbana del municipio de Fraijanes

Se calcula la población del área urbana del municipio de Fraijanes consultando el censo poblacional realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el 2002, y aplicando la siguiente ecuación de crecimiento geométrico.

$$P=P_1(R+1)^n$$

P = población futura

P<sub>1</sub> = población al tiempo T<sub>1</sub>

R = tasa de crecimiento poblacional

n = período de diseño (T-T<sub>1</sub>)

Población del municipio de Fraijanes al 2002 = 30 701 habitantes.

Población área urbana = 19 454 habitantes

Población área rural = 11 247 habitantes

Para el diseño de la planta de tratamiento de desechos sólidos se calculó la población del área urbana con referencia de la población urbana del 2002 y operando la siguiente ecuación geométrica.

$$P = P_1(R+1)^n$$

Cálculo aproximado de la población habitacional urbana del 2011 en el área rural del municipio de Fraijanes

P<sub>1</sub> = 19 454 habitantes

R = 2,5 % (INE)

n = 2011-2002

$$n = 9$$

$$P = 19\,454 (0,025+1)^9$$

$$P = 24\,295 \text{ habitantes}$$

Cálculo aproximado de la población habitacional urbana al 2012 en el área rural del municipio de Fraijanes

$$P_1 = 19\,454 \text{ habitantes}$$

$$R = 2,5 \%$$

$$n = 2012 - 2002$$

$$n = 10$$

$$P = 19\,454 (0,025)^{10}$$

$$P = 24\,903 \text{ habitantes}$$

**Tabla V. Población aproximada de habitantes por año en el área urbana del municipio de Fraijanes**

n	Año	Población
1	2012	24 903
2	2013	25 525
3	2014	26 163
4	2015	26 818
5	2016	27 488
6	2017	28 175
7	2018	28 880
8	2019	29 602
9	2020	30 342
10	2021	31 100

Fuente: elaboración propia.

- ❖ Volumen de desechos sólidos urbanos recolectados en el municipio de Fraijanes.

En la cabecera municipal de Fraijanes, cada semana dos camiones recolectan los desechos sólidos urbanos, los datos de la siguiente tabla enumera la cantidad de viajes:

Tabla VI. **Cantidad de viajes por camión recolector**

Día	Camión 1	Camión 2
Lunes	5	4
Martes	4	3
Miércoles	4	3
Jueves	4	3
Viernes	4	3
Sábado	2	2
Viajes semanal	23	18

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Camión recolector de desechos sólidos**



Fuente: aldea El Cerrito, Fraijanes.

Volumen de carga del camión 1 ( $V_1$ )

$$V_1 = \text{base} \times \text{altura} \times \text{ancho}$$

$$V_1 = 2,80 \text{ m} \times 1,70 \text{ m} \times 2,50 \text{ m}$$

$$V_1 = 11,90 \text{ m}^3$$

❖ Volumen semanal de desechos sólidos recolectados camión 1 ( $V_{1r}$ )

$$V_{1r} = \text{número de viajes semanal} \times \text{volumen de carga del camión 1}$$

$$V_{1r} = 23 \times 11,90 \text{ m}^3$$

$$V_{1r} = 73,70 \text{ m}^3$$

Volumen de carga del camión 2 ( $V_2$ )

$$V_2 = \text{base} \times \text{altura} \times \text{ancho}$$

$$V_2 = 4,30 \text{ m} \times 1,90 \text{ m} \times 1,70 \text{ m}$$

$$V_2 = 13 890 \text{ m}^3$$

Volumen semanal de desechos sólidos recolectados camión 2 ( $V_{2r}$ )

$$V_{2r} = \text{número de viajes semanales} \times \text{volumen de carga del camión 2}$$

$$V_{2r} = 18 \times 13\,890 \text{ m}^3$$

$$V_{2S} = 250\,020 \text{ m}^3$$

Volumen aproximado de desechos sólidos recolectados semanalmente en la cabecera municipal del municipio de Fraijanes 2011.( $V_s$ )

$V_s$  = volumen recolectado semanal camión1+volumen recolectado semanal camión 2

$$V_s = 73\,700 \text{ m}^3 + 250\,020 \text{ m}^3$$

$$V_s = 23\,720 \text{ m}^3$$

Volumen de desechos sólidos urbanos recolectados en la cabecera municipal de Fraijanes 2011 ( $V_{2011}$ )

$V_{2011}$  = volumen de desechos sólidos recolectados semanal x 52 semanas

$$V_{2011} = 523\,720 \text{ m}^3 \times 52 \text{ semanas}$$

$$V_{2011} = 27\,233 \text{ m}^3$$

#### ❖ Producción Per Cápita (PPC)

Es la cantidad de desechos sólidos por habitante por día (kg/hab/día) y se calcula de la siguiente forma:

$$PPC = \frac{\text{Cantidad de desechos sólidos}}{\text{Cantidad de habitantes}}$$

Conversiones de  $\text{m}^3$  a kg

$$1 \text{ m}^3 = 1 \text{ tn}$$

1 tn = 1000 kg

$$27\,233\text{ m}^3 \times \frac{1\text{ tn}}{1\text{ m}^3} \times \frac{1000\text{ kg}}{1\text{ tn}} = 27\,233\text{ kg}$$

Número aproximado de habitantes en el área urbana del municipio de Fraijanes año 2011 = 24 295 habitantes.

❖ Producto Per Cápita de desechos sólidos en el municipio de Fraijanes

$$\text{PPC} = \frac{27\,233\text{ kg}}{24\,295\text{ habitantes}}$$

$$\text{PPC} = 0,12\text{ kg habitantes/día}$$

Los rangos establecidos por la Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, (OPS/CEPIS), que es de 0,6 y 1,2 Kg./hab./día para la generación de residuos sólidos en municipios menores de 30 000 habitantes.

La razón por la que el PPC es bajo es debido a que un porcentaje de los habitantes área rural realizan las actividades económicas fuera del municipio, esto hace que la permanencia en el municipio sea en horas nocturnas generando menor cantidad de desechos sólidos el municipio.

❖ Volumen aproximado de desechos sólidos urbanos recolectados en la cabecera municipal de Fraijanes en el 2012.

Planteamiento:

Población urbana 2011 = volumen desechos sólidos urbanos 2011

Población urbana 2012 = Y

Datos:

Población urbana aproximada en el 2011 = 24 295 habitante

Población urbana aproximada en el 2012 = 24 903 habitante

Volumen aproximado desechos recolectados en el 2011 = 27 233 m<sup>3</sup>

Volumen aproximado desechos recolectados en el 2012 = Y

Planteamiento:

$$24\ 295\ \text{habitantes} = 27\ 233\ \text{m}^3$$

$$24\ 903\ \text{habitantes} = Y$$

$$Y = \frac{27\ 233\ \text{m}^3 \times 24\ 903\ \text{habitantes}}{24\ 295\ \text{habitantes}} = 27\ 944.98\ \text{m}^3$$

$$Y = 27\ 944.98\ \text{m}^3$$

Tabla VII. **Recolección aproximada de desechos sólidos en el área urbana del municipio de Fraijanes**

n	Año	Recolección m <sup>3</sup>
1	2012	27 944.98
2	2013	28 612.21
3	2014	29 327.37
4	2015	29 837.40
5	2016	30 812.63
6	2017	31 582.72
7	2018	32 372.99
8	2019	33 182.31
9	2020	34 011.81
10	2021	34 861.49

Fuente: elaboración propia.

El aumento de la recolección de desechos sólidos en el área rural del municipio, es debido a que la municipalidad implementó el plan de recolección por vivienda y banquetas para que los vecinos no tiren desechos en la calle o en áreas no autorizadas, manteniendo el municipio limpio.

❖ Clasificación de desechos sólidos por la composición que poseen

Para clasificar los desechos sólidos del municipio se seleccionaron tres toneles llenos de desechos procedentes del área urbana, seguidamente por medio del método del cuarteo se encontraron los siguientes datos:

44 %	desechos sólidos orgánicos
41 %	desechos sólidos inorgánicos reciclables
15 %	desechos inertes para vertederos

Los datos obtenidos en este método tienen congruencia con un estudio hecho en Guatemala por JICA, sobre la composición de desechos sólidos en el 2007

Para obtener la composición física anual de desechos sólidos en la planta se calcularon las cantidades anuales de recolección por año en el área urbana del municipio y se multiplicó cada cantidad anual por la distribución de la composición de desechos calculada por medio del método del cuarteo, el producto de los datos de este procedimiento se presentan en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Composición física de desechos sólidos en la planta de tratamiento**

Año	Volumen	Orgánico (44 %)	Inorgánico (41 %)	Inerte (15 %)
2012	27 944,98	12 295,79	11 457,44	4 191,75
2013	28 612,21	12 589,37	11 731,01	4 29,83
2014	29 327,37	12 904,04	12 024,22	4 399,11
2015	29 837,40	13 128,45	12 233,33	4 475,62
2016	30 812,63	13 557,55	12 633,17	4 621,91
2017	31 582,72	13 896,39	12 948,91	4 737,42
2018	32 372,99	14 244,11	13 272,92	4 855,96
2019	33 182,31	14 600,21	13 604,74	4 977,36
2020	34 011,81	14 965,18	13 944,84	5 101,79
2021	34 861,49	15 339,04	14 293,21	5 229,24

Fuente: elaboración propia.

❖ Diseño de la planta de tratamiento de desechos sólidos

La planta se diseñó para tratar los desechos inorgánicos y orgánicos en áreas techadas y al desperdicio del inorgánico (no reciclable ni reutilizable) se le aplicará un tratamiento especial en un área aparte. (Relleno sanitario)

Se diseñan los espacios necesarios donde se reciclarán los desechos sólidos inorgánicos recolectados en el área urbana del municipio de Fraijanes considerando los siguientes factores:

❖ Cantidad de desecho sólido inorgánico reciclado

Para conocer la cantidad de desechos sólidos urbanos reciclables se utiliza una tabla de porcentaje de recuperación de cada residuo sólido y multiplicando el volumen de cada material por el peso específico del mismo se calcula el peso de cada material y el peso total que se tratará dentro de la planta de tratamiento de desechos sólidos.

Tabla IX. **Datos típicos sobre peso específico y humedad de los desechos sólidos**

Tipo de desecho	peso específico		contenido en humedad	
	Kg/m <sup>3</sup>		Porcentaje en peso	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Residuos	131- 481	291	50-80	70
Papel	42-131	89	4-10	6
Cartón	42- 80	50	4-5	5
Plástico	42-131	65	1-4	2
Textiles	42-101	65	6-15	10
Vidrio	160 - 481	196	1-4	2
Aluminio	131-1 151	320	2-4	2
Otros Metales	320 -1 000	481	6-12	8

Fuente: COLOMER MENDOZA, Francisco. Tratamiento y Residuos Sólidos. p. 105.

Tabla X. **Estimaciones en porcentaje de materiales recuperados para reciclaje**

Material	% *
Aluminio	2,00
Papel	8,49
Cartón	7,00
Plásticos	10,00
Vidrio	3,20
Metales	1,51
Textiles	3,60
Otros Metales	5,00

\*Del total de los desechos sólidos generados

Fuente: elaboración propia.

La presente tabla indica que la mayor cantidad de material reciclable es el plástico seguido por el papel y el cartón este cambio es producto del crecimiento económico e industrial del municipio.

Tabla XI. **Cálculo del desecho sólido que se tratará dentro de la planta 2021\***

Material	Volumen	%	Recuperación	Peso	Peso
	Desecho	Recupera		Específico	
	m <sup>3</sup>	% m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg
Aluminio	34 861,49	2,00	697 229,80	250	174 307,45
Papel	34 861,49	8,49	2 959,74	55	162 785,70
Cartón	34 861,49	7,00	2 440,30	45	109 813,69
Plástico	34 861,49	10,00	3 486,15	55	191 738,19
Vidrio	34 861,49	3,20	1 115,57	175	195 224,34
Metales	34 861,49	1,71	596,13	250	149 032,88
Textiles	34 861,49	3,60	1 255,01	55	69 025,75
Otros metales	34 861,49	5,00	1 743,07	350	610 075,90

\*Periodo diseño de la planta

Fuente: elaboración propia.

Peso aproximado de residuos inorgánicos para reciclaje = 1 662,04 kg

❖ Tratamiento desechos sólidos orgánicos

Para acelerar el proceso de compostaje de los desechos sólidos orgánicos se plantea la técnica de lombricultura (lombriz Coqueta Roja), obteniendo un compost tipo fertilizante orgánico que enriquece y regenera la tierra, aprovechando toda clase de desechos biodegradables con la ayuda de microorganismos que producen tierra humus de los desechos orgánicos.

❖ Diseño del compost lombricultura

El tratamiento del compost lombricultura se hace en pilas que se diseñan para contener la cantidad de desechos orgánicos que se recolectan en la planta, es necesario tener la cantidad suficientes de pilas para asegurar que se quede el material durante tres meses.

➤ Medidas de las pilas

Profundidad = 1.20 m para evitar condiciones anaeróbicas

Ancho = 1.80 m facilita el trabajo de las lombrices y de los obreros

Largo para contener el volumen de desecho recolectado diariamente.

➤ Largo de la pila

Para encontrar el largo de la pila se plantea la siguiente igualdad de volúmenes y considerando que se puede cargar el desecho solido hasta el 50 % arriba del lecho, por tanto el volumen de la pila tiene que ser la mitad del volumen del desecho recolectado, en el 2021 que es el período de diseño de la planta.

