



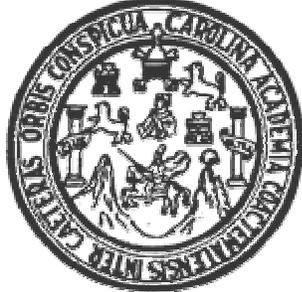
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**APLICACIÓN DE DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO
MANUAL, EN EL MUNICIPIO DE SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ**

Fredy Saul Figueroa Barrera
Asesorado por Ing. Gerson Elías Barrios Garrido

Guatemala, agosto de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DE DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL,
EN EL MUNICIPIO DE SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

FREDY SAUL FIGUEROA BARRERA

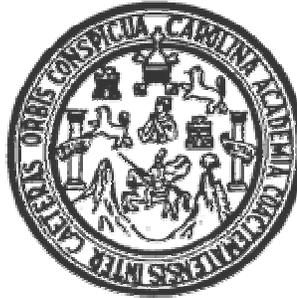
ASESORADO POR ING. GERSON ELÍAS BARRIOS GARRIDO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL I	Vacante
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordoñez Morales
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**APLICACIÓN DE DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL,
EN EL MUNICIPIO DE SUMPANGO, SACATEPÉQUEZ,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 24 de agosto de 2004.

Fredy Saul Figueroa Barrera

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Gerson Barrios

Por dedicarme su valioso tiempo y su asesoría profesional en el desarrollo del presente trabajo de graduación.

Instituto de Fomento Municipal (INFOM)

Por ser la institución que me brindó la oportunidad de continuar con mis estudios y culminarlos.

Ing. Julio Corado

Por brindarme su apoyo para la realización de este trabajo

Todos los compañeros y amigos

Que colaboraron de una u otra forma en la realización de este trabajo

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios

Por darme fortaleza y sabiduría para poder culminar con éxito lo emprendido.

mis padres, Alba Rita y José Humberto

Por su amor e invaluable apoyo.

mi esposa, Marisol

Por apoyarme en todo momento, con amor.

mis hijos, Fredy Estuardo y Saul Alejandro

Por ser la razón de mi esfuerzo y superación constante.

mis hermanos, Víctor, Alba, Elma, Marcela

Por los momentos que compartimos y por su apoyo incondicional.

mis amigos y compañeros de trabajo, Elmer, Marvin, David, Daniel, Walter,

Por brindarme su amistad y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
TABLAS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX

1 ASPECTOS GENERALES DEL MUNICIPIO

1.1	Datos históricos.....	1
1.2	Localización y extensión.....	2
	1.2.1 Límites y colindancias.....	2
	1.2.2 División político-administrativa.....	3
1.3	Estructura económica.....	3
	1.3.1 Infraestructura y servicios.....	3
	1.3.2 Producción, Actividades Productivas.....	4
1.4	Aspectos sociales.....	5
	1.4.1 Población.....	5
1.5	Aspectos geográficos.....	5
	1.5.1 Zona de vida.....	5
	1.5.2 Localización y extensión de zona de vida.....	6
	1.5.3 Condiciones climáticas.....	6
	1.5.4 Topografía y vegetación.....	6
	1.5.5 Tipo de suelo.....	7

2 MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS

2.1	Antecedentes.....	9
2.2	Generación de desechos sólidos.....	11
2.3	Aspectos preliminares.....	12
	2.3.1 Población urbana.....	12
	2.3.2 Proyección de la población.....	12
	2.3.3 Encuesta poblacional.....	14
2.4	Información básica sobre la producción de desechos sólidos.....	17
	2.4.1 Producción per cápita.....	17
	2.4.2 Producción de desechos sólidos.....	18
	2.4.3 Características de los desechos sólidos.....	20
2.5	Composición de los desechos sólidos.....	23
	2.5.1 Desecho sólido orgánico.....	25
	2.5.2 Desecho sólido inorgánico.....	25
	2.5.3 Densidad de los desechos sólidos.....	26
	2.5.4 Análisis de resultados.....	27
	2.5.4.1 Gráficas.....	27
2.6	Sistema de recolección.....	32
	2.6.1 Lugares de recolección municipal.....	32
	2.6.2 Recolección privada.....	33
	2.6.3 Equipo de limpieza municipal.....	35
	2.6.4 Recurso humano.....	38
	2.6.5 Disposición final de desechos sólidos.....	38

3 MÉTODOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS

3.1	Definiciones y conceptos.....	41
3.2	Métodos de incineración.....	43
	3.2.1 Ventajas.....	43

3.2.2	Desventajas.....	44
3.3	Método de compost.....	44
3.4	Método de reciclaje.....	46
3.5	Método de relleno sanitario.....	47
3.5.1	Tipos de relleno sanitario.....	48
3.5.2	Relleno sanitario mecanizado.....	48
3.5.3	Relleno sanitario semimecanizado.....	49
3.5.4	Relleno sanitario manual.....	51
3.6	Métodos de construcción de relleno sanitario.....	51
3.6.1	Método de trinchera o zanja.....	51
3.6.2	Método de área.....	53
3.6.3	Combinación de ambos métodos.....	54
3.6.4	Principios básicos de un relleno sanitario.....	56
3.6.5	Componentes de un relleno sanitario.....	58

4 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

4.1	Sistema de relleno sanitario manual.....	63
4.1.1	Selección del sitio.....	65
4.1.2	Tipo de suelo.....	66
4.1.3	Profundidad del nivel freático.....	67
4.1.4	Disponibilidad de material de cobertura.....	67
4.1.5	Prueba de percolación.....	67
4.1.6	Condiciones climatológicas.....	71
4.1.7	Precipitación pluvial.....	71
4.1.8	Evapotranspiración.....	71
4.1.9	Temperatura.....	71
4.1.10	Tipo y dirección de vientos.....	72

5 DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL

5.1	Calculo del volumen necesario para el relleno sanitario.....	73
5.1.1	Volumen de residuos sólidos.....	73
5.1.2	Volumen de material de cobertura.....	74
5.1.3	Volumen de relleno sanitario.....	75
5.2	Calculo del área requerida.....	76
5.3	Diseño de taludes.....	79
5.3.1	Obras de tierra.....	79
5.3.2	Definición de talud.....	79
5.3.3	Taludes en corte.....	80
5.3.4	Taludes en relleno.....	82
5.4	Calculo de capacidad volumétrica del sitio.....	83
5.4.1	Volúmenes de gran longitud(alrededor de un eje).....	83
5.4.2	Volúmenes a partir de las áreas extremas.....	83

6 DISEÑO DE DRENAJES

6.1	Diseño del canal perimetral de aguas pluviales.....	85
6.2	Cálculo de la generación de lixiviados.....	88
6.3	Diseño del sistema de drenaje de lixiviados.....	93
6.3.1	Volumen de lixiviados.....	93
6.3.2	Longitud de sistema de zanjas para lixiviados.....	94

7 DISEÑO DE CELDA

7.1	Diseño de la celda diaria.....	95
7.2	Cantidad de desechos sólidos que se debe disponer.....	96
7.3	Volumen de la celda diaria.....	97
7.4	Dimensiones de la celda diaria.....	97
7.5	Largo o avance de la celda (m).....	98
7.6	Calculo de la mano de obra.....	99

8 COSTOS

8.1	Análisis de costos.....	101
8.2	Costos de administración.....	104
8.3	Costos de operación.....	105
8.4	Costos de mantenimiento.....	106
8.5	Sistema de recolección.....	107
8.6	Aspecto financiero.....	108
	8.6.1 Tarifas.....	108
	8.6.2 Categorías de tarifas.....	108
8.7	Autofinanciamiento del proyecto.....	110

9 DISPOSICIONES ESPECIALES

9.1	Preparación del sitio.....	113
	9.1.1 Levantamiento topográfico.....	113
	9.1.2 Limpieza y Chapeo.....	113
	9.1.3 Corte con maquinaria.....	114
	9.1.4 Relleno.....	114
	9.1.5 Retiro de material sobrante.....	115
9.2	Construcción de la infraestructura.....	115
	9.2.1 Guardianía.....	115
	9.2.2 Drenajes de lixiviados.....	115
	9.2.3 Drenaje pluvial.....	116
	9.2.4 Drenaje de gases.....	116
	9.2.5 Impermeabilización.....	117
	9.2.6 Vía de acceso.....	117
	9.2.7 Cerco perimetral.....	118
	9.2.8 Puerta de metal.....	118
	9.2.9 Reforestación.....	119

10 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

10.1	Operación.....	121
10.1.1	Herramientas de trabajo.....	128
10.1.2	Movimiento de tierra y conformación de la celda diaria....	130
10.1.3	Implementación de protección personal.....	130
10.1.4	Operación en época de lluvias.....	131
10.2	Mantenimiento.....	133
10.2.1	Herramientas.....	133
10.2.2	Material disperso.....	133
10.2.3	Drenaje perimetral.....	133
10.2.4	Drenaje de gases.....	133
10.2.5	Vía de acceso.....	134
10.2.6	Instalaciones.....	134
10.2.7	Acabado final.....	134

11 ADMINISTRACIÓN Y CONTROL

11.1	Administración.....	135
11.1.1	Supervisión.....	135
11.1.2	Salud y seguridad de los trabajadores.....	136
11.2	Control del relleno sanitario.....	137
11.2.1	Controles de la construcción.....	137
11.2.2	Control de operaciones.....	137
11.2.3	Control de costos.....	138
11.2.4	Control del ambiente.....	138

CONCLUSIONES.....	141
RECOMENDACIONES.....	142
BIBLIOGRAFÍA.....	143
APÉNDICE.....	145

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1	Localización del municipio de Sumpango.....	8
2	Plano del área urbana.....	10
3	Composición física de desechos sólidos.....	24
4	Producción de basura en el casco urbano.....	28
5	Producción de basura orgánica.....	29
6	Producción de basura inorgánica.....	30
7	Producción de basura orgánica e inorgánica en el casco urbano.....	31
8	Ruta de recolección privada de desechos sólidos.....	34
9	Vehículo recolector de desechos sólidos	35
10	Carretón metálico para desechos sólidos	36
11	Carretón metálico para desechos sólidos.....	36
12	Tonel para recolectar desechos sólidos.....	37
13	Equipo para limpieza.....	37
14	Botadero a cielo abierto.....	39
15	Botadero a cielo abierto.....	39
16	Abandono de la basura en un botadero a cielo abierto.....	42
17	Relleno sanitario operado con equipo pesado.....	49
18	Tractor agrícola adaptado para las operaciones del relleno sanitario....	50
19	Remolque enganchado a un tractor agrícola para la recolección de basura.....	50
20	Método de trinchera para construir un relleno sanitario.....	52
21	Método de área para construir un relleno sanitario.....	54
22	Método de área para rellenar depresiones.....	55
23	Combinación de ambos métodos para relleno sanitario.....	55
24	Excavación de agujero.....	69
25	Medición con regla graduada.....	69
26	Condiciones climatológicas e hidrológicas favorables.....	72