Volumen de desecho orgánico recolectado 2021 = 15 339,04 m<sup>3</sup>

Volumen pila = volumen diario de desecho solido orgánico recolectado X 0,50

Volumen pila = b x h x L

Volumen diario de desechos sólidos orgánicos recolectados (Vd):

$$Vd = \frac{\text{Volumen anual de desechos sólidos}}{365 \text{ días}}$$

$$Vd = \frac{15\,339,04 \text{ m}^3}{365 \text{ días}}$$

$$Vd = 42,02 \text{ m}^3/\text{diario}$$

Planteando la igualdad con datos

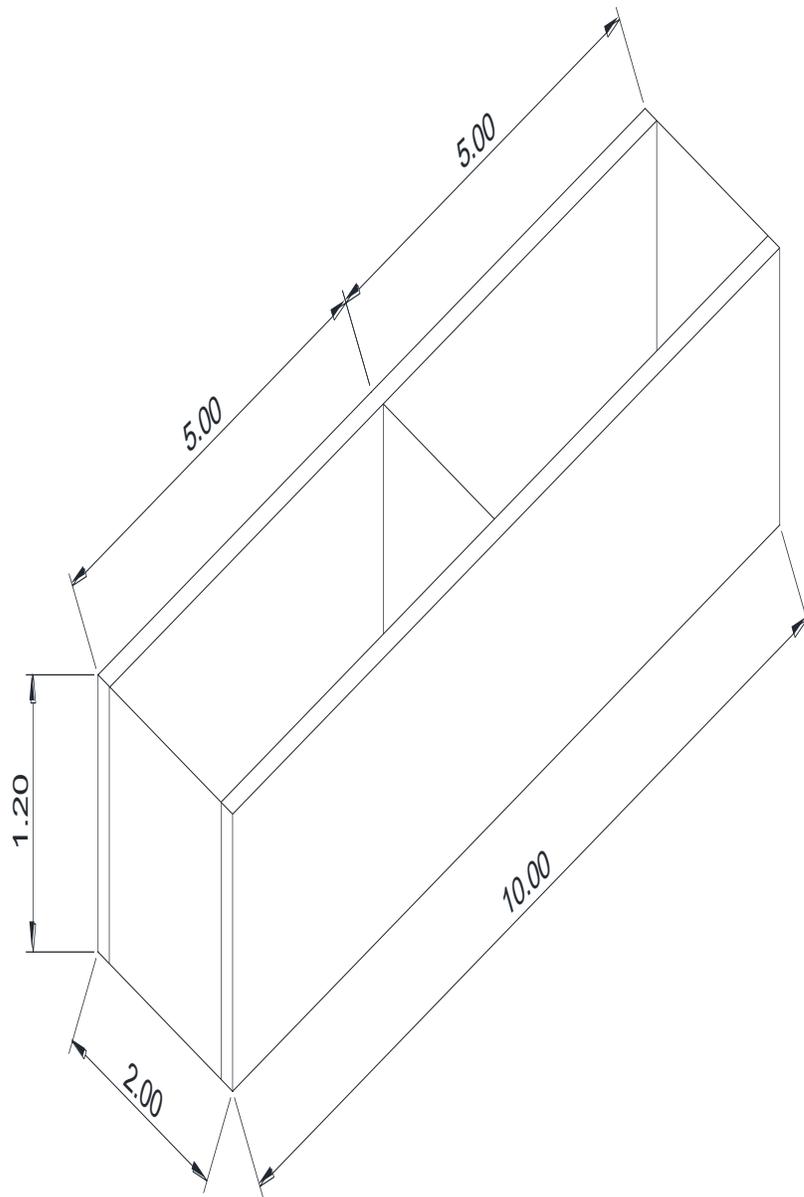
$$1,80 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} \times L = 42,02 \text{ m}^3 \times 0,50$$

$$2,16 \text{ m}^2 \times L = 21,01 \text{ m}^3$$

$$L = \frac{21,01 \text{ m}^3}{2,16 \text{ m}^2}$$

L = 9,73 m se aproxima el largo a 10,00 m

Figura 11. **Isométrico de pila lombricultura**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

❖ Número de pilas

Para el número de pilas se asume una pérdida del 50% del material y volumen durante el proceso de biodegradación.

Ecuación:

$N = 0,50$  número de días que tarda el proceso

Número de descargas que se hacen a la pila en una semana

Número de días que tarda el proceso = 90 días (tres meses)

Número de descargas por semana = 5

$$N = \frac{0,5 \times 90}{5}$$

$$N = \frac{45}{5} = 9$$

Nota: se diseñaran 10 pilas con las siguientes medidas

Base = 1,80 m

Alto = 1,20 m

Largo = 10,00 m

Volumen de pila = 1,80m x 1,20m x 10,00m

Volumen de pila = 21,6 m<sup>3</sup>

Volumen total lombricultura ( $V_L$ ) = Numero de pilas x volumen pila

$V_L = 10 \times 21,6 \text{ m}^3$

$V_L = 216 \text{ m}^3$

❖ Cálculo de lombrices para iniciar la lombricultura

La lombricultura se inicia con el 50 % del volumen total del mismo.

$$0,50 \times 216 \text{ m}^3 = 108 \text{ m}^3$$

Cantidad de Lombrices ( $C_L$ )

$$1 \text{ m}^3 = 4 \text{ 000 lombrices}$$

$$108 \text{ m}^3 = C_L$$

$$C_L = 432 \text{ 000 lombrices}$$

1 lombriz pesa aproximadamente 1 gramo

432 000 lombrices = 432 000 gramos

\*Para calcular pilas y lombrices para el compost del abono orgánico se aplicaron las formulas del Manual del Compostaje para Municipios.

Tabla XII. **Producción de abono orgánico en la planta**

n	Año	Recolección m <sup>3</sup>	Producción m <sup>3</sup> -mes	Producción m <sup>3</sup> -año
1	2012	12 295,79	256,16	3 073,92
2	2013	12 589,37	262,29	3 147,34
3	2014	12 904,04	268,83	3 226,01
4	2015	13 128,45	273,51	3 282,11
5	2016	13 557,55	282,45	3 389,39
6	2017	13 896,39	289,51	3 474,10
7	2018	14 244,11	296,75	3 561,03
8	2019	14 600,21	304,17	3 650,05
9	2020	14 965,18	311,77	3 741,30
10	2021	15 339,04	319,56	3 834,76

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XIII. Distribución de áreas en la planta de tratamiento**

Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )
Relleno sanitario	3 340,00
Reciclaje	400,00
Lombricultura	326,80
Administración + garita	72,00
Carga	127,00
Descarga	96,00
Lavado	47,20
Salida	36,00
Entrada	36,00
Área libre	3 392,87

Fuente: elaboración propia.



## 5. DISEÑO DEL MURO PERIMETRAL

### 5.1. Tipos de muros

#### ❖ Muros de gravedad

Resisten empujes mediante el propio peso, son económicos para alturas menores de 4,5 m, tienen diferentes formas transversales, se pueden construir de mampostería, concreto armado o concreto ciclópeo y se estabilizan por el propio peso.

#### ❖ Muros en ménsula

Trabajan como viga en voladizo empotrados en una zapata inferior, son económicos hasta alturas de 6,5 m pueden ser de mampostería o de concreto reforzado. La estabilidad se logra por la anchura de la zapata y viene aumentada por la acción del prisma de tierra que carga sobre la parte posterior de la zapata que ayuda a impedir el vuelco.

La resistencia se haya encomendada a la pantalla vertical la cual se calculará como una ménsula empotrada en la base con una carga igual al empuje de tierras y las sobrecargas que pueda tener.

#### ❖ Muros de contrafuerte

Son los que resisten empujes trabajando como losas continuas apoyadas en los contrafuertes teniendo el refuerzo principal en forma horizontal.

❖ Muros confinados de mampostería

Son muros que tienen el refuerzo vertical y horizontal concentrado en elementos de concreto conocidos como columnas y soleras respectivamente.

## 5.2. Dimensiones del muro

Como es un muro de mampostería que únicamente sirve para circular un área, en el intervienen solo cargas muertas, es decir el peso propio del muro; se diseñara un muro confinado y para diseñarlo se aplicara el reglamento AGIES NSE 7.4 capítulos del 4.3 al 4.6 los cuales especifican los requisitos de diseño de un muro confinado.

Las dimensiones del muro se calcularan con base en la altura del mismo, considerando que es un muro perimetral se propone una altura de 4,00 m con block de concreto de 0,20 m de espesor, diseñando un módulo de 10,00 m de 363,14 m largo del muro.

Desplante (D) = 45 % altura del muro

$$D = 0,45 \times 4,00 \text{ m}$$

$$D = 1,80 \text{ m}$$

Base del cimiento (B) = 15 % altura del muro

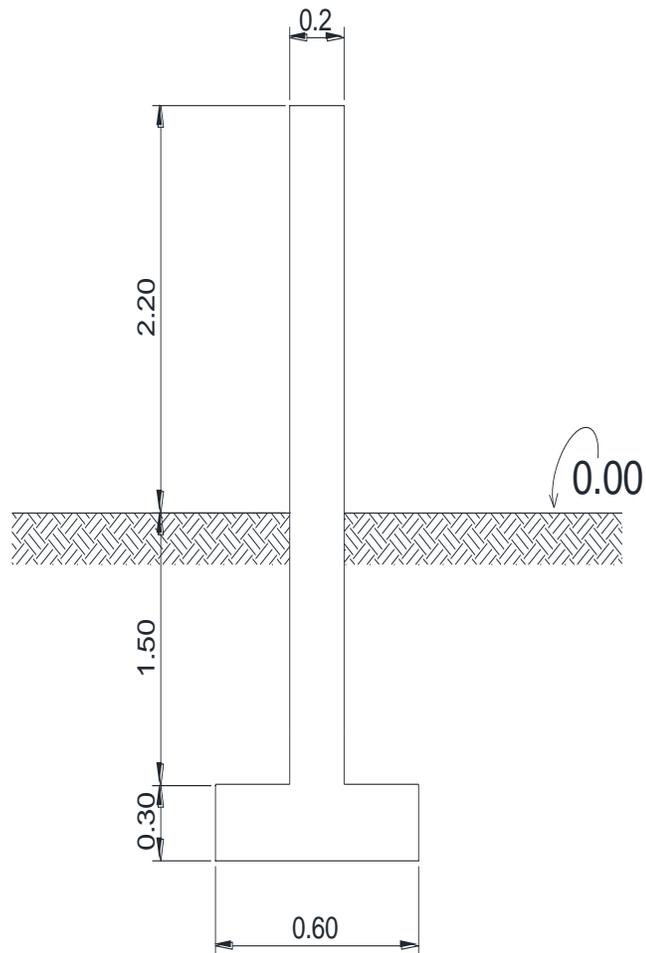
$$B = 0,15 \times 4,00 \text{ m}$$

$$B = 0,60 \text{ m}$$

Espesor del cimiento (E) = 7,5 % altura del muro

$$E = 0,075 \times 4,00 \text{ m} = 0,30 \text{ m}$$

Figura 12. Dimensiones del muro



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Datos diseño del muro

Longitud = 10,00 m

Tipos de soleras hidrófuga, intermedia y superior

Acero de refuerzo mínimo soleras :

Hidrófuga 4 N° 3 estribos N° 2 @ 200 mm

Intermedia 4 N° 3 estribos N° 2 @ 200 mm

Superior 4 N° 3 estribos N° 2 @ 200 mm

Concreto soleras resistencia mínima a los 28 días  $210 \text{ kg/cm}^2$

Columnas cuadradas de 0,20 m x 0,20 m por lado

Distancia entre columnas 2,25 m

Armado de columnas

4N° 3 Estribos N° 2 @ 200 mm

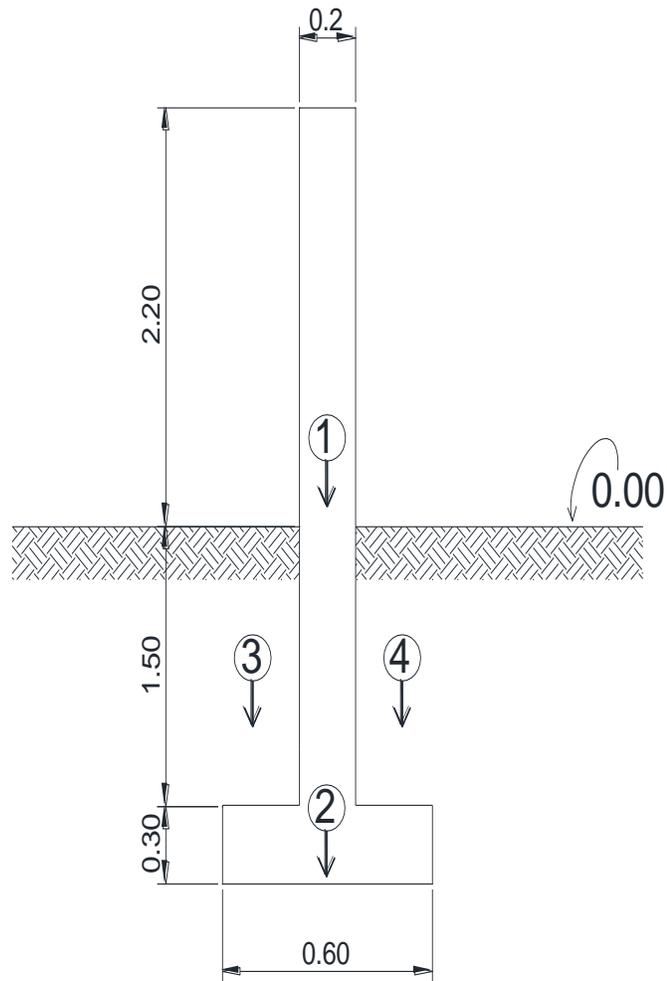
Concreto columnas resistencia mínima a los 28 días  $210 \text{ kg/cm}^2$

AGIES NSE 7.4 Mampostería reforzada (NR9:2000)

### **5.3. Determinación de fuerzas**

Las fuerzas sobre el muro son las cargas que actúan por encima de la base de la cimentación, siendo estas el peso propio del muro, peso del suelo sobre el cimiento y se integran en la tabla XIV.

Figura 13. Fuerzas que producen volteo sobre el muro



- 1. Fuerzas del muro
- 2. Fuerzas del cimiento
- 3. y 4. Fuerza que produce la tierra sobre el cimiento.

Fuente: elaboracion propia, con programa de AutoCAD 2012.

Tabla XIV. **Cuadro de integración de cargas del cimiento**

Estructura	L (m)	A (m)	Ancho (m)	Peso específico	Peso (K)
Cimiento	10 000	0,30	0,60	2 400	4 320
Muro block	10 000	3,70	0,20	140	5 180
Suelo	10 000	1,50	0,40	1 410	8 460

Carga total 16 040 Kg

Fuente: elaboración propia.

#### 5.4. **Análisis de estabilidad**

La estabilidad del muro se analiza con respecto a las siguientes condiciones para garantizar la seguridad del mismo:

❖ **Volteo**

Es una situación crítica donde las fuerzas internas del muro podrían llevarlo a la falla y se calculan como la suma de los productos de las fuerzas de volteo por la distancia a la base externa del muro.

Tabla XV. **Cálculo del momento resistente**

Sección	peso (tn/m)	brazo del momento(m)	momento (tn-m)
1	0,104	0,30	0,0312
2	0,432	0,30	0,1296
3	0,423	0,10	0,0423
4	0,423	0,50	0,2115
Total	1,382	Momento resistente	0,4146

Fuente: elaboración propia.

Momento de volteo (Mv)

$$Mv = E_A \times \frac{h}{3}$$

$E_A$  = empuje activo

h = altura del muro

$$E_A = \frac{\gamma h^2}{\frac{2 \times 1 - \sin \emptyset}{1 + \sin \emptyset}}$$

$\Gamma$  = peso específico del suelo +  $\sin \emptyset$

$\emptyset$  = ángulo de fricción del suelo

$$E_A = \frac{1,41 \times (3,70)^2}{\frac{2 \times 1 - \sin 10,62}{1 + \sin 10,62}}$$

$$E_A = 14,00$$

$$Mv = 14,00 \times \frac{3,70}{3}$$

$$M_v = 17,26 \text{tn-m}$$

❖ Deslizamiento

Se calcula la seguridad de la estructura contra una fuerza horizontal aplicada en el cimiento.

$$F_R = F_P + F_f$$

$F_R$  = fuerza de deslizamiento

$F_p$  = fuerza pasiva

$F_f$  = fuerza de fricción

$$F_p = \frac{\gamma h^2 K_p}{2}$$

$$K_p = \frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta}$$

$$K_p = \frac{1 + \sin 10,62}{1 - \sin 10,62}$$

$$K_p = 1,40$$

$$F_p = 1410 \times 3,7^2 \times \frac{1,40}{2}$$

$$F_p = 13\,512 \text{kg}$$

$F_f = W \times \text{coeficiente de fricción}$

$$\text{Coeficiente de fricción} = 0,8 \times \tan 10,62 = 0,13$$

$$F_f = 16\,040 \text{ kg} \times 0,13$$

$$F_f = 2\,085 \text{ kg}$$

$$F_R = 13\,512 \text{ kg} + 2,085 \text{ kg}$$

$$F_R = 15\,597 \text{ kg}$$

Chequeo contra deslizamiento

$$\frac{F_R}{F_A} > 1,5$$

$$\frac{15,597}{2,085} = 7,48$$

7,48 >

Como el factor 7,48 es mayor que 1,5 el muro si chequea contra deslizamiento.

❖ Asentamiento

Es la fuerza vertical transmitida al suelo por el cimiento del muro y se chequea contra la capacidad última del suelo.

Peso del muro = 1 604 kg/m

Excentricidad e

$$e = \frac{\frac{B}{2} - (MR - MV)}{W}$$

$M_R$  = momento de reacción

$M_V$  = momento de volteo

W = peso del muro

B = base del cimiento

$$e = \frac{\frac{0,60}{2} - (0,4146 - 17,26)}{16\,040} = 0,30$$

Capacidad última del suelo 27,9 tn/m<sup>2</sup>

Calculo de cargas de asentamiento ( $C_A$ )

$$C_A (+) = \frac{W}{(1 \times B) \left(1 + \frac{6e}{B}\right)}$$

$$C_A (+) = \frac{16\,040}{(1 \times 0,60) \left(1 + 6 \times \frac{0,30}{0,60}\right)} = 6,68 \text{ tn/m}^2 < 27,9 \text{ tn/m}^2$$

$$C_A (-) = \frac{16040}{(1 \times B)(1 - \frac{6e}{B})}$$

$$C_A (-) = \frac{16\ 040}{(1 \times 0,60)(1 - 6 \times \frac{0,30}{0,60})} = 13,36 \text{ tn/m}^2 < 27,9 \text{ tn/m}^2$$

Como las cargas de asentamiento son menores que el valor soporte del suelo el diseño del muro si chequea contra asentamiento.

➤ Diseño del cimiento

Considerando que el muro es perimetral en el solo intervienen cargas muertas, que es el peso propio del muro se diseña de la siguiente ecuación:

$$P_{\text{ultima}} = 1,4CM + 1,7CV$$

Donde:

$P_{\text{ultima}}$  = carga última

CM = cargas muertas = 16 040 kg = 1,60 tn

CV = cargas vivas = 0

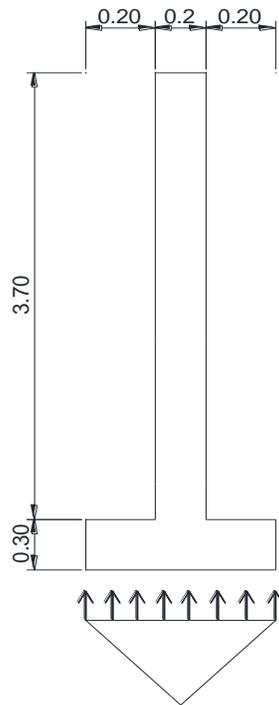
El diseño del cimiento es para 1 m

$$P_{\text{ultima}} = 1,4(1,60 \text{ tn}) + 1,7(0) = 2,24 \text{ tn/m}$$

$$P_{\text{diseño}} = \frac{P_{\text{ultima}}}{\text{Área del cimiento}}$$

$$P_{\text{diseño}} = \frac{2,24}{0,60 \times 1} = 3\,730 \text{ tn/m}^2$$

Figura 14. Cálculo del momento del cimiento



**ANCHO DEL CIMIENTO = 0.60**

**L = 1.00 m**

$$C_u = \frac{1.4 C_m + 1.7 C_v}{B \times L}$$

$$M = \frac{W L^2}{2}$$

..

Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Cálculo del acero

$$M = \frac{w l^2}{2}$$

M= momento de diseño

W= 3 730 kg /m

L = 0,20 m

$$W = 3\,730 \times 0,20^2 / 2 = 74\,600 \text{ kg-m}$$

Datos de cálculo

$$M = 74,600 \text{ kg-m}$$

$$B = 100 \text{ cm}$$

$$D = 12 \text{ cm}$$

$$f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg / cm}^2$$

Ecuación:

$$A_s = \frac{0,85 \times f_c}{f_y \left( BD - \sqrt{(BD)^2 - \frac{MB}{0,003825 f_c}} \right)}$$

$$A_s = \frac{0,85 \times 210}{2810 \left( 100 \times 12 - \sqrt{(100 \times 12)^2 - \frac{74,6 \times 100}{0,003825 \times 210}} \right)}$$

$$A_s = 0,16 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \max} = 0,5 P_b \times b \times d$$

$$P_b = \frac{0,85 B_1 6090 f_c}{f_y (6090 + f_y)} \quad B_1 = 0,85$$

$$P_b = 0,85 \times 0,85 \times 6090 \times 210 / 2810 (6090 + 2810)$$

$$P_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 6090 \times 210}{2810 (6090 + 2810)}$$

$$P_b = 0,0369$$

$$A_{s \max} = 0,5 \times 0,0369 \times 100 \times 12$$

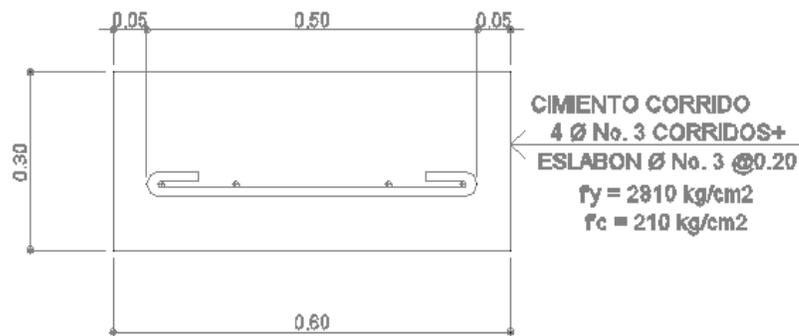
$$A_{s \max} = 22,17 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = 14,1 \times b \times \frac{d}{f_y}$$

$$A_{s_{\min}} = 14,1 \times 100 \times \frac{12}{2810}$$

$$A_{s_{\min}} = 6,02 \text{ cm}^2$$

Figura 15. Armado del cimiento



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

❖ Juntas de construcción del muro perimetral

Son grietas horizontales visibles que se presentan usualmente en el muro por diseño estructural no satisfactorio. El ACI 318S-05, capítulo 10, sección 10.6. limita el tamaño de las grietas en las zonas de tensión de elementos en una dirección.

Estos requisitos se aplican al acero vertical provisto de los muros de retención.

El muro se construirá con las siguientes juntas:

➤ Contracción:

Son ranuras verticales colocadas en la fachada del muro, desde la parte superior de losa de base a la parte superior del muro, esta permite que el mamposte junto con la lechada se contraiga sin daño aparente. Las juntas deberán ser de 5 mm a 10 mm de ancho y de 10 mm a 15 mm de profundidad y separadas a cada 5,00 m entre centros.

➤ Expansión

Son las que permiten la expansión del mamposte junto con la lechada causada por los cambios de temperatura y se construyen desde la base del cimiento a la parte superior del muro y se rellena con duroport. Las barras de refuerzo horizontal que corren por el muro son continuas sobre todas las juntas engrasando cada junta de acero para permitir la expansión, separándolas cada 10,00 m.

## **6. DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO**

### **6.1. Generalidades de diseño**

El relleno sanitario es una técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los residuos sólidos municipales, comprende el espaciamiento, acomodo y compactación de los residuos. La cobertura con tierra diariamente evita la proliferación de vectores y con el manejo adecuado de gases y lixiviados, disminuye la contaminación del ambiente protegiendo la salud de la población.

En este proyecto diseñó el relleno sanitario para verter desechos sólidos inertes, los cuales no se transforman física, química o biológicamente reduciendo la contaminación ambiental y la producción de lixiviados que contaminen las aguas superficiales.

### **6.2. Tipos de rellenos sanitarios**

Los rellenos sanitarios se clasifican según la cantidad de toneladas de residuos sólidos que se operan diariamente y son las siguientes:

#### **❖ Relleno sanitario manual**

Si se procesan menos de 20 toneladas/día (aproximadamente 30 000 habitantes), son hechos a mano no necesitan equipos pesados permanentes para la operación, se usan palas, azadones, piochas, rastrillos, compactadores

manuales y se requiere equipo pesado para preparar el sitio, las vías internas, excavar las zanjas o extraer material de cobertura.

❖ **Relleno sanitario mecánico**

Si se procesan 40 toneladas/día (aproximadamente hasta 100 000 habitantes) tiene todas las características de un relleno diseñado, construido y operado con criterios de ingeniería civil y sanitaria incluyendo chimeneas para ventilación de biogás y sistema de drenaje interno de lixiviados, la construcción y operación requiere de maquinaria.

### **6.3. Métodos de construcción**

Los métodos de construcción dependen del terreno y la topografía del terreno y son:

❖ **Área**

El relleno sanitario se construyó sobre la superficie del terreno o para llenar depresiones, en este caso el material de cobertura se debe importar de otros sitios o si es posible extraerlo de la capa superficial del sitio a rellenar para tener ahorro.

❖ **Trinchera**

Se usa cuando el nivel de las aguas freáticas es profundo y las pendientes del terreno son suaves; de ahí que las zanjas pueden ser excavadas con equipo de movimiento de tierra.

El método consiste de depositar los residuos en un extremo de la zanja recostándolos en el talud; ahí los trabajadores los esparcen y compactan en capas con herramientas de albañilería hasta formar una cubierta con tierra extraída de la zanja.

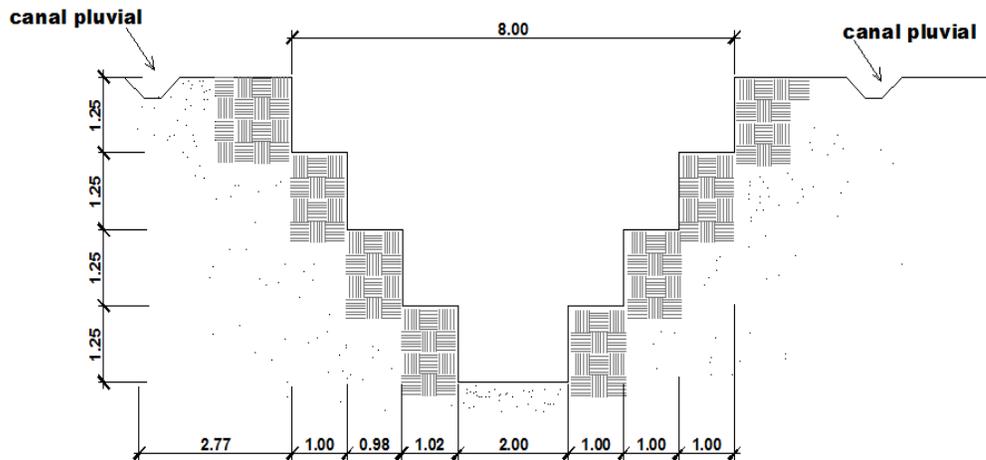
#### **6.4. Cálculo de la capacidad del relleno sanitario**

Considerando que la cantidad de desechos que verterán es menor a 20 tn/diarias el presente proyecto se diseña un relleno sanitario tipo manual con el método de construcción de trinchera en forma escalonada.

Con base en el levantamiento topográfico planimétrico hecho en el terreno de estudio del proyecto se encontraron las medidas del terreno, las cuales por la ubicación del relleno sanitario se tiene la limitante del área del terreno y para calcular la capacidad del relleno sanitario se hizo el siguiente procedimiento:

- ❖ Planteamiento de trinchera con medidas

Figura 16. Detalle de la trinchera



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

❖ Volumen de la trinchera propuesta. ( $V_t$ )

Para el cálculo se divide en niveles cada tramo de la trinchera y se aplicó la siguiente formula:

$$V_t = b \times h \times A$$

$V_t$  = volumen de la trinchera

$b$  = largo de la trinchera

$h$  = altura de cada nivel o tramo

$A$  = ancho de cada nivel o tramo

Primero se encontró el volumen del primer nivel que es la parte superficial de la trinchera el que tiene las siguientes dimensiones:

Largo = 76,50 m

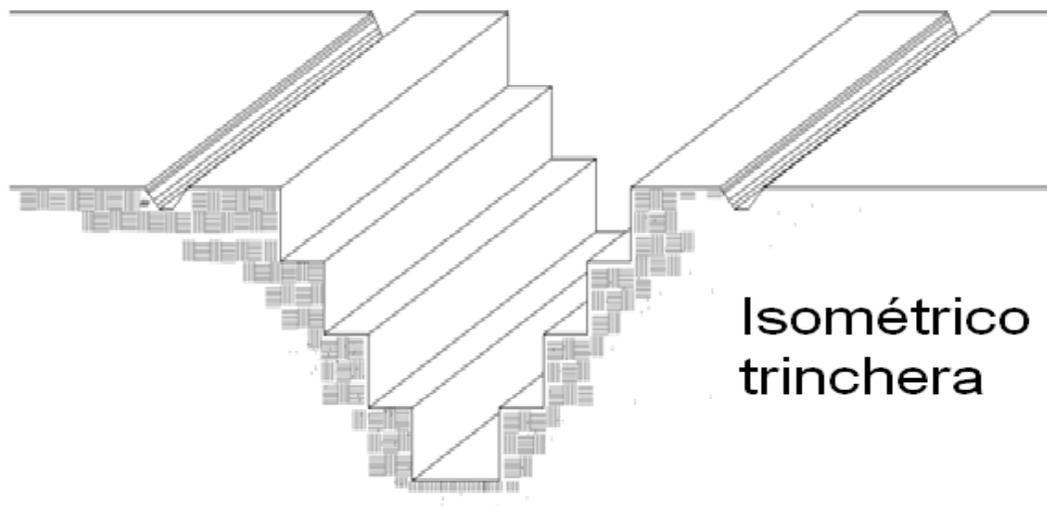
Ancho = 8,00 m

Profundidad = 1,25 m

$$V(t) = 76,50 \text{ m} \times 1,25 \text{ m} \times 8,00 \text{ m} = 765,00 \text{ m}^3$$

Calculado el volumen del primer nivel de la trinchera, cambiando el ancho de cada nivel y manteniendo la profundidad constante, se calculó el volumen de los restantes niveles de la misma forma y se sumaron para encontrar el volumen total de la trinchera.