27	Talud en corte y relleno.....	80
28	Taludes en corte.....	82
29	Cuneta perimetral.....	87
30	Promedio mensual de precipitación y evaporación (Años 1,990-2,004).....	91
31	Zanja para lixiviados.....	94
32	Celda diaria típica	98
33	Drenaje de gases.....	117
34	Operación del relleno mediante el método de área.....	122
35	Primera descarga de desechos sólidos para la conformación de la celda diaria.....	122
36	Esparcimiento de los desechos sólidos en el área limitada para la celda diaria.....	123
37	Compactación de los desechos sólidos con un pisón de mano.....	123
38	Extracción de la tierra para cubrir los desechos sólidos.....	124
39	Cubrimiento de los desechos sólidos con tierra.....	124
40	Compactación de la primera celda con rodillo y pisón de mano.....	125
41	Construcción del drenaje de gases.....	125
42	Construcción de la segunda celda apoyada a un lado de la primera.....	126
43	Construcción del primer talud del relleno.....	127
44	Configuración final del relleno sanitario.....	127
45	Carreta de llanta neumática de 120 litros.....	128
46	Barril de 55 galones acondicionado como rodillo compactador.....	129
47	Implementos de protección de los trabajadores.....	130
48	Elementos del sistema de manejo de desechos sólidos.....	132

TABLAS

I	Servicios Domiciliares.....	4
II	Generación de desechos sólidos.....	11
III	Producción y procedencia de los desechos sólidos (kg/hab/sem).....	22
IV	Composición física de desechos sólidos.....	23
V	Producción de basura en el casco urbano.....	27
VI	Producción de basura orgánica.....	29
VII	Producción de basura inorgánica.....	30
VIII	Porosidades del terreno según las tasas de filtración.....	70
IX	Volumen y área requerida para el relleno sanitario manual.....	78
X	Taludes recomendados en corte.....	81
XI	Valores de coeficiente de escurrimiento, Ce, para suelos cubiertos con pasto.....	89
XII	Promedio mensual (Años 1,990-2004) de Temperatura, Precipitación, y Evapotranspiración, Estación Alameda Icta Latitud $14^{\circ},38' 12''$, Longitud $90^{\circ} 48' 12''$	90
XIII	Guía de cálculo para estimar el numero de trabajadores.....	100
XIV	Inversión inicial de infraestructura.....	101
XV	Inversión inicial equipo de funcionamiento.....	102
XVI	Inversión inicial mobiliario y equipo.....	103
XVII	Sueldos de personal administrativo.....	104
XVIII	Costos de oficina y administración mensual.....	104
XIX	Costos de operación vehículos mensual.....	105
XX	Alquiler de maquinaria pesada por año, excavación y adecuación de vías de acceso.....	105
XXI	Costos de mantenimiento anual de vehículos.....	106
XXII	Flujo neto de efectivo.....	111

GLOSARIO

Ambiente	Conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinados.
Basura	Se entiende por basura todo residuo sólido o semisólido con excepción de excretas de origen humano o animal que carece de valor para el que la genera o para su inmediato poseedor. Es sinónimo de desechos o residuos sólidos.
Berma	Espacio entre el pie del talud y el declive exterior del terraplén.
Biodegradable	Dicho de la materia orgánica, cualidad de ser metabolizada por medios biológicos.
Biogás	Mezcla de gases de bajo peso molecular, metano, bióxido de carbono, etc., producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.
Celda	Conformación geométrica que se les da a los desechos sólidos y al material de cubierta debidamente compactado mediante equipo mecánico o por los trabajadores de un relleno sanitario.

Compactación	Acción de presionar cualquier material para reducir los vacíos existentes en él. El propósito de la compactación en el relleno sanitario es disminuir el volumen que ocuparán los desechos sólidos a fin de lograr una mayor estabilidad y vida útil.
Densidad	Masa o cantidad de materia de un determinado desecho sólido contenida en una unidad de volumen.
Disposición Final	Depósito definitivo de los desechos sólidos en un sitio en condiciones adecuadas para evitar daños a los ecosistemas
Generación o	Cantidad de desechos sólidos originados por la producción fuente en un periodo determinado.
Impacto	Modificación del ambiente ocasionada por la acción
Ambiental	del hombre o de la naturaleza.
Lixiviado o	Líquido producido fundamentalmente por la
Percolado	precipitación pluvial que se infiltra a través del material de cobertura y atraviesa las capas de basura, transportando concentraciones apreciables de materia orgánica en descomposición y otros contaminantes.

Material de Cobertura	Capa superficial de tierra en cada celda que tiene como finalidad aislar los residuos del ambiente externo, controlar infiltraciones y la presencia de fauna nociva.
Nivel freático	Profundidad a la que se encuentran las aguas freáticas.
Pendiente	Inclinación que tiene un terreno o cualquier elemento tomando como base la relación entre la longitud horizontal y la vertical.
Permeabilidad	Es la capacidad del suelo para conducir o transportar un fluido cuando se encuentra bajo un gradiente. Varía según la densidad del suelo, el grado de saturación y el tamaño de las partículas.
Talud	Inclinación de un dique, terraplén o desmonte.
Terraplén	Macizo de tierra con que se rellena un hueco o que se levanta para hacer una defensa, un camino u otra obra semejante.
Vectores	Seres vivos que intervienen en la transmisión de enfermedades al llevarlas de un enfermo o de un reservorio a una persona sana.
Vida útil	Periodo durante el cual el relleno sanitario estará apto para recibir basura de manera continua.

RESUMEN

En el municipio de Sumpango, Sacatepéquez, la disposición final de los desechos sólidos se realiza en un basurero a cielo abierto, lo cual provoca malos olores, enfermedades y contaminación; aunque hay cobertura de recolección domiciliar ésta no llega a satisfacer a la mayoría de la población generando un problema cada vez mayor.

Por lo anterior, se propone la construcción de un relleno sanitario manual, lo cual es una técnica de manejo apropiado de desechos sólidos en su disposición final que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; ni, tampoco, perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo.

Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área, lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra, diariamente, y compactándola para reducir su volumen. Además, prevee los problemas que pueden causar los líquidos y gases producidos en el relleno sanitario manual, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

La planeación para resolver esta problemática e implementar esta técnica, se desarrollará en las siguientes actividades a cumplir, como: selección del sitio, diseño, construcción, operación y mantenimiento, administración, la información básica sobre la población a servir, determinación de la procedencia, calidad y cantidad de desechos sólidos a disponer, el uso futuro del terreno una vez terminado el relleno y los recursos necesarios para su financiamiento.

OBJETIVOS

- General.

Disminuir la contaminación ambiental y la proliferación de vectores de enfermedades, tales como: moscas, mosquitos, etc.; originadas por el mal manejo de los desechos sólidos, en el municipio de Sumpango, Sacatepequez.

- Específicos.
 - Realizar una investigación diagnóstico sobre la producción de los desechos sólidos, así como de las necesidades del municipio de Sumpango, Sacatepéquez respecto a dicho problema.
 - Desarrollar una propuesta de la aplicación de la técnica de relleno sanitario manual, como método de disposición final de los desechos sólidos, para el municipio de Sumpango Sacatepequez.
 - Proponer la reutilización de los desechos sólidos como una solución ambiental intermedia, haciendo una separación de los desechos sólidos orgánicos e inorgánicos utilizando la técnica del compost y el reciclaje.

INTRODUCCIÓN

El incremento en la producción diaria de basura por persona y el porcentaje de los residuos no biodegradables generados es un indicador del mejoramiento de la calidad de vida en Guatemala, sin embargo, este cambio positivo agrava la situación del saneamiento básico y degrada los recursos naturales al no atenderse, adecuadamente y con responsabilidad, por lo que es necesario dirigir esfuerzos en búsqueda de una solución integral.

El manejo de los desechos sólidos en el país, por lo general, se halla en estado crítico. Cada día, vemos como se acumula la basura en las orillas de las carreteras, en las calles y en las quebradas o se queman a cielo abierto los desechos sólidos sin control; los sitios de disposición final son inadecuados y las operaciones para su manejo son ineficientes, además, las municipalidades como autoridades responsables por ley de atender este problema, cuentan con limitados fondos para la recolección, transporte y disposición final de la basura.

El presente trabajo es una propuesta de la aplicación de diseño de un relleno sanitario manual para el municipio de Sumpango, el cual es una opción técnica y económica, ya que, sólo se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de la vía de acceso, así como la excavación de zanjas o material de cobertura, de acuerdo con el avance y método del relleno.

Por lo tanto los demás trabajos se pueden realizar manualmente, permitiendo a las municipalidades de bajos recursos e incapacitadas de adquirir y mantener equipos pesados; manejar adecuadamente sus desechos sólidos,

utilizando la mano de obra de que disponen lo cual garantiza en principio la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

1. ASPECTOS GENERALES DEL MUNICIPIO

1.1 Datos históricos

Durante la dominación hispánica se le denominó San Agustín Tzumpango, San Agustín Sumpango y ahora Sumpango. Entre las descripciones del siglo XVI, está la que Juan de Pineda hizo en 1,594 “el pueblo de Zumpango está tres leguas de la ciudad de Guatemala, y tiene casi las propias granjerías y trato y todo lo demás que estas milpas tienen...Están ricos y andan bien tratados ellos y sus mujeres e hijos, y todos tienen caballos a uno y a dos y a más, en que llevan sus granjerías a las dichas costas como los demás indios... y no se cargan. Visitan este pueblo los religiosos de Santo Domingo”

Por la última década del siglo XVII se refirió Fuentes y Guzmán en su Recordación Florida, “parece según el padrón citado de los alcaldes corregidores, que este pueblo de Tzumpango tiene ochocientos y quince tributarios de la nación cakchiquel. Son aplicados a la cultura de los campos y es uno de los dos que da repartimiento de indios a las labores de pan llevar, perteneciente a los españoles, en que por sus salarios y sus propios sembrados interesan muy suficientes para su manutención, la de su vicario y adornos de su iglesia, que es de muy buena arquitectura y proporción, con ornamentos, plata de sacristía, campanas y lo demás perteneciente a la parte de una iglesia bien proveída.”¹

¹ Instituto de Estudios y Capacitación Cívica, **Diccionario Municipal de Guatemala**,(2ª. Edición; Guatemala: Editorial) pp.

1.2 Localización y Extensión

Sumpango cuenta con una extensión territorial de 55 kilómetros cuadrados. La cabecera municipal está localizada a la altura del kilómetro 42 de la ruta Interamericana que de la capital conduce al occidente del país, y al norte del departamento de Sacatepéquez.

Dista 29 kilómetros de la Antigua Guatemala, cabecera departamental, y 42 kilómetros de la capital de la república, con la que esta comunicada, lo mismo que con el departamento de Chimaltenango, por la carretera citada anteriormente.

Está ubicado en las coordenadas, latitud: 14°38' 37", longitud 90°44' 12", a una altura de 1,890 mts. SNM. (Ver figura 1, Pág. 8)

1.2.1 Límites y Colindancias²

El municipio de Sumpango tiene las siguientes colindancias:

Colinda al norte con Santo Domingo Xenacoj (Sacatepéquez), al este con Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas (Sacatepéquez), al sur con Pastores y Jocotenango (Sacatepéquez): al oeste con el Tejar (Chimaltenango).

² José Alejandro de León Pérez, Monografía de Sumpango (Guatemala; Editora Educativa,2,004)

1.2.2 División Político Administrativa

El municipio de Sumpango, está constituido por las ocho aldeas siguientes:

Hacia el norte, las aldeas San José Yalu, ubicada a ocho kilómetros de la cabecera municipal; San Rafael el Arado, situada a siete kilómetros y Santa Marta, a cinco kilómetros. Estas tres se caracterizan por el cultivo de arveja china a gran escala.

Hacia el oriente, las aldeas Rancho Alegre, ubicada a dos kilómetros de la cabecera municipal, y el Rejón, a nueve kilómetros.

Hacia el poniente, las aldeas Las Flores, a cinco kilómetros de la cabecera, y Chipotón, a ocho kilómetros. Hacia el sur, la aldea El Tunino, a nueve kilómetros de la cabecera municipal.

1.3 ESTRUCTURA ECONÓMICA

1.3.1 Infraestructura y servicios

El municipio cuenta con los siguientes servicios:

Agua potable, drenajes, energía eléctrica, correos y telégrafos (1), teléfonos, mercado municipal (1), rastro (1), puesto de salud (1), escuelas (2), iglesia parroquial(1) , terminal de buses extraurbanos (1).

A continuación se muestra una tabla con la cantidad de servicios existentes en el municipio.

Tabla I Servicios Domiciliares³

Servicios área urbana				
Zona	Agua potable	Drenaje Sanitario	Energía Eléctrica	Teléfono domiciliario
1	158	75	160	4
2	107	41	109	6
3	97	27	95	1
4	144	104	131	7
5	97	18	104	10
Total	603	265	599	28

1.3.2 Producción, Actividades Productivas

Agropecuaria: Maíz, frijol, caña de azúcar, café y verduras, Artesanal: Tejidos típicos de algodón, muebles de madera, candelas, teja y ladrillo de barro, coheteria.

³ Instituto de Fomento Municipal, Nomenclatura Urbana, (Guatemala 2,001)

1.4 ASPECTOS SOCIALES⁴

1.4.1 Población

De acuerdo al Censo Nacional XI de población y VI de Habitación efectuado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), en noviembre 2002, la población de Sumpango era de 27,999 habitantes, de los cuales 18,910 pertenecen al área urbana y 9,089 al área rural.

Es importante señalar que el crecimiento demográfico a nivel departamental, mantiene un promedio del 2.9 % anual.

El índice de pobreza es de 45.32% y el índice de pobreza extrema es de 2.78%

1.5 ASPECTOS GEOGRÁFICOS

1.5.1 ZONA DE VIDA⁵

Esta zona de vida se encuentra representada en el mapa por el símbolo BH-MB que significa (Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical)

⁴ Ibid.,p,4,5

⁵ Clasificación de Zonas de Vida de Guatemala a nivel de reconocimiento, MAGA , Guatemala, 1982Tip

1.5.2 Localización y extensión de zona de vida

Comprende una franja que va desde Mixco en el departamento de Guatemala dirigiéndose al noroeste del país pasando por San Juan, San Pedro, San Lucas, Sacatepéquez, Chimaltenango, San Martín Jilotepeque, Zaragoza, Santa Cruz Balanya, San José Poaquil, Chichicastenango, Santa Cruz del Quiche, Momostenango, Huehuetenango.

1.5.3 Condiciones climáticas

El patrón de lluvias varía entre 1,057 mm. Y 1,588 mm, con un promedio de 1,344 mm de precipitación anual. Las biotemperaturas van de 15 grados a 23 grados C. La evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio de 0.75.

1.5.4 Topografía y vegetación

Su topografía en general es plana y está dedicada a cultivos agrícolas. Sin embargo, las áreas accidentadas están cubiertas por vegetación. La elevación varía entre 1,500 y 2,400 metros sobre el nivel del mar.

La vegetación natural, que es típica de la parte central del altiplano, está representada por rodales de *Quercus* spp., asociados generalmente con *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae*.

Ocurren también como indicadores en esta zona *Prunus capuli* y *Arbutus xalapensis*.

El uso apropiado para esta zona es fitocultural forestal, pues los terrenos planos pueden utilizarse para la producción de maíz fríjol, trigo, verduras y frutales de zonas templadas como: durazno, pera, manzana, aguacate y otros.

Los terrenos accidentados deben mantenerse cubiertos de bosques, para protegerlos y para que estos satisfagan el consumo local, pues las existencias boscosas son limitadas, dada la densidad de población.

1.5.5 Tipo de Suelo⁶

El tipo de suelo de esta región pertenecen al tipo Cq, (ceniza volcánica pomácea de color claro, con las siguientes características:

Relieve	fuertemente ondulado a inclinado
Drenaje Interno	bueno
Suelo superficial	
Color	café muy oscuro
Textura	franca friable
Espesor aproximado	20-40 cm
Subsuelo	
Color	Café amarillento oscuro
Consistencia	friable
Textura	franco arcillosa
Espesor aproximado	60-75 cm.

⁶ Charles s. Simmons. Clasificación de reconocimiento de los suelos de Guatemala, (Guatemala Editorial José Pineda Ibarra 1,958)

Figura 1. Localización del municipio de Sumpango

REPUBLICA DE GUATEMALA

SUMPANGO



DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ

MUNICIPIO DE SUMPANGO

Fuente: elaboración propia, basado en: Mapas IGN

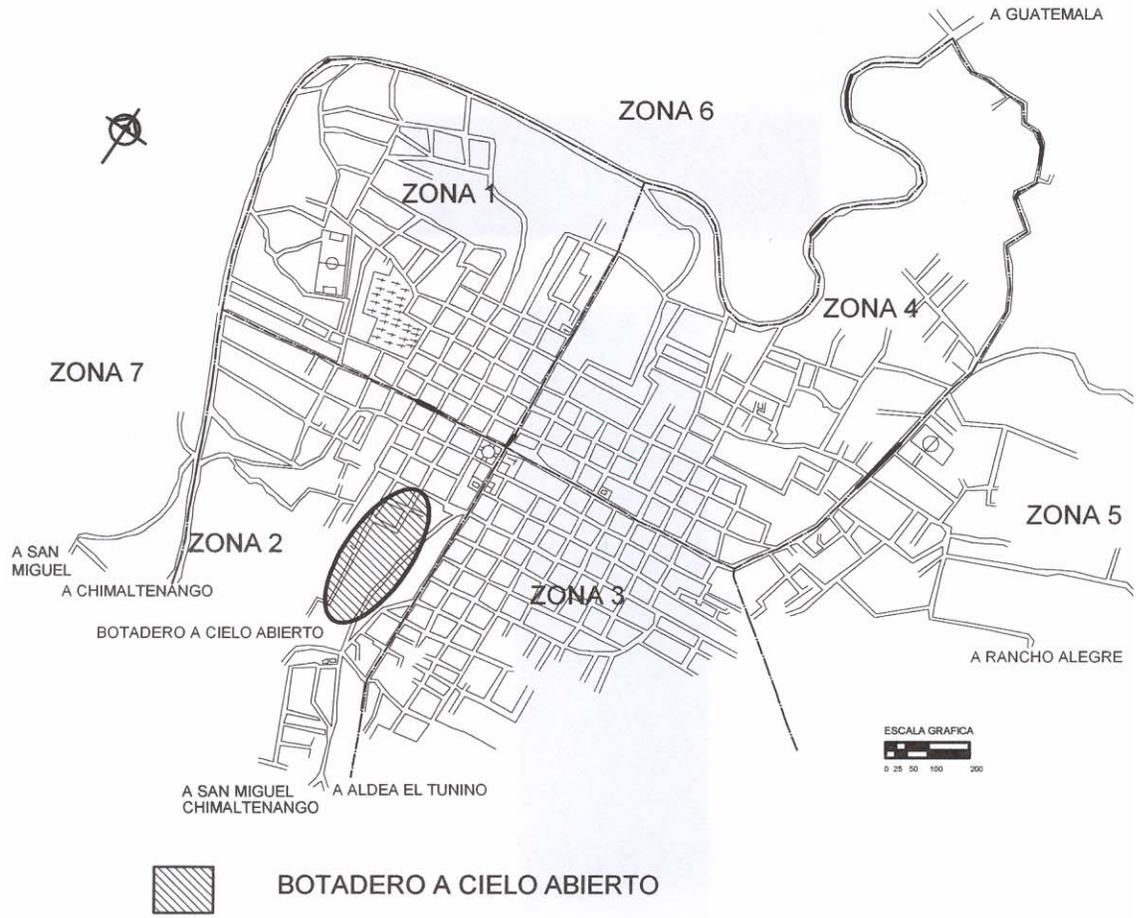
2. MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS

2.1 Antecedentes

Debido al incremento poblacional y al inadecuado manejo de los desechos sólidos en el municipio de Sumpango se ha generado un problema que debe resolverse, ya que en la actualidad la disposición final se realiza en un basurero a cielo abierto, el cual se ubica en una hondonada que está en el centro de la población,(ver figura 2, pág.10). En este lugar los desechos se tiran sin ningún control, ni tratamiento alguno, lo cual provoca contaminación del suelo, con posibilidad de contaminar las aguas subterráneas, por los lixiviados que segrega la basura, así mismo se producen incendios constantemente por la generación de gases, lo que afecta a los habitantes que viven en los alrededores, además de la proliferación de vectores que son transmisores de enfermedades. En dicho basurero se encuentra la descarga de aguas residuales de toda la población, lo que agrava la situación.

En las calles existe acumulación de basura, lo que genera basureros clandestinos, no hay recipientes para que las personas depositen sus desechos sólidos siendo necesario un tren de aseo, que evite tal situación. En el primer semestre del 2,004 la municipalidad se encargó de la recolección de un 10% de la población aproximadamente, lo que incluye el área del mercado, la terminal de buses, parque, edificio municipal, auditorium municipal, y áreas aledañas. Siendo necesario un mayor involucramiento de todos los sectores beneficiarios tanto a nivel institucional como comercial y domiciliar para que se incremente favorablemente el porcentaje de recolección de desechos sólidos en un futuro cercano.

Figura 2



PLANO DEL ÁREA URBANA, SUMPANGO SACATEPÉQUEZ

ESCALA 1:20,000

2.2 Generación de desechos sólidos

Las características de los desechos sólidos dependen de la actividad que los genera y por ello es conveniente conocer los tipos y el volumen de residuo que produce cada actividad para desarrollar métodos de manejo apropiados.

Los puntos de generación de los desechos sólidos con características similares son:

Tabla II Generación de desechos sólidos⁷

Puntos de generación de los desechos sólidos	
Viviendas	4,258
Central de Mayoreo (Mercado)	1
Escuelas	3
Puesto de Salud	1
Terminal de buses	1
Vías públicas	18 Km.
Oficinas públicas	2
Artesanías	5
Cohetería	7
Muebles de Madera	6
Teja y ladrillo de barro	3
Tejidos Típicos	5
Productos lácteos	1
Comercios	25

⁷ Instituto de Fomento Municipal, Nomenclatura Urbana Sumpango, (Guatemala ,2,001)

2.3 Aspectos preliminares

2.3.1 Población urbana

El dato de población se basa en la información del último **Censo Nacional XI de Población y VI de Habitación del Instituto Nacional de Estadística (INE)** del año 2002, la cual nos da lo siguiente:

Población Total (casco urbano):	18,910 habitantes
No. de viviendas	4,258

2.3.2 Proyección de la población

Es de suma importancia estimar la población futura del municipio de Sumpango que dispondrá sus desechos sólidos en el relleno sanitario durante los próximos 10 años, y poder calcular la cantidad de desechos sólidos que se podrá disponer diaria y anualmente a lo largo de su vida útil.

El crecimiento de la población se estimará por medio del método geométrico; que representa un crecimiento exponencial para poblaciones biológicas en expansión, para el cual se asume una tasa de crecimiento anual del **2.9 %** según datos de la municipalidad lo que es congruente con el promedio a nivel departamental.