Figura 17. **Isométrico de la trinchera**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Tabla XVI. **Volumen de la trinchera**

Nivel	Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1º	76,50	1,25	8,00	765,00
2º	76,50	1,25	6,00	573,75
3º	76,50	1,25	4,00	382,50
4º	76,50	1,25	2,00	191,25

Volumen total 1 912 m<sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia.

❖ **Cálculo volumen material de cobertura (Vcob)**

Es la cantidad de material que se utiliza para sellar cada nivel de la trinchera y del 2º nivel al 4º nivel se aplica una capa de 0.10 m de altura; el primer nivel se aplica una capa de 0,30 m de altura para sellar la trinchera.

Para calcular el volumen de cobertura se aplica la siguiente fórmula:

$$V_{cob} = b \times h \times A$$

Vcob = volumen de recubrimiento

b = largo de la trinchera

h = altura material de recubrimiento

A = ancho de la trinchera

El material de cobertura se calcula por cada nivel según el alto de la capa

de recubrimiento siendo para el primer nivel de 0,30 m por ser la capa de sellado de la trinchera, el cálculo es el siguiente:

Largo = 76,50 m

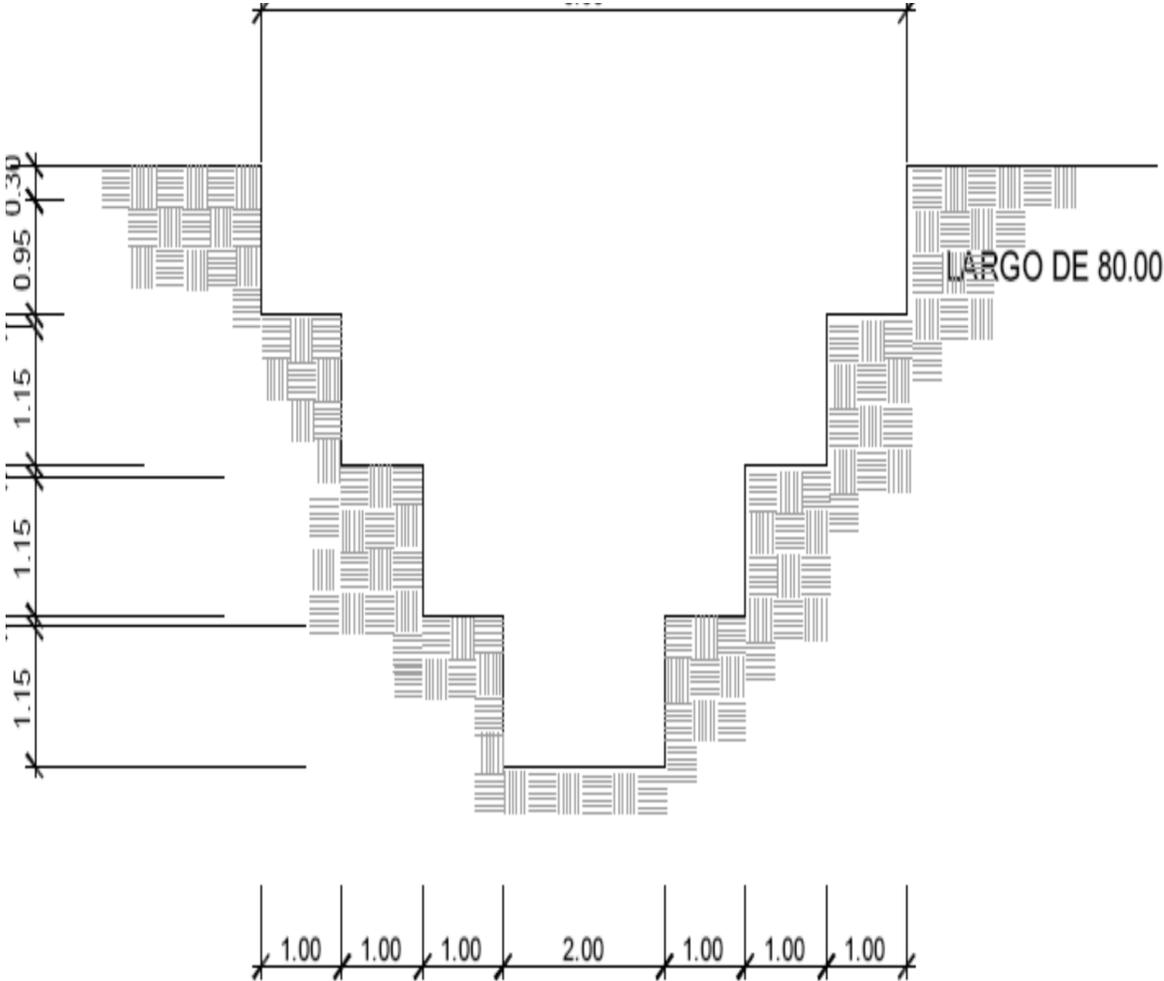
Alto = 0,30 m

Ancho = 8,00 m

Vcob = 76,50 m X 0,30 m X 8,00 m = 183,60 m<sup>3</sup>

Calculado el volumen de cobertura del primer nivel de la trinchera, cambiando el ancho de cada nivel y manteniendo el recubrimiento constante, se calculó el volumen de cobertura los restantes niveles de la misma forma y se sumaron para encontrar el volumen total de cobertura de la trinchera.

Figura 18. **Medidas de las capas de recubrimiento de la trinchera**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Tabla XVII. **Volumen material de cobertura de la trinchera**

Nivel	Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1°	76,50	0,30	8,00	183,60
2°	76,50	0,10	6,00	45,90
3°	76,50	0,10	4,00	30,60
4°	76,50	0,10	2,00	15,30

Volumen total 275.40 m<sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia.

❖ **Cálculo volumen de desechos sólidos inorgánicos.**

Para calcular la capacidad del relleno sanitario por el método del volumen, es necesario conocer el volumen útil de la trinchera, que es el siguiente:

Volumen útil (Vu) = volumen de la trinchera – volumen material de cobertura

Se plantea de la siguiente forma:

Volumen útil de una trinchera

$$Vu = Vtr - Vcob$$

Vu = volumen útil trinchera

V tr = volumen de trinchera

Vcob = volumen material cobertura de la trinchera

$$Vtr = 1\,912,00 \text{ m}^3$$

$$V_{cob} = 275,40 \text{ m}^3$$

$$V_u = 1\,912,00 \text{ m}^3 - 275,40 \text{ m}^3$$

$$V_u = 1\,636,6 \text{ m}^3$$

Después de encontrar el volumen útil de la trinchera, se calcula la cantidad necesaria de trincheras que se necesitarán para verter el desperdicio de desechos sólidos inorgánicos producidos según periodo de diseño de la planta de tratamiento.

❖ Cálculo cantidad de trincheras ( Ctr )

La cantidad de trincheras se calculó con el volumen de desperdicio producto de tratamiento inorgánico aproximado en el período de diseño de la planta, y aplicando la siguiente operación:

$$Ctr = \frac{V_{vertido}}{V_u}$$

Ctr = Cantidad de trincheras

$V_{vert}$  = volumen de desechos sólidos que se verterá en el relleno sanitario

$V_u$  = volumen útil de la trinchera

$$V_{vertido} = 5\,229,24 \text{ m}^3$$

$$V_u = 1\,636,60 \text{ m}^3$$

$$Ctr = \frac{5\,229,24 \text{ m}^3}{1\,636,60 \text{ m}^3} = 3,19$$

Ctr = 4 trincheras

Nota: la capacidad de la trinchera marca la vida útil de la planta de tratamiento por lo que se considera necesario diseñar cuatro trincheras.

De este resultado se calcula la capacidad del relleno sanitario siendo el siguiente:

Capacidad (Cr) = cantidad de trincheras (Ctr) x volumen útil trinchera (Vu)

$$Cr = 4 \times 1\,636,60 \text{ m}^3$$

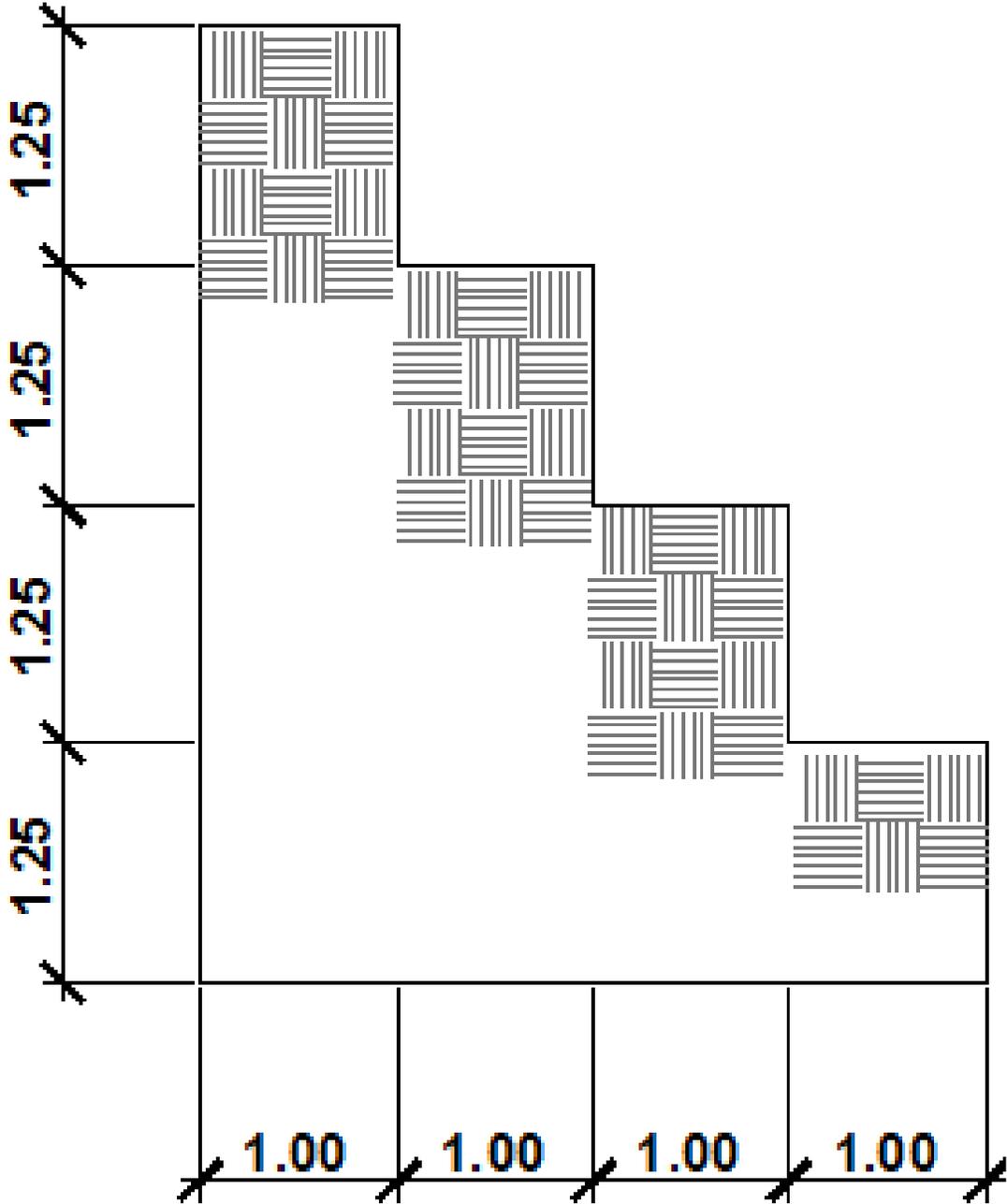
$$Cr = 6\,546,4 \text{ m}^3$$

## **6.5. Diseño y estabilización del talud de la trinchera**

Talud es la superficie que delimita la explanación lateralmente en corte y para la construcción de trinchera se diseña un talud escalonado con altura vertical de 1,25 m y ancho horizontal 1,00 m. Por el tipo de corte vertical y horizontal se estabiliza el talud de forma natural y se reforzará colocando en las paredes verticales de la trinchera con un geotextil aplicando una mezcla de recubrimiento para fijarlo a las paredes de la trinchera.

La mezcla de recubrimiento para colocar el geotextil es de cemento gris, cal hidratada y arena de río cernida en proporción 2:2. 1 preparada con agua potable hasta lograr una mezcla pastosa para aplicarla.

Figura 19. Talud de la trinchera



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

## 6.6. Drenaje de lixiviados

Los lixiviados son producto de aguas de escorrentía, lluvias que caen directamente sobre el área superficial del relleno y descomposición del material orgánico, para evitar o minimizar el incremento de lixiviados e impedir de paso la contaminación de las aguas de lluvia; es una técnica ambiental así como económica hacer lo siguiente:

- ❖ Que las aguas de escorrentía sean desviadas del relleno sanitario por medio de un canal de concreto construido en el perímetro del relleno sanitario
- ❖ Construir una galera de dos aguas sobre el área superficial del relleno sanitario para protegerlo en época de lluvia garantizando la salud y seguridad de los trabajadores
- ❖ Considerar que el relleno sanitario es únicamente para el vertido de materiales inertes los cuales no se transforman biológicamente
- ❖ Con la aplicación de las técnicas anteriores, la cantidad de lixiviados tiende a ser nula con lo que se evita uno de los mayores problemas en los rellenos sanitarios

Considerando que existirán lixiviados en el relleno sanitario producto del tratamiento de los desechos sólidos, estos se tratarán con una zanja en el fondo, rellena de piedras grandes en la base y piedras pequeñas en la superficie. (Detalles del drenaje en el plano del relleno sanitario).

❖ Diseño del canal perimetral de aguas pluviales

Las aguas de lluvia que caen sobre las áreas vecinas al relleno sanitario suelen escurrirse hacia el relleno, lo que dificulta la operación del relleno. Interceptar y desviar el escurrimiento de aguas de lluvia por medio de un canal perimetral fuera del relleno sanitario es un elemento fundamental de la infraestructura, que contribuirá a reducir el volumen del líquido percolado y mejorar las condiciones de operación. Es necesario construir un canal perimetral de concreto de forma trapezoidal y dimensionarlo teniendo en cuenta las condiciones de precipitación local, el área tributaria, las características del suelo, la vegetación y pendiente del terreno.

Para el presente caso, se utilizará el método racional para calcular el caudal que aporta el área tributaria, según la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Q = caudal que ingresa a escorrentía máxima, en m/seg

C = coeficiente que depende de las características del área a drenar.

I = promedio de la intensidad de lluvia en mm/hora

A = área tributaria hacia el relleno sanitario en hectáreas (ha.)

Intensidad de lluvia (I):

La determinación de la intensidad de lluvia está dada por la fórmula:

$$i = \frac{A}{(B+t)n}$$

I = intensidad promedio

t = tiempo de concentración (12 minutos)

Los valores para a A, B y n son parámetros de ajuste, estos datos fueron obtenidos utilizando el método estándar de cálculo recomendado por el INSIVUMEH, en el informe técnico No 4-88, para el área metropolitana.

Los datos son los siguientes:

$$A = 639,800$$

$$B = 70$$

$$n = 1.954$$

$$i = \frac{639,800}{(70+12)^{1.954}} = 166,53 \text{ mm/hr}$$

Calculando el caudal (Q)

$$C = 0,50$$

$$I = 116,53 \text{ mm/hr}$$

$$A = 6\,638,64 \text{ m}^2 = 0,66 \text{ ha}$$

$$Q = \frac{0,50 \times 116,53 \text{ mm/hr} \times 0,66 \text{ ha} \times 116,53 \text{ /hr}}{360} = 0,10 \text{ m}^3$$

El tamaño de la sección del canal se podrá calcular usando la ecuación:

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

Donde:

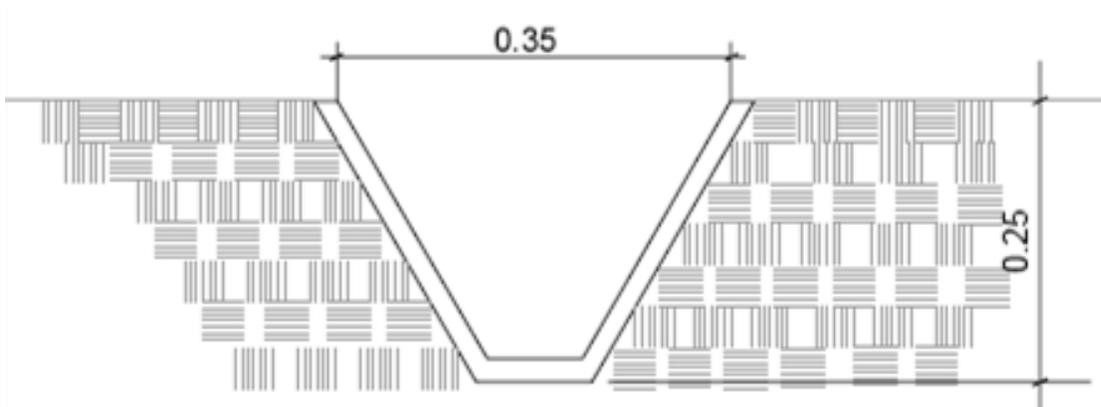
A = área de la sección del canal (m<sup>2</sup>)

V = velocidad máxima promedio (m/seg) (0,6 m/seg – 3,00 m/seg)

$$A = \frac{0,10\text{m}^3/\text{seg}}{3,00\text{ m/seg}} = 0,033\text{ m}^2$$

En la figura 20 se presenta la forma y medidas de la cuneta se construirá en el perímetro de la trinchera a un metro de distancia respecto a la orilla.

Figura 20. **Cuneta perimetral**



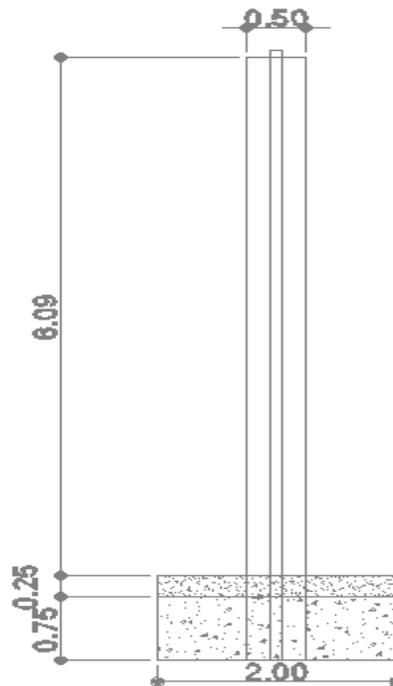
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad.

## 6.7. Ventilación de la trinchera

El drenaje de gases está constituido por un sistema de ventilación de piedra y tubería de PVC perforada (revestida con piedra), que funciona a manera de chimeneas o tubos de ventilación que atraviesan en sentido vertical todo el relleno. Estas se construyen conectándolas a los drenajes de lixiviado que se encuentran en el fondo y se las proyecta hasta la superficie, a fin de lograr una mejor eficiencia en el drenaje de líquidos y gases.

Estas chimeneas se construirán verticalmente a medida que avanza el relleno, procurando que el entorno este bien compactado, figura 21 presenta la chimenea de ventilación.

Figura 21. **Chimenea de ventilación**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.



## 7. ESTUDIOS DEL PROYECTO

### 7.1. Estudio de Impacto Ambiental

Es la identificación de los impactos ambientales positivos y/o negativos que generará el desarrollo de la Planta de tratamiento, también se evalúa la magnitud e importancia de los mismos.

#### ❖ Identificación y valorización de impactos ambientales

Los impactos ambientales se identificaron en el área de estudio, tomando como base el área de influencia en las diferentes fases del proyecto, como lo son construcción, operación y desalojo. Así mismo se han priorizado los impactos de mayor magnitud y relevancia, en el caso de los impactos negativos se cuentan las respectivas medidas de mitigación.

#### ❖ Metodología de Evaluación

Para la realización del presente Estudio de Impacto Ambiental del proyecto, fueron necesarias desarrollar las siguientes actividades:

- Estudio de planos se persigue el conocimiento cualitativo y cuantitativo del proyecto.
- Visitas técnicas al lugar donde se desarrollará el proyecto, evaluar y conocer el lugar físicamente en donde se ubicará el

proyecto, con el propósito de precisar el entorno natural y la magnitud que presentaran al establecer impactos ambientales.

Para elaborar el Estudio de Impacto Ambiental, se recopiló y clasificó el análisis y estudio de la información recabada. La elaboración de la matriz de Leopold Modificada, se hace de identificar e interpretar las medidas de mitigación, plan de gestión ambiental, conclusiones y recomendaciones que se consideren pertinentes de acuerdo a los impactos generados.

La matriz de Leopold modificada, presenta las actividades del proyecto de acuerdo a una secuencia cronológica, considerando para el efecto cuatro etapas, siendo estas:

- Localización y preparación del terreno
  - Construcción del proyecto
  - Operación y mantenimiento
  - Abandono del lugar
- ❖ Estudio de medidas de mitigación

Consideran la forma en que se tratarán los aspectos negativos al medio ambiente, las consecuencias de los mismos y las respectivas medidas a tomar para la mitigación.

- ❖ Identificación de impactos ambientales

En el proceso de verificación de una interacción entre la causa y el efecto (acción considerada y los resultados que se obtienen) sobre los

factores ambientales, se ha realizado una marca gráfica en la celda de cruce correspondiente en la matriz Causa – Efecto, desarrollada específicamente para cada alternativa y etapa del proyecto, obteniéndose como resultado la Matriz de Identificación de impacto ambientales.

#### ❖ Predicción de Impactos

La predicción de los impactos ambientales, se llevó a cabo valorando la importancia y magnitud en cada uno de ellos, previamente identificados. La metodología fue evaluar las características de cada interacción e introducción de factores de ponderación de acuerdo a la importancia relativa de cada característica. La calificación de cada una de estas características se muestra en la matriz de modificada de Leopold. Finalmente, se proporciona el carácter o tipo de efectos de la interacción analizada sobre los componentes ambientales; es decir designarla como positivo o negativo. La valoración que se le dió a cada interacción fue en el rango de 1 a 10.

En la tabla XIX se detallan las acciones consideradas y la definición para la fase de construcción de la Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos.

Tabla XVIII. **Caracterización de los factores ambientales en la planta de tratamiento de desechos sólidos**

Subcomponente	Código	Componete Ambiental
Aire	Microclima	Efectos en el clima del proyecto.
	Vientos	Dispersión y transporte de partículas.
	Ruido	Afectado por toda actividad.
Suelo	Geomorfología	Alteración de las geoformas, topografía.
	Erosión	Laminar, eólica en sitios de descombro.
	Permeabilidad	Perdida de permeabilidad en el lugar.
	Calidad suelo	Degradación de la calidad del suelo.
	Estabilidad	En quebradas cercanas al proyecto.
	Uso productividad	Efectos sobre el uso actual. Disminución zona de emplazamiento.
Agua	Balance hídrico	Alteración del ciclo hidrológico del lugar
	Acuíferos	Disminución de la recarga hídrica..
	Subterráneas	Alteración en la calidad del agua.
	Superficiales	Alteración en la calidad del agua.
Flora	Cubierta vegetal	Alteración de la cobertura existente.
Fauna	Fauna terrestre	Desaparición de fuentes alimenticias.
	Avifauna	Refugio y reproducción.
Uso del Territorio	Cambio de uso	Alteración al uso actual del suelo.
	Zona urbana	Incremento de zonas urbanizadas.
	Comercio	Incremento de turismo y comercio.
	Alteración POT	Ampliación del límite urbano.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Acciones consideradas en la fase de operación en la planta de tratamiento de desechos sólidos**

Código	Acción	Definición
1	Tren de limpieza	Recolección y transporte de basura.
2	Tráfico de camiones recolectores	Distribución diaria, semanal, mensual y anual del tren de limpieza.
3	Emisión de partículas	Generación de partículas contaminantes.
4	Mantenimiento del tren de limpieza	Mantenimiento preventivo del tren de limpieza.
5	Generación de lixiviados	Se generaran en el compostaje de la materia orgánica.
6	Generación de gases	Se generaran en el compostaje de la materia orgánica.
7	Demanda de agua entubada	Requerimiento de agua durante la operación y mantenimiento.
8	Demanda de electricidad	Incremento de la demanda eléctrica.
9	Incremento del tráfico	Se tendrá mayor tráfico vehicular en la zona de la planta de tratamiento.
10	Acciones de origen natural	Labores de mantenimiento de las vías internas de la planta de tratamiento.

Fuente: elaboración propia.

## ❖ Categorización de los impactos

La categorización de los impactos ambientales identificados y evaluados, se ha realizado con base en el valor del impacto determinado en el proceso de predicción, conformándose así cuatro categorías:

- Altamente significativos: son aquellos de carácter negativo, cuyo valor del impacto es mayor o igual a 6,5 y corresponden a las afecciones de elevada incidencia sobre el factor ambiental, difícil de corregir, de extensión generalizada, con afección de tipo irreversible y de duración permanente.
- Significativos: son aquellos de carácter negativo, cuyo valor del impacto es menor a 6,5 pero mayor que 4,5 cuyas características son: factibles de corrección, de extensión local y duración temporal.
- Despreciables: corresponden a todos aquellos impactos de carácter negativo, con un valor menor a 4,5. Perteneciendo a esta categoría los impactos plenamente factibles de corrección y de poder ser compensados durante la ejecución del Plan de Manejo Ambiental; son reversibles, de una duración temporal y con influencia puntual sobre el lugar de trabajo.
- Benéficos: son todos aquellos de carácter positivo que se generan a través del desarrollo del proyecto y por consiguiente son benéficos al mismo.

#### ❖ Análisis de impactos ambientales y sociales

Durante la fase de construcción y operación de la Planta Tratamiento de Desechos Sólidos en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala, se determinaron los siguientes impactos tanto positivos como negativos, de la siguiente forma:

- Construcción: impactos negativos por deforestación, movimiento de tierras, generación de partículas (gases y polvo), generación de desperdicios de construcción, ruido, paisaje, fauna. Impactos positivos como lo es generación de empleo.
  
- Operación: impactos negativos por aire (malos olores por el compostaje de la materia orgánica que servirá de alimento a la lombriz Coqueta Roja para la producción de Lombricompost.), agua, suelo, flora y fauna y como impactos positivos la generación de empleo y salud (saneamiento del municipio).

#### ❖ Síntesis de evaluación de impactos ambientales

La síntesis de Evaluación de Impactos Ambientales generados por la construcción de la Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala, se resume en la tabla XX.

Tabla XX. **Evaluación de impactos ambientales en la planta de tratamiento de desechos sólidos**

<p><b>Actividad</b> Generación de desechos sólidos.</p> <p><b>Impacto</b> Contaminación de agua, suelo, aire, flora, fauna, paisaje, salud.</p> <p><b>Descripción</b> Los factores descritos se afectan actualmente debido a que no se cuenta con un sistema de tratamiento y manejo de desechos sólidos en el municipio y los desechos generados en el área urbana se deposita en un botadero abierto controlado que contamina el medio ambiente.</p>
<p><b>Actividad</b> Recolección de desechos sólidos.</p> <p><b>Impacto</b> Planteamiento de un tren de aseo y control del depósito de los desechos sólidos.</p> <p><b>Descripción</b> Se colocarán recipientes en las vías públicas para depositar los desechos y el tren de limpieza hará la recolección en viviendas, comercios y vía pública.</p>

Fuente: elaboración propia.

## **7.2. Estudio socioeconómico**

Tiene como propósito identificar los beneficios socioeconómicos del proyecto para valorizarlos adecuadamente en la elaboración de indicadores de la rentabilidad social a través del costo beneficio del proyecto.