La siguiente expresión nos muestra su cálculo:

$$Pf = Po(1 + r/100)^n$$

Donde

Pf = Población futura

Po = Población actual

r = Tasa de crecimiento anual de la población

n = Intervalo de tiempo en años

En base a los datos anteriores se proyectó la población al año 2005 obteniendo los siguientes resultados:

Po = 18,910 habitantes

r = 2.9 %

n = 3 años

Pf = $18,910 (1 + 2.9/100)^3 = 20,604$ habitantes

Se realizó también una proyección anual de la población atendida durante su vida útil, la cual es de 10 años. (ver tabla IX pag. 78)

2.3.3 Encuesta Poblacional

Se realizó una encuesta a una muestra de 112 viviendas de la población sobre el manejo de desechos sólidos, para determinar el conocimiento que tienen sobre tal situación, obteniendo el siguiente resultado:

1) Tiene conocimiento de la existencia de basureros no autorizados

Si:	76%
No:	20%
No responde:	<u>4%</u>
	100%

2) Considera que la municipalidad debe resolver el problema del tratamiento de la basura

Si:	80%
No:	12%
No responde:	<u>9%</u>
	100%

3) Usted clasifica o separa la basura

Si:	28%
No:	63%
No responde:	<u>9%</u>
	100%

4) Que hace con la basura que proviene de su vivienda

La quema:	14%
Tren de aseo:	11%
La entierra:	29%
Otros:	<u>46%</u>
	100%

5) Considera que es importante el reciclaje de la basura

Si:	74%
No:	12%
No responde	<u>14%</u>
	100%

6) Conoce algún lugar para comercializar los residuos sólidos reciclados

Si:	9%
No:	82%
No responde:	<u>9%</u>
	100%

7) Está dispuesto a pagar para mejorar el servicio de recolección de la basura

Si:	65%
No:	29%
No responde:	<u>6%</u>
	100%

Cuanto:

De Q 10.00 – Q 15.00	76
De Q 15.00 – Q 20.00	40
De Q 20.00 – Q 25.00	<u>6</u>
	112

Los entrevistados manifestaron en términos generales lo siguiente:

- Que tienen conocimiento de basureros clandestinos, ya que no existe ningún control sobre los mismos de parte de la municipalidad.
- Que la mayoría considera que la municipalidad debe resolver el problema de tratamiento y disposición final de la basura

- Que la mayoría deposita sus desechos sólidos en el basurero de la localidad, sin hacer ninguna separación de la basura, y tampoco reciclan la misma, aunque consideran que es importante esta práctica.
- Mejorar el servicio de recolección privada, prevaleciendo días y horarios y rutas específicas por zona, categorizar y actualizar el costo por prestación del servicio ya que la mayoría de personas esta anuente a pagar el servicio.
- Concienciar a la población acerca del manejo de los desechos sólidos y los beneficios del mismo

Según los datos de la investigación obtenida en el levantado de encuestas en el área urbana en el municipio de Sumpango, departamento de Sacatepéquez, se pudo establecer que el manejo de desechos sólidos es precario.

Así mismo el proyecto de relleno sanitario se considera como una necesidad de carácter urgente por ser de beneficio general, particularmente porque preserva la salud y el ambiente, contribuyendo en la reducción de la contaminación de las fuentes subterráneas de agua y la proliferación de enfermedades provocadas por vectores.

2.4 Información básica sobre la producción de desechos sólidos

2.4.1 Producción Per cápita

La producción per cápita domiciliar (ppc) es la cantidad de desechos sólidos por habitante por día (kg/hab/día).

Para determinar la ppc se realizó una muestra de 112 viviendas, de un total de 4,258 viviendas, que representa aproximadamente el 3% del total de viviendas del casco urbano, distribuidas en las zonas 1, 2, 3, 4, 5, tomando como promedio 6 habitantes /vivienda.

Se hizo el recorrido conjuntamente con el recolector privado, y se procedió a pesar con una balanza la cantidad de desechos sólidos producidos en cada vivienda, este procedimiento se realizó durante 4 semanas de la siguiente forma: dos veces por semana los días martes y sábado, que son los días de recolección, se hizo este proceso basándonos en el método de estimación indirecta de desechos sólidos según manual elaborado por OPS/ CEPIS⁸ sobre rellenos sanitarios manuales.

Después de tabular los datos obtenidos se procedió al cálculo de la siguiente forma:

$$Ppc = \frac{Dsr/semana}{Pob \times 7 \times cob}$$

⁸ Jorge Jaramillo, Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, (OPS/CEPIS/PUB/02.93)

Donde:

Ppc = producción per cápita (Kg. /hab./día)

Dsr = Cantidad de desechos sólidos recolectados en una semana (Kg.)

Pob = Población total (hab.)

7 = días de la semana

Cob = Cobertura del servicio de aseo urbano (%)

$$Ppc = \frac{3966.00\text{kg}}{672\text{hab.} \times 7} = 0.84 \text{ kg/hab/dia}$$

0.84 Kg. /hab. /día; este resultado obtenido en dicha muestra está dentro del rango establecido por 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.

2.4.2 Producción de desechos sólidos:

El conocimiento de la producción total de desechos sólidos permite tomar decisiones sobre el equipo de recolección más adecuado, la cantidad de personal, las rutas, la frecuencia de recolección, la necesidad de área para tratamiento y la disposición final, los costos y el establecimiento de la tarifa de aseo.

La producción de desechos sólidos está dada por la siguiente ecuación:

$$Ds = \text{pob} \times \text{ppc}$$

Donde:

Ds = Cantidad de desechos sólidos producidos por día (kg/día)

Pob = Población total (habitantes)

Ppc = Producción per cápita promedio (Kg. / hab. / día)

$$Ds = 20,604 \text{ hab.} \times 0.84 \text{ kg / hab / dia} = \mathbf{17,307 \text{ kg.} = \mathbf{17.30 \text{ ton.}}$$

La producción anual de desechos sólidos será estimada con base en las proyecciones de la población y la producción per cápita promedio.(ver tabla IX pag. 78).

Como se mencionó anteriormente se calculará la proyección de la población mediante el método geométrico, pero en lo que se refiere a la producción per cápita de desechos sólidos es difícil encontrar cifras que den idea de cómo se puede variar anualmente.

Por lo que sabiendo que con el desarrollo, el crecimiento urbano y comercial de la población los índices de producción aumentan, basándonos en el manual de OPS /CEPIS, que recomienda incrementar 0.5% y 1% la producción per cápita anualmente, para este caso se tomó el 1 % anual de incremento.

Ver tabla III Pág. 22 para producción anual de desechos sólidos.

2.4.3 Características de los desechos sólidos

Los parámetros más importantes que debemos conocer para el manejo adecuado de los desechos sólidos que se producen en la población son la producción y sus características específicas (origen, composición física y densidad).

Los residuos sólidos en el área urbana de Sumpango se clasifican según su procedencia: residencial, comercial, industrial, barrido de vías y áreas públicas, central de mayoreo (mercado) e institucional.

a) Sector residencial

La basura residencial (ó desechos sólidos domésticos) está compuesta principalmente de papel, cartón, latas, plásticos, vidrios, ropa, zapatos y materia orgánica en mayor porcentaje, ya que la mayoría de la población se dedica a la agricultura.

b) Sector comercial

El comercio no representa altos índices en la producción de desechos sólidos, dado que en esta localidad no está muy desarrollado y la actividad comercial suele combinarse con la vivienda.

La composición de los desechos sólidos de la actividad comercial en esta comunidad es similar a la del tipo residencial, siendo en su mayoría materiales de empaque (papel, cartón, vidrio, plástico, duroport, textil y madera)

La actividad industrial es muy baja y de tipo artesanal, compatible con el uso residencial, de manera que sus desechos sólidos no presenten características especiales, por lo tanto no es significativa para el análisis de esta población.

d) Central de Mayoreo (Mercado)

La zona de mercado presenta un carácter más definido, ya que allí se encuentran la mayoría de locales comerciales como lo son: carnicerías, marranerías, pescaderías, piso de plaza, tiendas, comedores, ventas de frutas, vegetales, y otros, lo que indica que la mayor parte de sus desechos sólidos es materia orgánica y una pequeña parte es materia inorgánica, como material de empaque (bolsas de plástico) por lo que se podría recomendar la producción de compostaje por medio de métodos manuales.

e) Barrido de vías públicas y áreas publicas

El servicio de barrido de calles y limpieza de áreas publicas , tales como el parque principal, los alrededores de la central de mayoreo (mercado) , canchas de básquet ball , contribuyen a la producción de desechos sólidos.

Estos están compuestos principalmente de hojas, hierba, cáscaras de frutas, además de papeles, bolsas plásticas, latas, vidrios, palos y un alto contenido de tierra.

f) Sector público

En las escuelas o colegios, la generación de desechos sólidos no es muy significativa con respecto a las anteriores y su composición es similar.

En la población hay un centro de salud, y algunas clínicas privadas, lo cual no incide en la producción de residuos sólidos de manera significativa, sin embargo en cuanto al tipo de desechos que se producen, es necesario distinguir entre los clasificados como de origen doméstico y los originados por sus actividades específicas y que son potencialmente infecciosos.

Su tratamiento y disposición final pueden realizarse mediante la incineración o el enterramiento en una fosa especial que esté dentro del establecimiento.

Tabla III

Producción y procedencia de los desechos sólidos municipales (kg/hab/semana)	
Año	2,005
Población Habitantes	20,604
Residencial	120,538.76
Central de mayoreo	3,612
Parque y Calles	318
Total	124,468.7
Ppc promedio total Kg/hab/dia	0.86

2.5 Composición física de los desechos sólidos

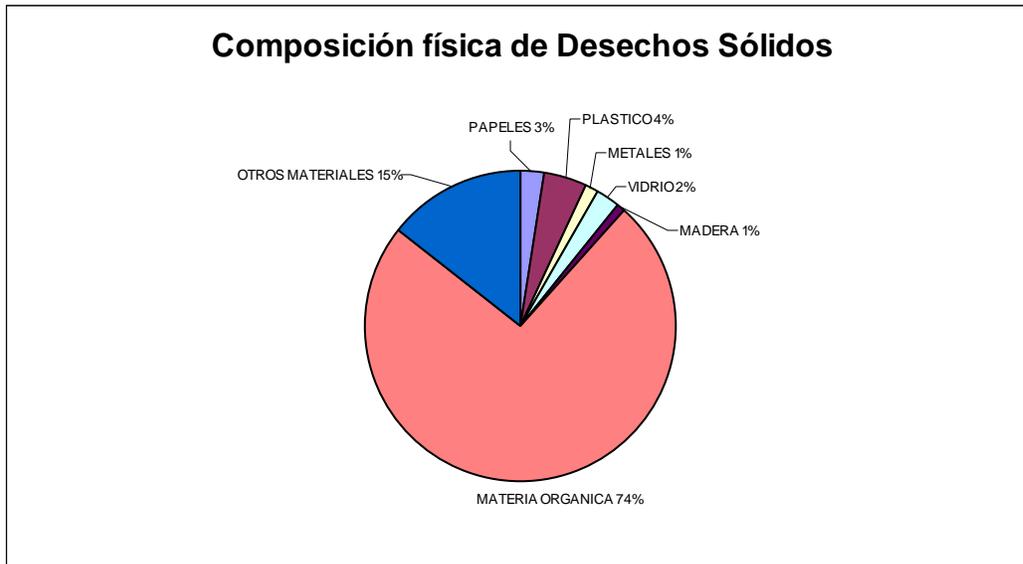
Para determinar la composición física de los residuos sólidos de la localidad se procedió de la siguiente forma;

Se tomaron muestras de desechos sólidos de las distintas zonas de la población, y se procedió a separar la materia orgánica e inorgánica, luego se procedió a pesarla con la respectiva balanza, para determinar su composición física lo cual nos dio los siguientes resultados (ver tabla VII)

Tabla IV Composición física de desechos sólidos

COMPOSICION FISICA DE DESECHOS SÓLIDOS							
PRODUCTO	1a. Muestra		2da. Muestra		3a. Muestra		PROMEDIO
	LBS	%	LBS	%	LBS	%	
PAPELES	40	4	5	0.5	10	1	2.57
PLASTICO	60	6	15	1.5	20	2	4.45
METALES	15	1.5	5	0.5	10	1	1.40
VIDRIO	25	2.5	10	1	15	1.5	2.34
MADERA	10	1	5	0.5	5	0.5	0.93
MATERIA ORGANICA	700	70	351	35.1	522	52.2	73.74
OTROS MATERIALES	150	15	75	7.5	85	8.5	14.53
TOTAL	1000		466		667		100.00

Figura 3 Composición física de desechos sólidos



La composición física de los desechos sólidos de esta localidad se caracteriza por su alto contenido de materia orgánica 73.74 %, el 26.26 % restante es papel, plástico, vidrio, madera, otros materiales.