Los costos son básicamente los siguientes:

- ❖ Compra del terreno
- ❖ Construcción de la planta
- ❖ Salario personal de planta
- ❖ Inversión mobiliario y equipo
- ❖ Operación de vehículos de recolección
- ❖ Mantenimiento vehículos
- ❖ Servicios básicos

Tabla XXI. **Personal de la planta de tratamiento y salario**

Administración y seguridad		
Personal	Cantidad	Salario Q.
Administrador	1	5 000,00
Secretaria	1	2 040,00
Contador	1	2 040,00
Cajero	1	2 040,00
Mensajero	1	2 040 ,00
Guardián	2	2 040,00
Limpieza	3	2 040,00
Producción		
Supervisor	1	5 000,00
Secretaria	1	2 040,00
Mensajero	1	2 040,00
Clasificadores	12	2 040,00
Transporte	6	2 040,00
Pesadores	6	2 040,00
Empacadores	6	2 040,00

Continuación de la tabla XXI.

Trituradores	4	2 040,00
Lavadores	8	2 040,00
Vendedores	4	2 040,00
Mecánicos	3	2 040,00
Pilotos	3	2 040,00
Recolectores	12	2 040,00
Lombricultura		
Operarios	8	2 040,00
Pesadores	5	2 040,00
Empacadores	4	2 040,00
Transportes	4	2 040,00
Relleno sanitario		
Operarios	6	2 040,00
Transportes	6	2 040,00
Compactadores	6	2 040,00

Fuente: elaboración propia.

La cantidad de Q.2 040,00 es el salario mínimo para el 2012 agrícola y no agrícola y consistente en Q.68,00 quetzales diarios según la Comisión Nacional del Salario

**Tabla XXII. Salario y prestaciones devengados durante la vida útil de la planta**

Personal de dirección y supervisión			
Año	Salario mes	Personal	Salario anual
2012	Q.5 000,00	2	Q.120 000,00
2013	Q.5 000,00	2	Q.120 000,00
2014	Q.5 000,00	2	Q.120 000,00
2015	Q.5 315,00	2	Q.127 560,00
2016	Q.5 315,00	2	Q.127 560,00
2017	Q.5 315,00	2	Q.127 560,00
2018	Q.5 649,84	2	Q.135 596,16
2019	Q.5 649,84	2	Q.135 596,16
2020	Q.5 649,84	2	Q.135 596,16
2021	Q.6 005,78	2	Q.144 138,72

Subtotal Q.1 293,607  
Prestaciones Q 375 802,42  
Total Q.1 669,409

Continuación de la tabla XXII.

Personal de administración y operación			
2012	Q.2 040,00	103	Q.2 521,440
2013	Q.2 040,00	103	Q.2 521,440
2014	Q.2 040,00	103	Q.2 521,440
2015	Q.2 168,52	103	Q.2 680,290
2016	Q.2 168,52	103	Q.2 680,290
2017	Q.2 168,52	103	Q.2 680,290
2018	Q.2 305,14	103	Q.2 849,153
2019	Q.2 305,14	103	Q.2 849,153
2020	Q.2 305,14	103	Q.2 849,153
2021	Q.2 450,36	103	Q.3 028,644

Subtotal Q.27 181,296

Prestaciones Q. 7 927,878

Total Q.35 109,174

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Inversión inicial y mobiliario**

Descripción	Cantidad	U	P. U. Q.	Q Total
Escritorio	11	U	1 800,00	9 800,00
Silla	11	U	295,00	3 245,00
Archivo	10	U	1 100,00	11 000,00
Computadora	8	U	3 500,00	28 000,00
Fotocopia	4	U	3 500,00	14 000,00
Estantería	8	U	1 600,00	12 800,00
Banco alto	12	U	125,00	1 500,00
<b>Herramientas</b>				
Pala	58	U	45,00	2 610,00
Piocha	14	U	70,00	980,00
Azadón	47	U	40,00	1 880,00
Carreta	16	U	180,00	2 880,00
Rastrillo	31	U	40,00	1 240,00
Manguera	12	U	75,00	900,00
Escoba	20	U	25,00	500,00
Recipiente	20	U	15,00	300,00
Trituradora	4	U	11 500,00	46 000,00
<b>Maquinaria</b>				
Compactadora	6	U	6 500,00	39 000,00
Bascúla	5	U	3 750,00	18 750,00
<b>Materia prima</b>				
Lombriz	432	Kg	150,00	64 800,00
<b>Equipo de seguridad</b>				
Cascos	101	U	60,00	6 060,00
Guantes	101	P	25,00	2 525,00
Gafas	101	U	20,00	2 020,00
Botas	101	U	75,00	7 575,00
Overoles	101	U	170,00	17 170,00
Extintor	4	U	275,00	1 100,00

Total Q. 306 635,00

Fuente: elaboración propia.

❖ **Costos de recolección de vehículos recolectores**

Se consideraran los gastos de operación de dos vehículos tipo camión que utiliza la municipalidad actualmente para la recolección de desechos sólidos.

**Tabla XXIV. Costos de operación mensual de los dos vehículos recolectores**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Sub-total
Diesel/mes	gal	22	Q 29,50	Q 649 000,00
Aceite/mes	Lt	24	Q 32,00	Q 768 000,00
<b>TOTAL</b>				<b>Q 1 417,00</b>

Costo anual Q 1 417,00 X 12 = Q 17 004,00

Rendimiento de 18 000 Km/galón de diesel

Recorrido mensual de 180,00 kilometro

Fuente: elaboración propia

**Tabla XXV. Costos de mantenimiento anual de los dos vehículos recolectores de desechos**

Descripción	Sub-total
Lubricantes, sistema de frenos	Q1 300,00
Repuestos	Q2 400,00
Imprevistos	Q1 000,00
<b>Total Q 4 700,00</b>	

Los vehículos necesitan mantenimiento cada 400 horas o cada 3 meses.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Costos de operación y mantenimiento de vehículos recolectores de desechos sólidos**

n.	Año	Operación	Mantenimiento	Sub-total
1.	2012	17 004,00	4 700,00	21 704,00
2.	2013	17 004,00	4 700,00	21 704,00
3.	2014	17 004,00	4 700,00	21 704,00
4.	2015	18 075,25	4 996,10	23 071,35
5.	2016	18 075,25	4 996,10	23 071,35
6.	2017	18 075,25	4 996,10	23 071,35
7.	2018	19 214,00	5 310,85	24 524,85
8.	2019	19 214,00	5 310,85	24 524,85
9.	2020	19 214,00	5 310,85	24 524,85
10.	2021	20 424,48	5 645,43	26 069,91
				Total Q. 233 970,51

\*Durante la vida útil de la planta.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Costos de servicios básicos en la planta\***

n.	Año	Electricidad	Agua potable	Fosa Séptica	Sub-total
1.	2012	84 000,00	3 600,00	3 000,00	90 600,00
2.	2013	84 000,00	3 600,00	3 000,00	90 600,00
3.	2014	84 000,00	3 600,00	3 000,00	90 600,00
4.	2015	89 292,00	3 826,80	3 189,00	96 307,80
5.	2016	89 292,00	3 826,80	3 189,00	96 307,80
6.	2017	89 292,00	3 826,80	3 189,00	96 307,80
7.	2018	94 917,40	4 068,00	3 390,00	102 375,40
8.	2019	94 917,40	4 068,00	3 390,00	102 375,40
9.	2020	94 917,40	4 068,00	3 390,00	102 375,40
10.	2021	100 897,20	4 324,56	3 603,60	108 825,36
				TOTAL Q. 976 674,96	

\*Durante la vida útil del proyecto.

Fuente: elaboración propia.

#### ❖ Beneficios del proyecto

El flujo de beneficios es una función directa de la capacidad del proyecto, tomando en cuenta la utilización para el período de diseño, son los siguientes:

- Tarifas por recolección de desechos sólidos
- Venta de abono orgánico
- Venta de lombriz coqueta roja
- Venta de material reciclado

#### ❖ Recolección de desechos sólidos

El sistema de recolección plantea el método, la frecuencia y el equipo que se utilizará para proporcionar el servicio de recolección con un porcentaje alto de cobertura a corto plazo.

Se utilizará el método de acera, el cual consiste en sacar los recipientes con basura a la acera poco antes de pasar el vehículo recolector, este es el método más usual y de un costo relativamente bajo. Es recomendable prohibir dejar la basura en cajas de cartón o similares, ya que estas se rompen y los desechos se esparcen en el suelo, de preferencia se utilizarán bolsas de plástico.

La frecuencia de recolección será de dos veces por semana con los vehículos propiedad de la municipalidad. La Municipalidad de Fraijanes propone tarifa única de Q. 20,00 por vivienda.

Instituto de Fomento Municipal. Manual de basura de Guatemala.

Tabla XXVIII. **Ingresos a la planta por recolección anual**

N°	Año	Viviendas	Tarifa Q.	Sub-total Q
1	2012	4 151	20,00	83 020,00
2	2013	4 254	20,00	85 080,00
3	2014	4 361	20,00	87 220,00
4	2015	4 470	21,26	95 032,20
5	2016	4 581	21,26	97 392,06
6	2017	4 696	21,26	99 836,96
7	2018	4 813	22,60	108 773,80
8	2019	4 933	22,60	111 148,80
9	2020	5 057	22,60	114 288,20
10	2021	5 183	24,00	124 392,00
<b>TOTAL</b>				<b>Q. 909,151.82</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Ingresos a la planta por venta de abono orgánico**

N°	AÑO	PRODUC(tn)	P (Q/tn)	Sub-total (Q)
1	2012	3 073,92	125,00	384 240.00
2	2013	3 147,34	125,00	393 417.50
3	2014	3 226,01	125,00	403 251.25
4	2015	3 282,22	132,88	436 141.39
5	2016	3 389,39	132,88	450 382.14
6	2017	3 474,10	132.88	461 638.41
7	2018	3 561,03	141,25	502 995.49
8	2019	3 650,05	141,25	515 569.56
9	2020	3 741,30	141,25	528 458.63
10	2021	3 834,76	150.15	575 789.21
<b>TOTAL</b>				<b>Q.4,591,883.58</b>

Fuente: elaboración propia.

Se aplica una tasa de inflación de 6,3 % cada 3 años, crecimiento del comercio de 2,5 % según Banco de Guatemala y tasa de crecimiento poblacional de 2,5 % según el INE.

**Tabla XXX. Ingresos por venta de lombriz Coqueta Roja**

n.	Año	Producción (Kg)	Precio (Q/K)	Sub-total (Q)
1	2012	50 556	25,00	1 263,900
2	2013	55 208	25,00	1 380,200
3	2014	57 693	25,00	1 442,325
4	2015	60 289	26,58	1 602,481
5	2016	63 002	26,58	1 674,593
6	2017	65 837	26,58	1 749,947
7	2018	68 800	28,25	1 859,895
8	2019	71 896	28,25	2 031,062
9	2020	75 131	28,25	2 122,451
10	2021	78,512	30,03	2 357,715
<b>Total</b>				<b>17,484,570.60</b>

Fuente: elaboración propia.

Se aplica una tasa de inflación de 6,3 % cada 3 años, crecimiento del comercio de 2,5 % según Banco de Guatemala y tasa de crecimiento poblacional de 2,5 % según el INE.

Durante los primeros seis meses las 4 000 lombrices iniciales producen 25 000 lombrices, y la tasa de crecimiento de las lombrices es 4,5 %.

### 7.3. Estudio financiero

Para el estudio financiero de la planta de tratamiento de desechos sólidos, se realizará un análisis de costos sobre los siguientes indicadores:

- ❖ Costos del proyecto
- ❖ Beneficios del proyecto

Tabla XXXI. **Costos del proyecto**

Descripción	Quetzales
Compra del terreno	350 000,00
Construcción de la planta	500 000,00
Mobiliario y equipo	306 635,00
Mantenimiento vehículos	233 970,51
Servicios básicos	976 674,96
Salario personal de planta	36 778 583,93
Costo total	39 145 864,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Beneficios del proyecto**

Venta	Quetzales
Abono orgánico	4 591,88
Coqueta roja	17 484,57
Recolección	909 151,82
Material reciclado	10 603 004,12
Total	33 588 610 12

Fuente: elaboración propia

❖ **Valor Presente Neto (VPN)**

Se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar todos los movimientos monetarios de un proyecto a través del tiempo, a valores actuales, para determinar la rentabilidad al término del período de funcionamiento y se asume una tasa de interés del 12 % que es la tasa de oportunidad promedio de la inversión social pública.

$$VPN = -I + R_1(1+i)^{-1} + R_2(1+i)^{-2} + \dots + R_n(1+i)^{-n}$$

I = inversión inicial

R = flujo de efectivo por período

(1+i) = factor de descuento por período

i = tasa de rendimiento

n = años

VPN > 0 El proyecto recupera la inversión inicial

VPN = 0 El proyecto recupera la inversión inicial

VPN < 0 El proyecto no recupera la inversión inicial

Datos para el cálculo del Valor Presente Neto (VPN)

Tabla XXXIII. **Inversión inicial**

Actividad	Quetzales
Compra del terreno	350 000,00
Construcción de la planta	500 000,00
Mobiliario y equipo	306 635,00
Total	1 156 635,00

Fuente: elaboración propia.

❖ Cálculo de producción anual de reciclaje

Este cálculo se realiza por año con base en el crecimiento poblacional del municipio que es de 2,5 % multiplicado por el porcentaje de recuperación de cada material reciclado.

❖ Cálculo de Ingresos anuales por venta de material reciclado

Este cálculo se realiza multiplicando la producción anual de reciclaje por la venta del material reciclado según precio del mercado y aplicando una tasa del 6,3 % económico cada tres años según el Banco de Guatemala.

❖ Cálculo del Flujo Efectivo

Para el cálculo de flujo efectivo a los ingresos de producción se le restan los costos de producción en el período de diseño de la planta.

❖ Cálculo del Valor Presente Neto

El cálculo se realiza con la sumatoria de multiplicar el flujo efectivo anual de la planta por la tasa promedio de inversión social (12 %) iniciándose con el año cero que es la inversión inicial por 1.

El resultado del valor presente neto es Q.675 302,23 positivo, lo que significa que el proyecto es rentable y produce ganancias. (Tabla XXXIV)

Tabla XXXIV. **Cálculo Valor Presente Neto**

n	Flujo efectivo	Factor 12%	Flujo Neto
0	1 156 635,00	1	1 156 635,00
1	-119 041,60	0,89285714	-106 287,14
2	29 287,88	0,79719387	23 348,12
3	125 672,22	0,71178024	89 451,00
4	236 029,63	0,63551807	150 001,10
5	357 265,71	0,56742685	202 722,15
6	472 003,70	0,50663112	239 131,76
7	545 082,65	0,45234921	246 567,71
8	759,907.46	0,40388322	306 913,88
9	896,749.50	0,36061002	323 376,86
10	1,107,892.67	0,32107323	356 711,79
Total VPN			Q 675 302,23

Fuente: elaboración propia.

❖ Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es utilizada para evaluar el rendimiento de una inversión, debido a que el presente proyecto es de carácter social, es imposible obtener una Tasa Interna de Retorno TIR efectiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio, este se determina de la siguiente forma:

$$C/B = \frac{\text{Costo del proyecto}}{\text{Beneficio del proyecto}}$$

Costo del proyecto = Inversión inicial - Valor Presente Neto

$$C = Q.1\ 156\ 635,00 - Q.675\ 302,23$$

$$C = Q.481\ 332,77$$

Beneficio del proyecto (B) = Población de habitantes período de diseño

$$B = 31\ 100 \text{ habitantes}$$

$$C/B = \frac{Q.481\ 332,77}{31\ 100 \text{ habitantes}}$$

$$C/B = 15,48 \text{ quetzales/habitantes}$$

El costo del proyecto es de Q.15,48 por habitante.



## CONCLUSIONES

1. Con la construcción de la planta de tratamiento de desechos sólidos se generarán empleos directos e indirectos en el municipio de Fraijanes, producto de la recolección de los desechos sólidos hasta el cierre de las trincheras dentro de la planta, para la cual se necesita personal de mantenimiento después de clausurar cada trinchera.
2. Con la construcción de la planta de tratamiento de desechos sólidos la comunidad del área rural del municipio tendrá empleo directo e indirecto. También el municipio se mantendrá libre de plagas y limpio evitando así enfermedades y contaminación ambiental.
3. Es importante mantener la comunicación con la comunidad por distintos medios (televisión, radio, escrito) para informar a los vecinos los daños que causan al medio ambiente tirar la basura en las calles, así como la proliferación de basureros clandestinos; y mantener la cabecera municipal de Fraijanes limpia y libre de contaminación.
4. Todas las actividades que realiza la cooperación municipal en cuanto al tratamiento de los desechos sólidos es con el fin de mantener la buena salud y el medio ambiente de los habitantes.

5. Es mayor la cantidad de desechos sólidos inorgánicos en el área urbana del municipio de Fraijanes, (56 %) esto debido a las actividades de comercio en la zona, de los cuales 41 % se pueden reciclar y el restante (15 %) se verterá en el relleno sanitario. El 44 % de desechos sólidos orgánicos se transforman en abono por medio del compost lombricultura; entonces dentro de la planta el 85% de los desechos sólidos se reciclarán justificando la construcción de la planta de tratamiento de desechos sólidos.
  
6. La planta tiene un Valor Presente Neto positivo esto significa que el proyecto recupera la inversión al finalizar el segundo año de funcionamiento, con flujo efectivo de Q.29 288,00 (tabla XXXII) y es rentable para la comunidad con un costo beneficio de Q.15,48 por habitante.

## RECOMENDACIONES

1. Para alcanzar los objetivos planteados en la planta es necesario contratar un profesional con conocimientos y experiencia en tratamiento de desechos sólidos y administración de empresas.
2. Para iniciar el funcionamiento en la planta de producción, compost y relleno sanitario es necesario contratar mano calificada en cada área o capacitarla antes de ingresar a laborar en la planta.
3. Al clausurar cada trinchera sembrar arbustos de raíces cortas que no traspasen la cobertura a fin de evitar la erosión y aumento de lixiviado.
4. No permitir el ingreso a la planta de desechos hospitalarios, los cuales deben ser tratados por parte de cada institución que los genere.
5. Para prolongar la vida útil de la planta se puede aplicar un relleno sanitario por el método de área, el cual consiste en construir un relleno sobre la superficie del terreno o para llenar depresiones.
6. El material de cobertura de cada trinchera deberá ser del mismo material excavado y aplicando las técnicas necesarias para clausurar cada trinchera.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ARREOLA ILLESCAS, Saúl David. *Estudio y Análisis de la Instalación de una planta de clasificación de desechos sólidos para la obtención de materiales reciclables y abono orgánico en el municipio de Esquímulas, Chiquimula*. Trabajo de graduación, Ing. Industrial Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1997. 146 p.
2. COLOMER MENDOZA, José Francisco; GALLARDO IZQUIERDO, Antonio. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. 2a ed. México: Limusa, 2005. 320 p.
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Limusa, 2005. 650 p.
4. JUÁREZ BADILLO, Eulalio. *Mecánica de suelos*. 4a ed. México, Limusa, 2005. 700 p.
5. MONTALVO, Héctor Rolando. *Proyecto arquitectónico piloto para la sede del programa nacional de desechos sólidos*. Trabajo de graduación de Arquitecto. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 2005. 168 p.



## APÉNDICES

Tabla XXXV. **Costo de la Planta de Tratamiento**

n.	Descripción	u	cantidad	Precio ( Q.)	Sub-total ( Q.)
<b>Preliminares</b>					
1	Limpieza	m <sup>2</sup>	8 060,17	0,50	4 030,09
2	Chapeo	m <sup>2</sup>	8 060,17	0,60	4 836,10
3	Terraplen	m <sup>2</sup>	8 060,17	0,75	6 045,13
<b>Muro Perimetral</b>					
4	Trazo	m	363,14	0,50	181 570
5	Cimiento	m	363,14	25,00	9 078,50
6	Levantado	m <sup>2</sup>	702,28	40,00	28 09,20
7	Portones	u	2,00	5 000,00	10 000,00
<b>Relleno Sanitario</b>					
8	Triinchera	u	4	4 000,00	16 000,00
9	Talud	u	8	7 000,00	56 000,00
10	Drenaje	m	314	30,00	9 420,00
11	Ventilacion	m	100	35,00	3 500,00
12	Canal pluvial	m	474.6	25,00	11 865,00
13	Cubierta	m <sup>2</sup>	650	100,00	65 000,00
14	Agua Potable	m	350	20,00	7 0 00,00

Continuación de la tabla XXXV.

15	Electricidad	u	7	1 000,00	7 000,00
Lombricultura					
16	Trazo	m	79	1,00	79,00
17	Cimiento	m	79	25,00	1 975,00
18	Levantado	m	632.10	30,00	18 963,00
19	Cubierta	m	371.36	100,00	37 136,00
20	Pila	u	10	2 000 00	20 000,00
21	Piso	m <sup>2</sup>	323.32	35,00	11 316,20
22	Agua Potable	m	140	30,00	4 200,00
23	Electricidad	u	10	120,00	1 200,00
24	Drenaje	m	53.20	90,00	4 788,00
Reciclaje					
25	Trazo	m	192	1,00	192,00
26	Cimiento	m	144	25,00	3 600,00
27	Levantado	m <sup>2</sup>	1153.8	30,00	34 614,00
28	Cubierta	m <sup>2</sup>	440.5	100,00	44 050,00
29	Mesa	u	3	3 000,00	9 000,00
30	Piso	m <sup>2</sup>	387.79	25,00	9 694,75

Continuación de la tabla XXXV.

31	Agua Potable	m	101	30,00	3 030,00
32	Electricidad	u	44	90,00	3 960,00
33	Drenaje	m	125	90,00	11 250,00
34	Rampa	m <sup>2</sup>	120	125,00	15 000,00
Administración - garita					
35	Trazo	m	81	1,00	81,00
36	Cimiento	m	81	25,00	2 025,00
37	Levantado	m <sup>2</sup>	329,40	30,00	9 882,00
39	Cubierta	m <sup>2</sup>	91,00	100,00	9 100,00
40	Piso	m <sup>2</sup>	66,69	25,00	1 667,25
41	Agua Potable	m	18,50	30,00	555,00
42	Electricidad	u	25,00	120,00	3 000,00
43	Drenaje	m	18,60	90,00	1 674,00

Costo de proyecto = Q.500 000,00

Equivalente al dólar

1\$ = Q.7,87

Costo del proyecto = \$. 63 532,40

Fuente: elaboracion propia.





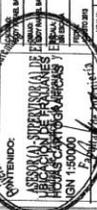
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
★	AREA URBANA

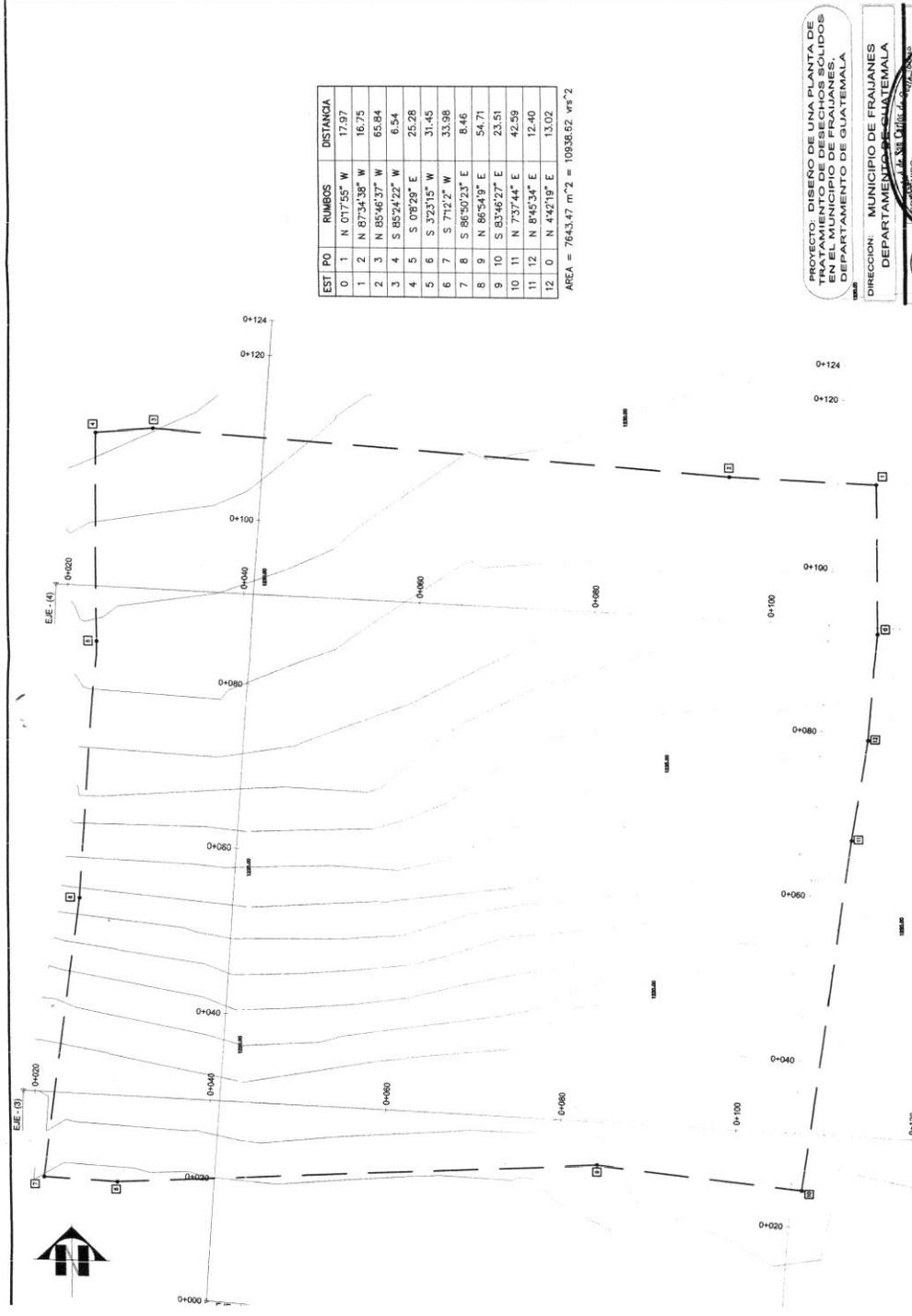
PROYECTO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE FRAJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

DIRECCION: MUNICIPIO DE FRAJANES DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

CONTENIDO:


 INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DE GUATEMALA  
 ESCALA: 1:50,000  
 FECHA: 1980


 USAC  
 01 / 10



EST	PO	RUMBOS	DISTANCIA
0	1	N 07°55' W	17.97
1	2	N 87°54'38" W	16.75
2	3	N 85°46'37" W	65.84
3	4	S 85°24'22" W	6.54
4	5	S 08°28" E	25.28
5	6	S 32°15" W	31.45
6	7	S 71°2' W	33.98
7	8	S 86°50'23" E	8.46
8	9	N 86°54'9" E	54.71
9	10	S 83°46'27" E	23.51
10	11	N 73°7'44" E	42.59
11	12	N 8°45'34" E	12.40
12	0	N 4°27'19" E	13.02

AREA = 7643.47 m<sup>2</sup> = 10938.62 m<sup>2</sup>

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE FRAJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

DIRECCION: MUNICIPIO DE FRAJANES DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