La composición física de los desechos sólidos tiene importancia para evaluar la factibilidad de establecer programas de reciclaje y tratamiento, dado que la composición química no reviste mayor atención y que el método de disposición final se realizara a través de la técnica del relleno sanitario manual, con el que se procurará minimizar la generación de lixiviado.

2.5.1 Desecho sólido orgánico

A este desecho se le designa como basura húmeda, por estar compuesto por desechos, que son susceptibles de sufrir una descomposición biológica, es decir que se biodegradan.

Se componen fundamentalmente por los residuos de alimentos (cáscaras, vegetales y frutas en descomposición), osamentas, despojo animal (el sobrante en las cocinas) y cierto tipo de papel procesado; en la información obtenida, se determinó que el 73.74 % de la basura son desechos orgánicos.

2.5.2 Desecho sólido inorgánico

Se le conoce también como basura seca; el cambio que podría sufrir biológicamente llevara mucho tiempo, quizás algunos cientos de años.

Como material inorgánico, se tienen: papel, plástico, vidrio, madera, otros materiales, se determinó que la cantidad de desecho inorgánico producido en la cabecera municipal es de 26.26 %.

2.5.3 Densidad de los desechos sólidos

La densidad o peso volumétrico de los desechos sólidos es otro parámetro importante para el diseño del sistema de disposición final de los residuos, ya que ésta se utilizará para calcular las dimensiones de la celda diaria y el volumen del terreno, para calcularla se procedió de la siguiente forma.

Se tomo una muestra de desechos sólidos de aproximadamente 1000 lb. Y se procedió a pesarla utilizando el siguiente equipo:

- 1 tonel metálico de 35 lb. y de las siguientes dimensiones: 0.58_m de diámetro x 0.885_m de altura
- 1 balanza

Luego de pesar los desechos sólidos, se depositaban en el tonel y al estar lleno se dejó caer desde una altura de 10 cms. 3 veces, para determinar el volumen que ocupaban, luego se repitió el proceso hasta pesar la cantidad total de la muestra y así calcular el promedio de la relación peso / volumen para obtener la densidad, este proceso nos dio los siguientes resultados:

$$\text{Densidad} = m/v$$

Donde:

m = peso de los residuos (Kg.)

v = volumen que ocupan (m³)

$$\text{Densidad} = 45.00 \text{ Kg.} / 0.23 \text{ m}^3 = \mathbf{192.50 \text{ Kg./m}^3}$$

2.5.4 Análisis de resultados

El análisis realizado a cada zona fue con el propósito de conocer el comportamiento y la tendencia de la información recolectada; lo importante fue conocer la producción de basura orgánica e inorgánica por zonas, para determinar que tipo de tratamiento es factible realizar para los desechos sólidos.

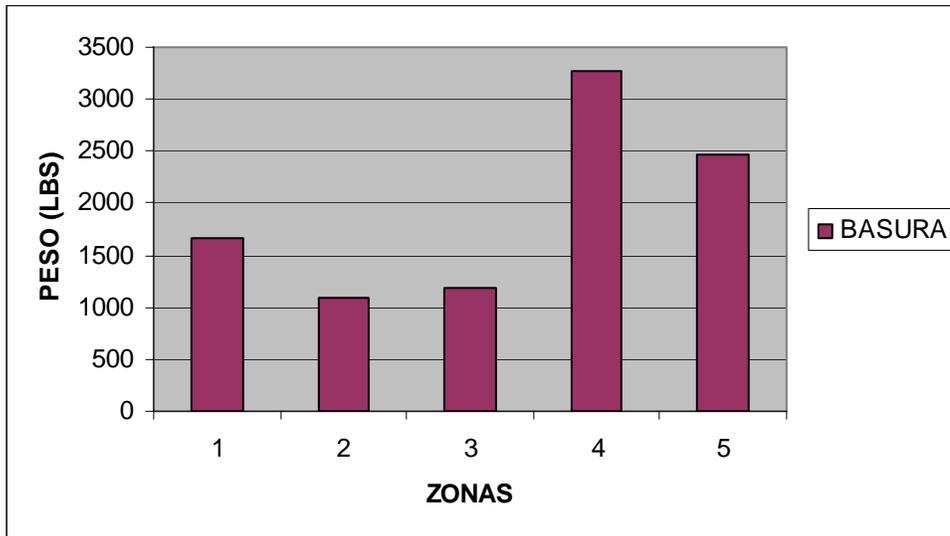
2.5.4.1 Gráficas

Producción de basura en el casco urbano por zona.

Tabla V
Producción de basura en el casco urbano

Zonas	Peso (lb)
1	1656
2	1099
3	1190
4	3267
5	2473

Figura 4 Producción de basura en el casco urbano



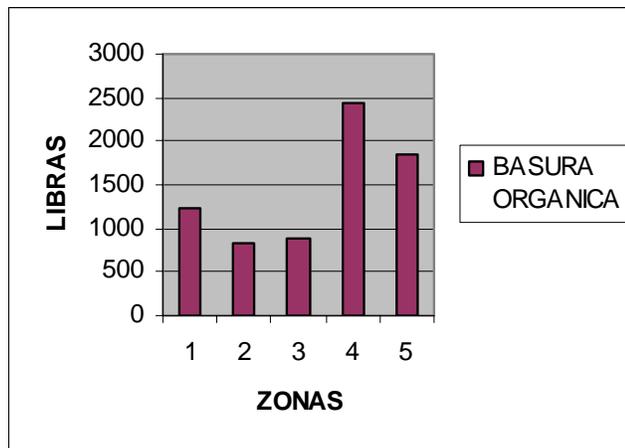
La zona que mayor cantidad de basura produce es la zona 4, que es la zona de más comercio, la zona 5 produce cantidad similar de basura debido a la ubicación de establecimientos educativos y por ser la zona más alejada del centro de la población, por lo que no utilizan el botadero de basura.

Las zonas 1, 2, y 3 tienen producción similar de basura, por encontrarse cercanas al botadero de basura.

Tabla VI Producción de basura orgánica

Zonas	Peso (lb.)
1	1242
2	825
3	892
4	2450
5	1855

Figura 5 Producción de basura orgánica

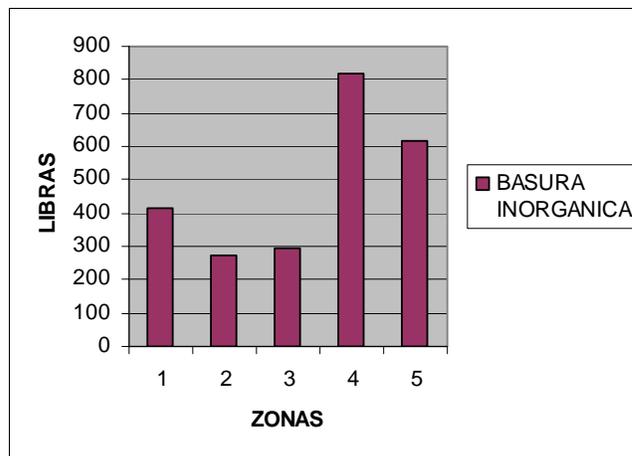


En esta grafica, se puede observar que la zona 4 produce la mayor cantidad en libras de basura orgánica, ya que es la zona de mayor comercio y por el tránsito elevado de personas, luego la zona 5 también tiene una elevada producción de basura orgánica debido a la ubicación de establecimientos educativos.

Tabla VII Producción de basura inorgánica

Zonas	Peso (lb.)
1	414
2	275
3	298
4	817
5	619

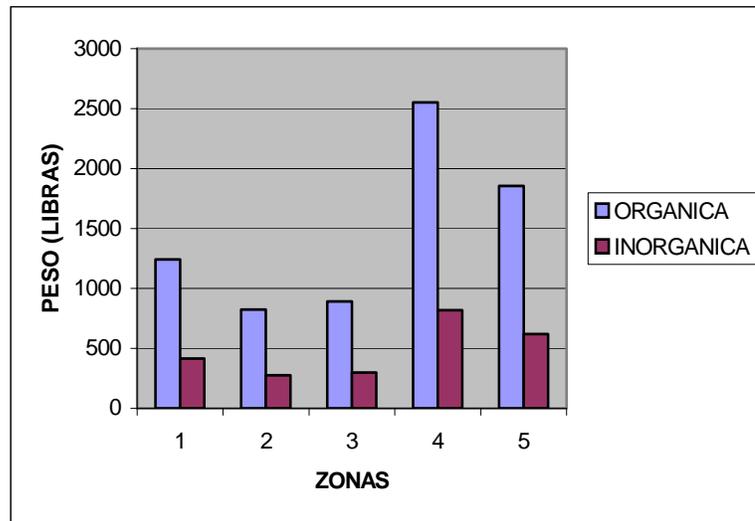
Figura 6 Producción de basura inorgánica



Esta gráfica demuestra que la zona 4 tiene la mayor producción de basura inorgánica en la ciudad

Figura 7

Producción de basura orgánica e inorgánica en el casco urbano



Esta gráfica presenta la relación de basura orgánica e inorgánica por zonas, de las cuales se puede observar que se mantiene una producción similar en las zonas 4 y 5 mientras que en la zona 1, 2 y 3 se puede observar que la producción es baja, debido al alto porcentaje de basura orgánica se sugiere el tratamiento de basura por medio del compostaje.

2.6 Sistema de recolección

Actualmente no existe tren de aseo municipal en la población, únicamente se recolecta la basura de las calles principales, parque, mercado, escuelas. La forma de barrido de las calles es manual, y es realizado por personal de la municipalidad.

La municipalidad carece de equipo para dar servicio de recolección de basura, únicamente cuenta con el siguiente equipo: un vehículo tipo pick-up, marca Toyota, modelo 1988 de aproximadamente 1.5 metros cúbicos de capacidad, 2 carretones metálicos.

El servicio privado es similar al de la comuna, y se realiza de puerta en puerta ya que no existen puntos de acopio, cuenta con un vehículo tipo pick-up de aproximadamente 4.0 metros cúbicos, para recolectar la basura de una parte de la población que paga una tarifa por el servicio, ya que la mayoría de la población lo hace de forma manual, depositándolo directamente en el botadero a cielo abierto.

2.6.1 Lugares de recolección municipal

Los lugares donde la municipalidad recolecta los desechos sólidos son:

- Central de mayoreo (Mercado)
- Parque
- Terminal de buses
- Vías públicas

La cobertura es de aproximadamente 2 kilómetros, que representa un porcentaje del área, la recolección se hace de forma manual con una cuadrilla de 6 personas, el horario de recolección es de las 5:00 AM a las 6:00 AM aproximadamente y la frecuencia es diaria.