USAC

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA

INSTITUTO NACIONAL DE TOPOGRAFIA

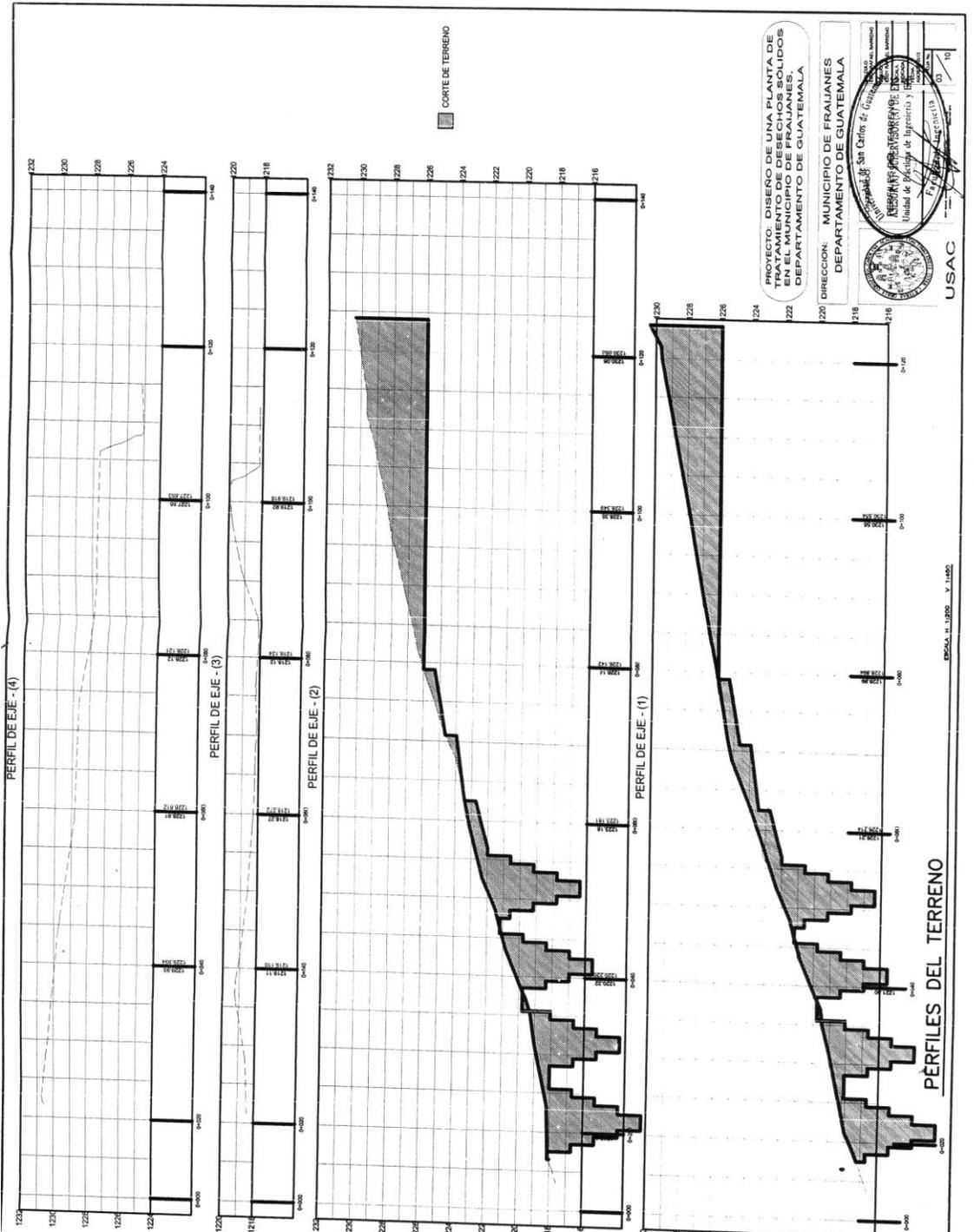
UNIDAD DE PRÁCTICA DE INGENIERIA Y TOPOGRAFIA

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE FRAJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

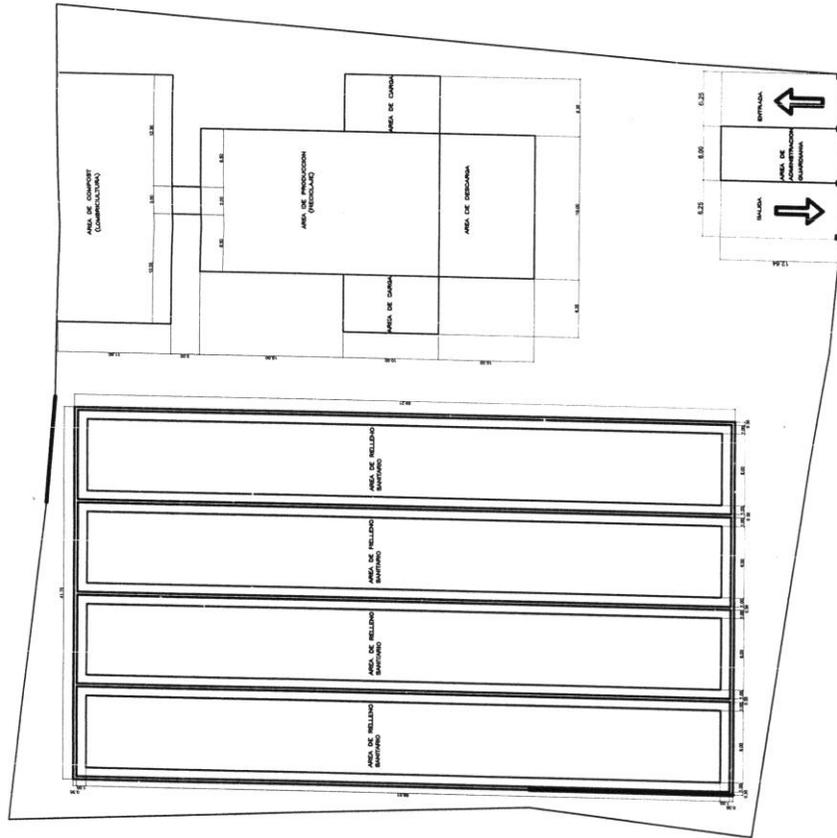
FECHA: 10/05/2010

ESCALA: 1:500

PLANTA DE TOPOGRAFIA

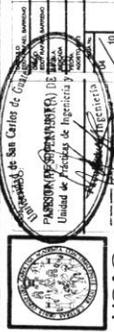


DISTRIBUCION DE AREAS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO	
AMBIENTE	AREA m <sup>2</sup>
RECEPCION	3340.00
RECICLAJE	400.00
COMERCIALIZACION	328.80
ADMINISTRACION + GARITA	72.50
DESCARGA	127.00
LAVADO	160.00
SALIDA	47.20
ENTRADA	37.50
AREA LIBRE	3092.87



PROYECTO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

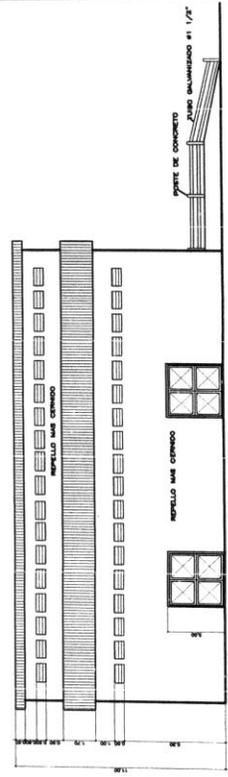
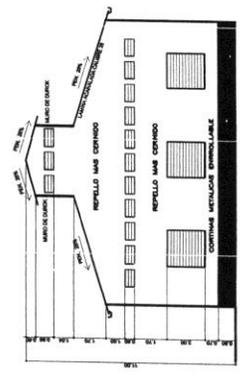
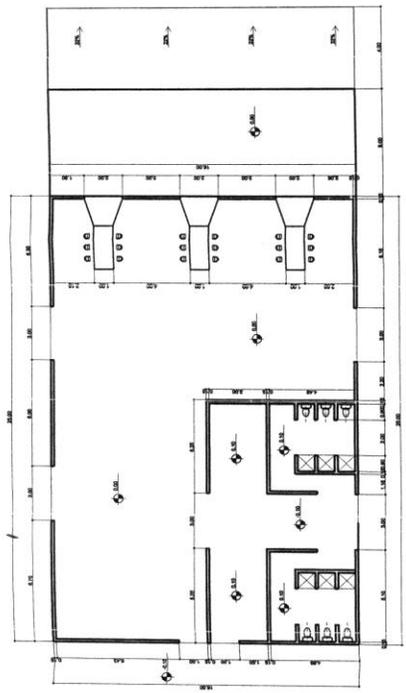
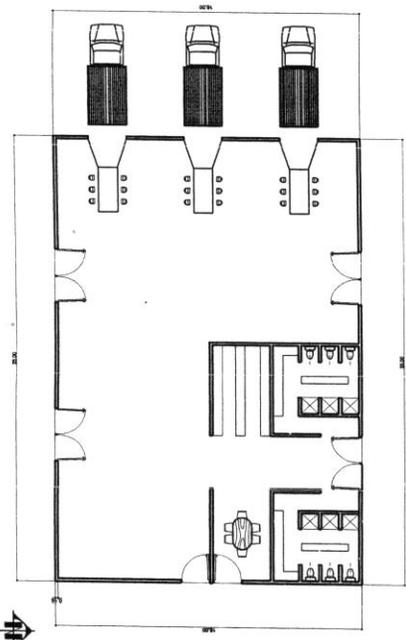
DIRECCION: MUNICIPIO DE FRAIJANES  
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA



PLANTA DE CONJUNTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO

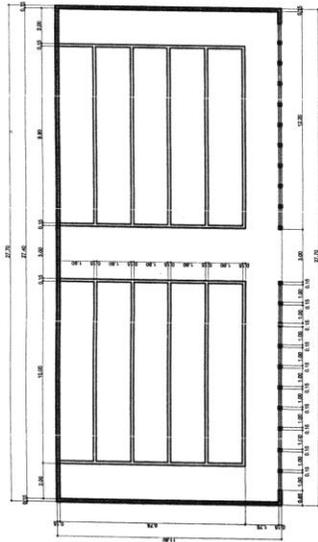
ESCALA 1:200





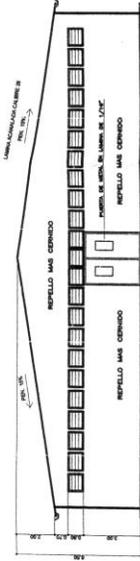
PROYECTO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

DIRECCION: MUNICIPIO DE FRAIJANES DEPARTAMENTO DE GUATEMALA



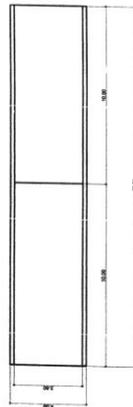
PLANTA AREA DE LOMBRICULTURA

ESCALA 1:100

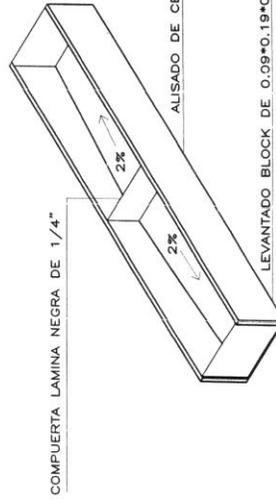


ELEVACION FRONTAL

ESCALA 1:100



PLANTA DE PILA DE LOMBRICULTURA



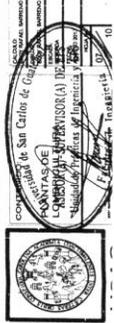
ORTE LONGITUDINAL DE PILA DE LOMBRICULTURA

DETALLE DE LOMBRICULTURA

ESCALA 1:50

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.

DIRECCION: MUNICIPIO DE FRAIJANES DEPARTAMENTO DE GUATEMALA









# ANEXOS



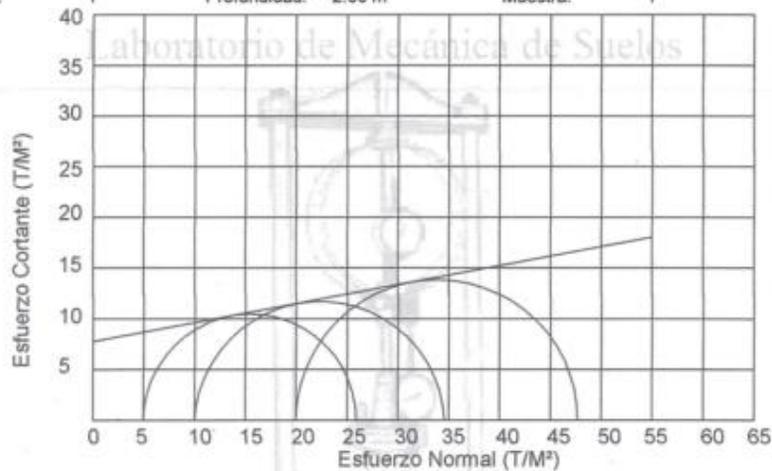
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



## ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0130 S.S. O.T.: 29,650

INTERESADO: Eddy Rafael Barreno Solorzano  
PROYECTO: Diseño de una Planta de Tratamiento de desechos solidos en el Municipio de Fraijanes  
Ubicación: Municipio de Fraijanes, Departamento de Guatemala  
Fecha: 16 de mayo del 2012  
pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



### PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA :  $\phi = 10.62$  COHESIÓN:  $C_u = 7.74$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.  
DESCRIPCION DEL SUELO: Limo arenoso color café  
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"  
OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m <sup>2</sup> )	10.93	16.35	27.70
PRESION INTERSTICIAL u(T/m <sup>2</sup> )	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2.5	4.5	9.0
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	1.16	1.16	1.16
DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )	1.41	1.41	1.41
HUMEDAD (%H)	21.2	21.2	21.2

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Melano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2418-0115 Planta: 2418-8000 Fide: RR200 u RR221 Fax: 2418-0191

Fuente: Centro de Investigaciones, Facultad de Ingeniería 2012.



Laboratorio de Mecánica de Suelos

INFORME No. 0131 S. S. O.T. 29,650

Interesado: Eddy Rafael Barreno Solorzano  
 Proyecto: Diseño de una Planta de Tratamiento de desechos sólidos en el Municipio de Fraijanes

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
 Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Municipio de Fraijanes, Departamento de Guatemala

FECHA: 17 de mayo del 2012

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	16.3	6.1	SP-SM	Limo arenoso color café

(\* ) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones:  
 Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales  
 DIRECTORA CIIVUSAC



Ing. Omar Enrique Meléndez Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos





**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



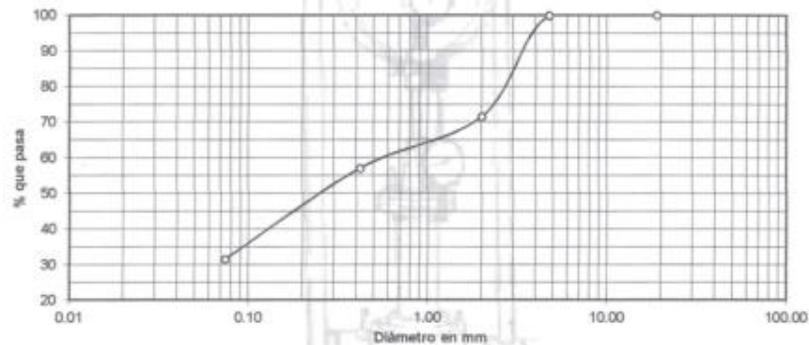
INFORME No.: 0132 S.S.

O.T.: 29,650

Interesado: Eddy Rafael Barreno Solorzano  
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices.  
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27,  
 Proyecto: Diseño de una Planta de Tratamiento de desechos solidos en el Municipio de Frajanes  
 Fecha: 17 de mayo del 2012

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	44.1	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	99.92
10	2.00	71.53
40	0.42	57.01
200	0.074	31.59

% de Grava: 0.08  
 % de Arena: 68.34  
 % de Finos: 31.59



Descripción del suelo: Limo arenoso color café  
 Clasificación: S.C.U.: SP-SM P.R.A.: A-3

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Vo. Bo.:  Atentamente,  
 Inga. Telma Mariela Cano Morales  
 DIRECTORA CII/USAC

  
 Ing. Omar Enrique Magrino Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



Fuente: Centro de Investigaciones, Facultad de Ingeniería 2012