2.6.2 Recolección privada

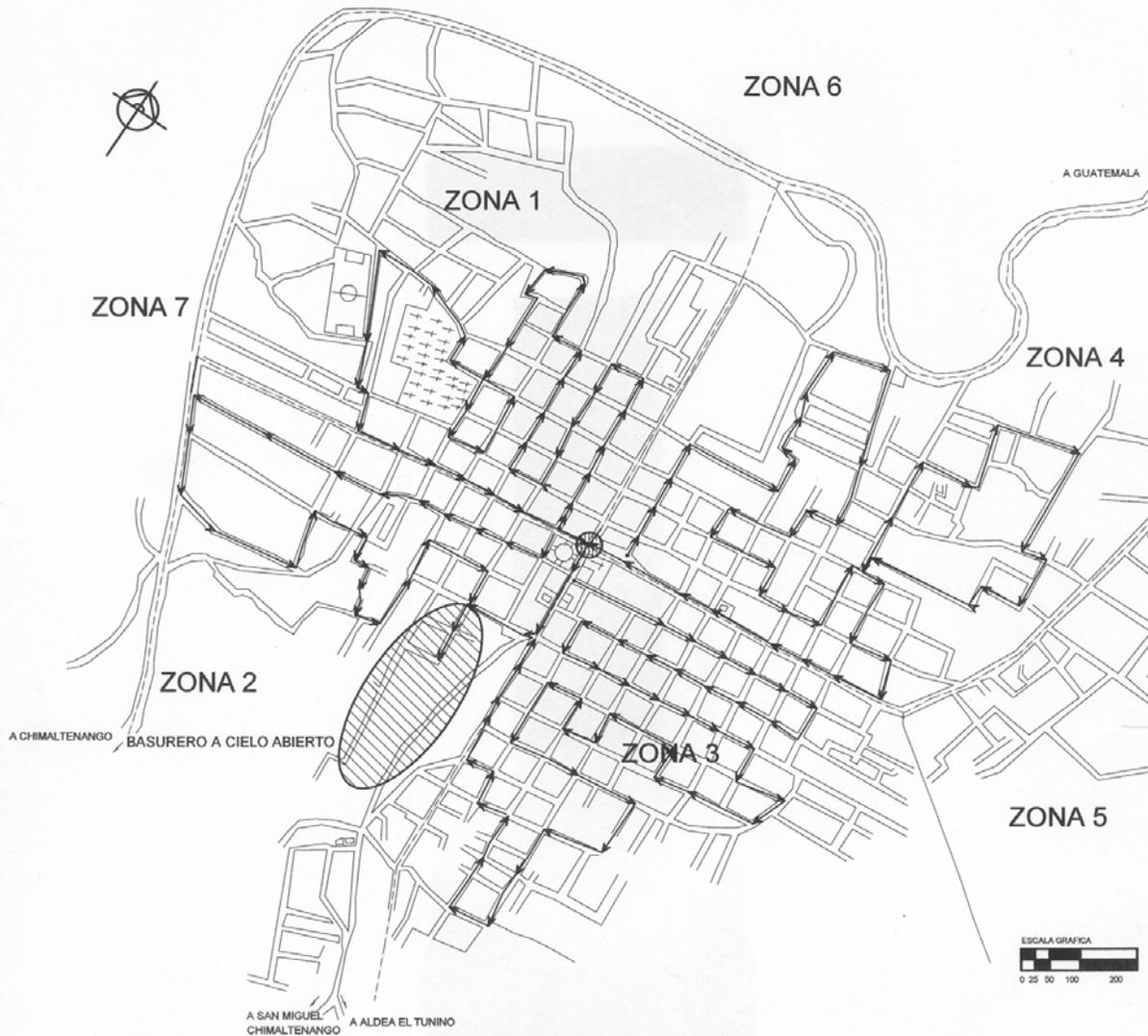
La recolección privada se hace en las viviendas, comercios e industrias, tiene una cobertura aproximada de 15 % de la población. No existen estaciones de transferencia, la recolección se realiza con un vehículo tipo pick-up de 1 tonelada y aproximadamente 4.0 metros cúbicos de capacidad, cuenta con un piloto y 2 ayudantes quienes realizan la recolección de desechos sólidos.

Existe una ruta determinada y se recolecta un día por la mañana y el otro por la tarde, la frecuencia es de 2 veces por semana.

La tarifa aproximada es de Q 20.00 quetzales mensuales por el servicio de recolección de desechos sólidos, y lo pagan aproximadamente 150 casas.

Existen personas que realizan recolección de desechos sólidos de forma manual, en carreta siendo aproximadamente 10 personas.

FIGURA 8



 BOTADERO A CIELO ABIERTO  INICIO DE RUTA CAMIÓN RECOLECTOR DE DESECHOS SÓLIDOS

 RUTA CAMION RECOLECTOR DE DESECHOS SÓLIDOS

RUTA DE RECOLECCIÓN PRIVADA DE DESECHOS SÓLIDOS ESCALA 1:15,000

2.6.3 Equipo de limpieza municipal

La municipalidad cuenta con el siguiente equipo de limpieza:

- un vehículo tipo pick-up, marca Toyota, modelo 1988 de aproximadamente 1.5 metros cúbicos de capacidad.
- 1 carretón metálico de las siguientes dimensiones: 1.17 m x 0.73 m x 0.57 m y 0.50 metros cúbicos de capacidad.(Ver figura 10 Pág. 36)
- 1 carretón metálico de las siguientes dimensiones: 0.70 m x 0.90 m x 0.47 m y 0.30 metros cúbicos de capacidad.(Ver figura 11 Pág. 36)
- Toneles de aproximadamente 0.25 metros cúbicos de capacidad.(Ver figura 12 Pág. 37)
- Escobas, palas carretillas, cepillos (Ver figura 13 Pág. 37)

El personal no cuenta con el equipo de protección necesario para realizar las actividades de recolección como: mascarillas, lentes protectores, uniformes que garanticen la seguridad en la ejecución de sus labores.

Figura 9 Vehículo recolector de desechos sólidos



Fuente: elaboración propia

Figura 10 Carretón metálico para desechos sólidos



Fuente: elaboración propia

Figura 11 Carretón metálico para desechos sólidos



Fuente: elaboración propia

Figura 12 Tonel para recolectar desechos sólidos



Fuente: elaboración propia

Figura 13 Equipo para limpieza



Fuente: elaboración propia

2.6.4 Recurso humano

Para cubrir el aseo de las áreas antes mencionadas la municipalidad únicamente cuenta con una cuadrilla de 6 personas, esto hace que el personal para realizar dichas actividades sea mínimo y no cubra el servicio para toda la población.

2.6.5 Disposición final de desechos sólidos

El sitio utilizado para la disposición final de la basura es un basurero a cielo abierto ubicado dentro del perímetro urbano entre la 5ª y 8ª Calle y 0 Avenida "B" y 3ª. Avenida de la Zona 2. (Ver figura 2, Pág. 10)

La disposición se hace sin ninguna separación, no existe ningún tipo de control sanitario que impida la contaminación del ambiente: el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemados y humos, polvo y olores nauseabundos.

Unido a esto la descarga del drenaje sanitario se encuentra en el mismo sitio, convirtiéndose este en un foco de contaminación altamente peligroso, sin que hasta el momento la municipalidad de una solución para este problema de contaminación ambiental.

Figura 14 Botadero a cielo abierto



Fuente: elaboración propia

Figura15 Botadero a cielo abierto



Fuente: elaboración propia

3. MÉTODOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS

3.1 Definiciones y conceptos

Botadero de basura a cielo abierto ó basurero

El botadero de basura es una de las prácticas de disposición final más antiguas que ha utilizado el hombre para tratar de deshacerse de los residuos que el mismo produce en sus diversas actividades. Se le llama botadero al sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. Este lugar suele funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua, un drenaje natural, etc. Allí no existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente: el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemas y humos, polvo y olores nauseabundos.

Los botaderos de basura a cielo abierto son cuna y hábitat de fauna nociva transmisora de múltiples enfermedades. En ellos se observa la presencia de perros, vacas, cerdos y otros animales que representan un peligro para la salud y la seguridad de los pobladores de la zona, especialmente para las familias de los segregadores que sobreviven en condiciones infrahumanas sobre los montones de basura o en sus alrededores.

La segregación de subproductos de la basura promueve la proliferación de negocios relacionados con la reventa de materiales y el comercio ilegal. Ello ocasiona la depreciación de las áreas y construcciones colindantes: asimismo genera suciedad, incremento de contaminantes atmosféricos y falta de seguridad por el tipo de personas que concurren a estos sitios.

En la actualidad, el hecho de que en el municipio de Sumpango abandonen la basura en un botadero a cielo abierto es considerado como una práctica irresponsable para con las generaciones presentes y futuras, así como opuesta al desarrollo sostenible.

Figura 16

Abandono de la basura en un botadero a cielo abierto



Fuente: elaboración propia

3.2 Método de Incineración

La incineración de los residuos sólidos municipales permite la reducción de su volumen al dejar un material inerte (escorias y cenizas) cercano al 10% del inicial. Tal reducción es obtenida con hornos especiales en los que se puede garantizar suficiente aire de combustión, turbulencia, tiempos de retención y temperaturas adecuadas. Una combustión incompleta, como es el caso de las quemadas a cielo abierto, generan humos, cenizas y olores indeseables.

Esta técnica se puede aplicar con el único objetivo de reducir los volúmenes generados o puede utilizarse para la generación de energía, a partir del poder calorífico de los residuos incinerados. Los costos relacionados con la aplicación de esta técnica serán, entre otros factores determinantes en el momento de definir su aplicación o no.

3.2.1 Ventajas

- No requiere mucha área para efectuar las descargas de los desechos
- Dado que es un método de alta tecnología, sus instalaciones podrían situarse, inclusive dentro del perímetro urbano, sin ocasionar grandes molestias.
- Las cenizas u otros residuos están prácticamente libres de materia orgánica, no ofensivos y aceptables como material de relleno.
- No influyen en la operación ni el clima, ni las condiciones meteorológicas.
- Hay flexibilidad en el funcionamiento, ya que los incineradores pueden funcionar con un horario determinado o bien durante las 24 horas del día.

3.2.2 Desventajas

- Se requiere un elevado capital inicial
- Implica altos costos operativos, la mayoría de las veces fuera del alcance de nuestras poblaciones.
- Se necesitan técnicos bien calificados, que son escasos en nuestro medio
- Su operación y mantenimiento son complejos y presentan muchos problemas.
- No es flexible cuando se quieren incinerar grandes cantidades adicionales
- Se requiere combustible auxiliar a causa del contenido de humedad, lo que se traduce en un bajo poder calorífico para los desechos sólidos.

3.3 Método del compost

El compostaje es un proceso mediante el cual el contenido orgánico de la basura se reduce por la acción bacteriológica de microorganismos contenidos en los mismos residuos orgánicos, de lo que resulta un producto denominado compost. El compost es un material similar al humus (tierra); mejora los suelos pero no es un fertilizante y puede tener un valor comercial. Sin embargo, Este valor suele ser menor que el costo de producción, por lo que el sistema debe ser subsidiado por el municipio.

El método de compostaje puede ser beneficioso, ya que mediante este proceso es posible recuperar el gran porcentaje de materia orgánica que contiene los desechos sólidos y, dado que exige la separación del resto de residuos sólidos, se convierte en buena oportunidad para iniciar el reciclaje de otros materiales. Pero antes de decidir la construcción de una planta de compostaje, se debe estudiar cuidadosamente si el producto cuenta con un

mercado potencial, ya que muchas plantas han fracasado por no poder comercializar el producto.

El compostaje en nuestro medio ha tenido poco éxito porque:

- Requiere separación previa de los residuos sólidos, lo que aumenta los costos. A no ser que se recolecten selectivamente aquellos con alto contenido de materia orgánica, como por ejemplo, residuos de restaurantes, mercados etc.
- El tratamiento de grandes cantidades adicionales es poco flexible.
- El mercado del compost es inestable
- La inversión de capital es elevada
- Los costos de operación y mantenimiento de la planta de compostaje son altos.
- Se requiere técnicos calificados para manejar la planta
- Los costos de transporte hacia las zonas rurales son altos.

Sin embargo, en el caso de municipios pequeños, es recomendable apilar manualmente los desechos sólidos que provienen de los mercados, pues su composición es en gran medida orgánica, aunque debe tenerse cuidado con los costos de distribución y comercialización del producto, ya que se pueden incrementar los costos totales de producción.

3.4 Método del reciclaje

El reciclaje es un proceso mediante el cual los residuos se incorporan al proceso industrial como materia prima para su transformación en un nuevo producto de composición semejante (vidrios rotos, papel y cartón, metales y plásticos, etc.)

El reciclaje supone cambiar tanto la forma como la función del producto original. Por ejemplo, las llantas usadas se cortan para hacer suelas de zapatos. Los textiles se transforman en trapos para desempolvar, en rellenos de almohadas o en retazos para cobijas y alfombras.

Las ventajas ambientales que ofrece el reciclaje son indiscutibles. Sin embargo, para su ejecución siempre debe tenerse en cuenta la poca calidad de los residuos de nuestra región y que los beneficios económicos que permiten realizarlo de manera sostenible están sujetos a la demanda del mercado. La tendencia mundial es incrementar al máximo el reciclaje de la basura.

La desventaja principal de este método es que necesita una infraestructura adecuada para el proceso, y requiere por lo tanto, de una inversión inicial muy alta para una población.

3.5 Método de relleno sanitario

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública: tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo mas estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

Hace poco menos de un siglo, en Estados Unidos, surgió el relleno sanitario como resultado de las experiencias, de compactación y cobertura de los residuos con equipo pesado: desde entonces, se emplea este término para aludir al sitio en el cual los residuos son primero depositados y luego cubiertos al final de cada día de operación.

En la actualidad, el relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control.

3.5.1 Tipos de relleno sanitario:

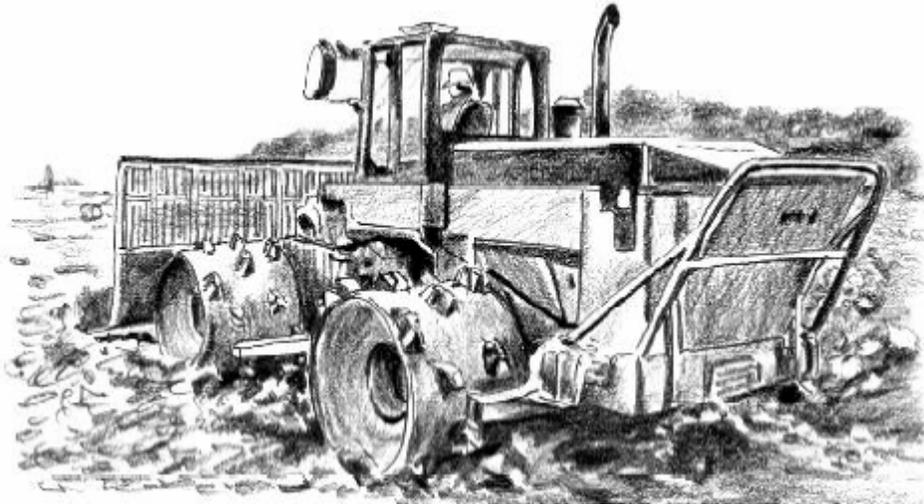
En relación con la disposición final de desechos sólidos, se podría proponer tres tipos de relleno sanitario, a saber:

3.5.2 Relleno sanitario mecanizado

El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va mas allá de operar con equipo pesado. Esto ultimo esta relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento.

Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere el uso de un compactador de residuos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra; tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volquete, etc.

Figura 17
Relleno sanitario operado con equipo pesado



3.5.3 Relleno sanitario semi-mecanizado

Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de desechos sólidos en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que podríamos llamar semi-mecanizado.

Con base en experiencias previas, se puede afirmar que es necesario el empleo de equipos de movimiento de tierras (tractores de orugas o retroexcavadoras en forma permanente cuando el relleno sanitario se lleva más de 40 t/día de desechos sólidos.

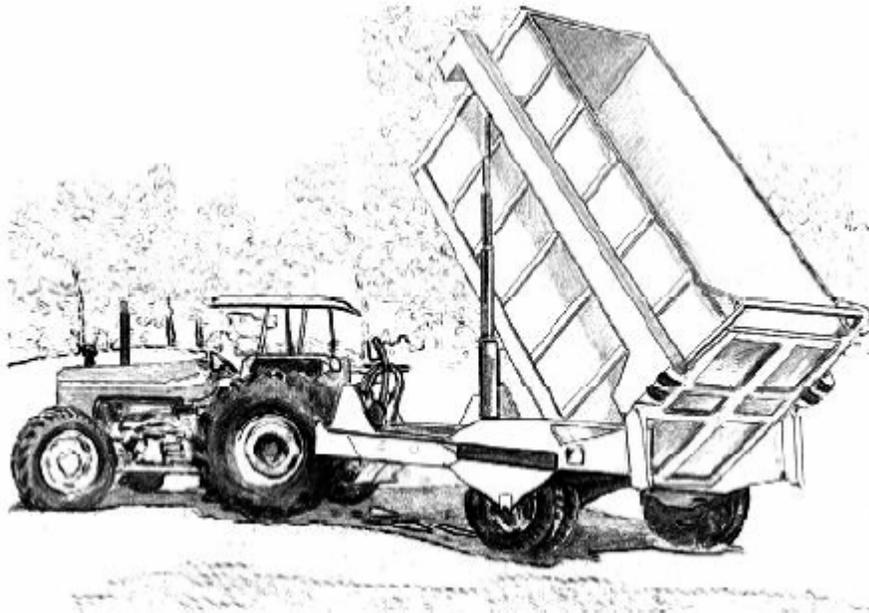
Figura 18

Tractor agrícola adaptado para las operaciones del relleno sanitario



Figura 19

Remolque enganchado a un tractor agrícola para la recolección de basura



3.5.4 Relleno sanitario manual

Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen menos de 15 t/día, además de sus condiciones económicas no están en capacidad de adquirir equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento.

El término manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutada con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas.

3.6 Métodos de construcción de relleno sanitario

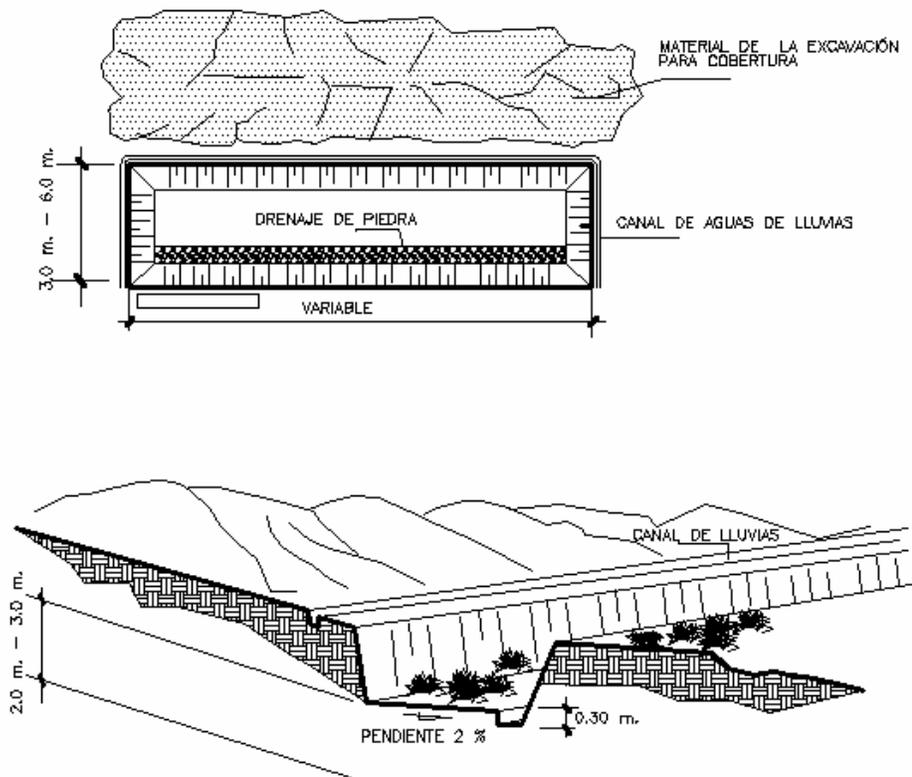
El método constructivo y la subsiguiente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario.

3.6.1 Método de trinchera o zanja

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad y un ancho aproximado de tres a seis metros, con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta 7 metros de profundidad. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada.

Figura 20

Método de trinchera para construir un relleno sanitario



Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvia dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximos a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

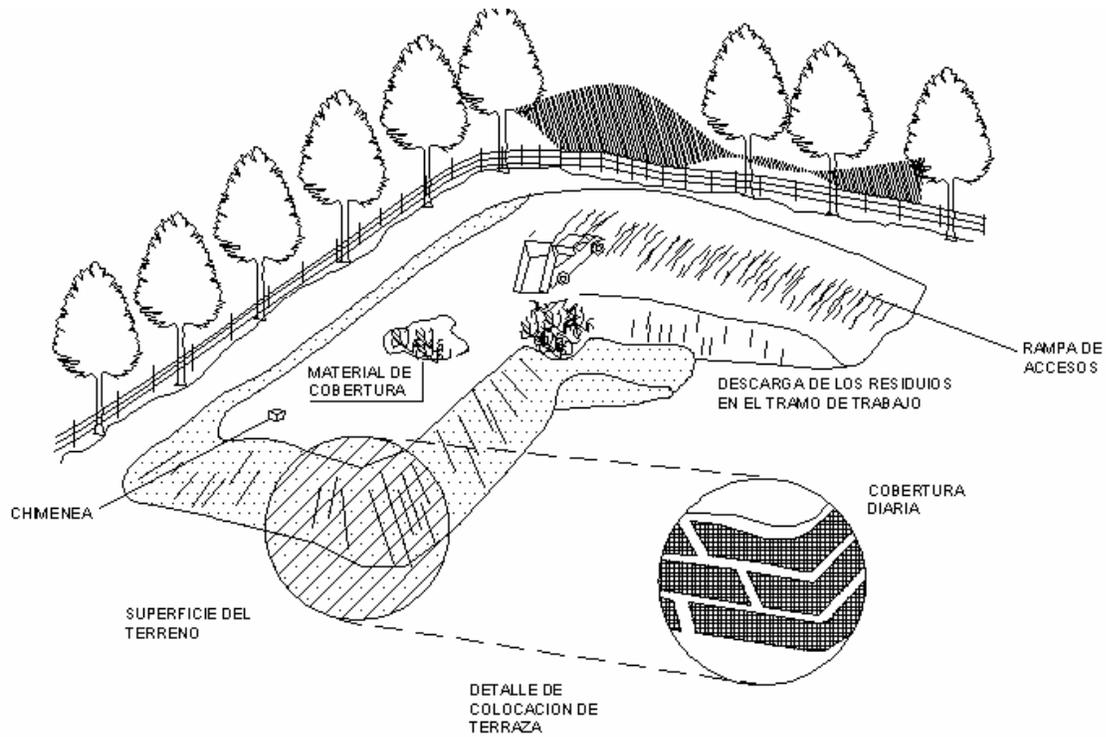
3.6.2 Método de área

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, ésta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno.

Sirve también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno o en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno: es decir, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continúa la operación y avanzando sobre el terreno conservando una pendiente suave de 18.4° a 26.5° en el talud es decir, la relación vertical/ horizontal de 1:3 a 1: 2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3.5 %

Figura 21
Método de área para construir un relleno sanitario



3.6.3 Combinación de ambos métodos

Dado que estos dos métodos de construcción de rellenos sanitarios tienen técnicas similares de operación, es posible combinar ambos para aprovechar mejor el terreno y el material de cobertura, así como para obtener mejores resultados.

Figura 22 Método de área para rellenar depresiones

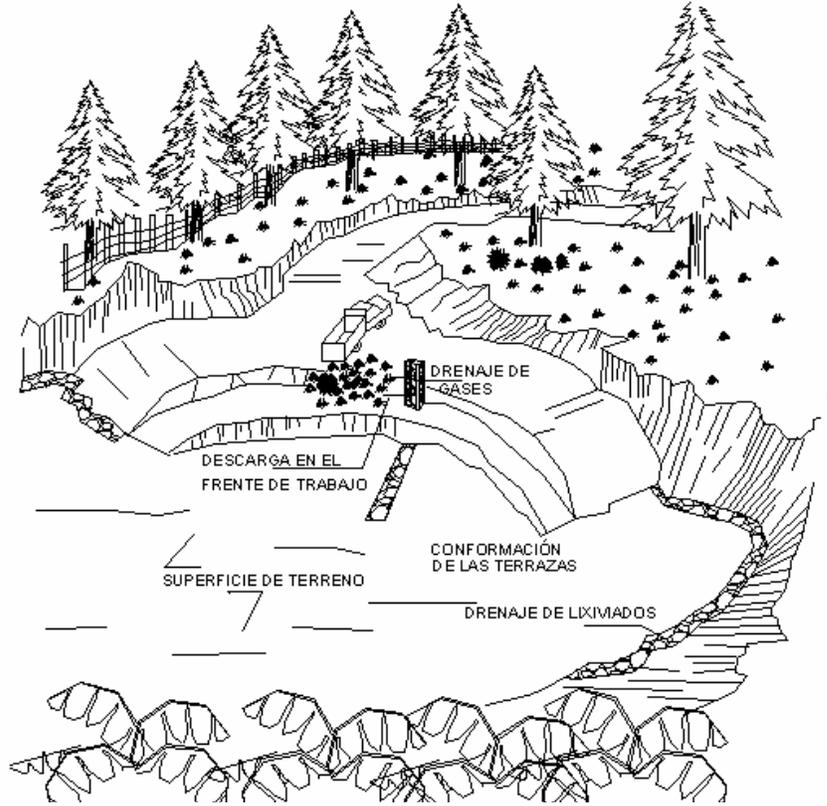
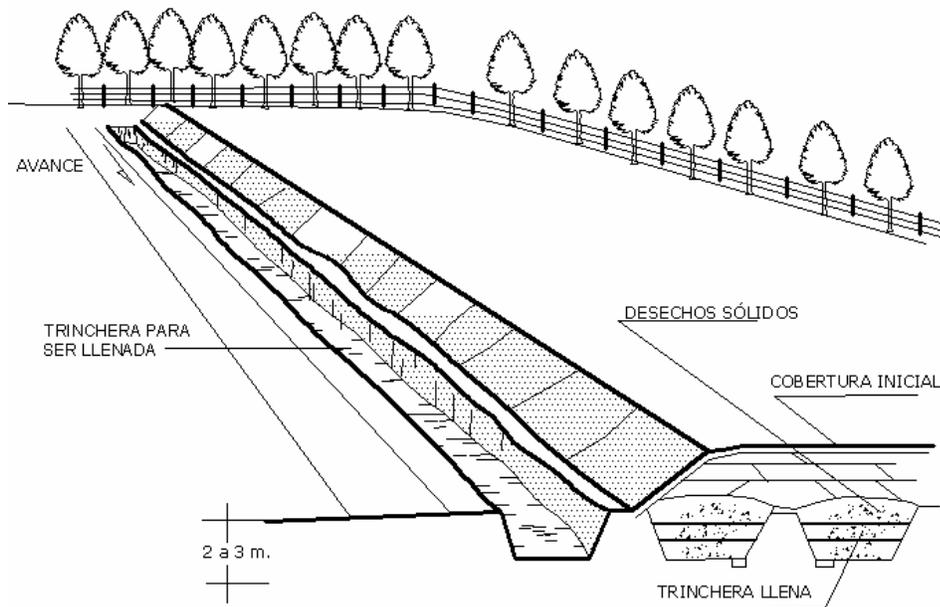


Figura 23 Combinación de ambos métodos para relleno sanitario



3.6.4 Principios básicos de un relleno sanitario

Se considera oportuno resaltar las siguientes prácticas básicas para la construcción, operación y mantenimiento de un relleno sanitario:

Supervisión constante durante la construcción con la finalidad de mantener un alto nivel de calidad en la construcción de la infraestructura del relleno y en las operaciones de rutina diaria, todo esto mientras se descarga, recubre la basura y compacta la celda para conservar el relleno en optimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.

Desviación de las aguas de escorrentía para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario.

Considerar la altura de la celda diaria para disminuir los problemas de hundimiento y lograr mayor estabilidad.

El cubrimiento diario con una capa de 0.10 a 0.20 metros de tierra o material similar.

La compactación de los desechos sólidos con capas de 0.20 a 0.30 metros de espesor y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, pues con el se puede alcanzar, a largo plazo, una mayor densidad y vida útil del sitio.

Lograr una mayor densidad (peso específico), pues resulta mucho más conveniente desde el punto de vista económico y ambiental.

Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.

El cubrimiento final de unos 0.40 a 0.60 metros de espesor se efectúa con la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que pueda generar y sostener la vegetación a fin de lograr una mejor integración con el paisaje natural.

12 Importancia de la cobertura:

El cubrimiento diario de los residuos y la cobertura final del relleno sanitario con tierra es de vital importancia para el éxito de esta obra. Ello debe cumplir las siguientes funciones:

- Minimizar la presencia y proliferación de moscas y aves
- Impedir la entrada y proliferación de roedores
- Evitar incendios y presencia de humos
- Reducir los malos olores
- Disminuir la entrada de agua de lluvia a la basura
- Orientar los gases hacia los drenajes para evacuarlos del relleno sanitario.
- Darle al relleno sanitario una apariencia estética aceptable.
- Servir como base para las vías de acceso internas
- Permitir el crecimiento de vegetación

3.6.5 Componentes de un relleno sanitario

Infraestructura Periférica

Vía de acceso

El relleno sanitario manual debe estar cerca de una vía pública principal y de uso permanente. Es necesario reiterar que el tiempo empleado en el acarreo de basura, desde el área poblada hasta el sitio del relleno sanitario y viceversa, es más importante que la distancia.

El camino de acceso interno también debe reunir las condiciones mínimas que garanticen el ingreso fácil y seguro al vehículo o vehículos de recolección de residuos en todas las épocas del año.

Drenaje perimetral de aguas de lluvias

Las fuentes o pequeñas venas de agua existentes en el área del relleno deben ser desviadas y canalizadas antes del inicio de la operación. Además de interferir negativamente en la operación, su paso por la masa de residuos contribuirá al aumento del volumen del líquido percolado.

La intercepción y el desvío del escurrimiento superficial de las aguas pluviales fuera del relleno contribuyen significativamente a la reducción del volumen de lixiviado y el mejoramiento de las condiciones de operación. El canal siempre deberá ser construido en la curva de nivel que garantice una velocidad máxima que no provoque una excesiva erosión.

Infraestructura del relleno

Drenaje y manejo del lixiviado

Es de vital importancia construir un sistema de drenaje que servirá de base al relleno sanitario antes de depositar la basura, este sistema deberá retener el lixiviado en el interior del relleno para su almacenamiento indefinido. Con ello se logra disminuir en buena parte su salida y evitar su tratamiento, lo que por su elevado costo es sumamente complejo y poco factible en los municipios pequeños.

Drenaje de gases

El drenaje de gases esta construido por un sistema de ventilación de piedra o tubería perforada de concreto (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 a la superficie, a fin de lograr una mejor eficiencia en el drenaje de líquidos y gases.

Suelo de soporte

Debe ser lo suficientemente impermeable para evitar que los lixiviados se infiltren hacia los cursos de aguas subterráneas, y así facilitar su captación. Como medida de protección ambiental es recomendable impermeabilizar el suelo de fondo con material arcilloso técnicamente compactado y/o utilizar geomembranas apropiadas para estos fines.

Material de cobertura

Sirve para tapar los desechos sólidos, con el objeto de neutralizar los malos olores y eliminar la presencia de vectores como moscas y roedores.

Sistema de almacenamiento de lixiviados

Todos los líquidos, captados por los drenajes de lixiviados, son descargados en un tanque de almacenamiento, para posteriormente ser tratados o recirculados hacia la parte alta del relleno.

Construcciones auxiliares

Cerco perimetral

Se debe encerrar el terreno con un cerco de de 1.5 metros de altura, hecho con alambre de púas (galvanizado, calibre 12) y que tenga un portón de entrada para impedir el libre paso al interior del relleno.

Este cerco perimetral mejora la apariencia estética del relleno y sirve para retener papeles y plásticos arrastrados por el viento. Por razones obvias se sugiere la siembra de árboles de rápido crecimiento (pino, eucalipto, laurel, bambú, etc.)

Guardianía y administración

La construcción de una caseta con una área aproximada de 12 a 15 metros cuadrados es importante para ser usada como control de ingreso o lugar para guardar pequeñas herramientas de trabajo, (rodillo, carretas, palas, piochas, etc.) como un espacio donde los obreros se puedan asear, cambiar y guardar ropa, como cocina donde calentar alimentos o como refugio en caso de lluvias.

Debe contar con instalaciones que aseguren la comodidad y el bienestar de los trabajadores.

Área de terreno

El área de terreno debe ser lo suficientemente grande, que sirve para garantizar una vida útil del relleno, de 10 a 20 años, por lo menos.

4. PROPUESTA DE SOLUCION PARA LA DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN SUMPANGO

4.1 Sistema de relleno sanitario manual para la ciudad de Sumpango

Esta etapa de análisis es muy importante por cuanto nos brinda la posibilidad de reducir los espacios destinados a la disposición final de los residuos sólidos, a la vez que permitirá obtener el mayor aprovechamiento posible de los residuos sólidos que se generan en el municipio, con los consiguientes beneficios ambientales, económicos, de salud, etc.

Las posibilidades de reducción de volumen de los desechos sólidos están centradas en la realización de monitoreos sobre la cantidad y tipo de desechos, que se generan y considerar para cada caso la aplicabilidad de todos los sistemas posibles, lo cual en consecuencia, determina cuales serian los aconsejables de ser gestionados y cuales cantidades finales de residuos con que se dispone.

Los métodos de disminución de volúmenes de residuos sólidos en la región son variados y pueden ser analizados independientemente o en forma conjunta; de esto resulta la posible aplicación de uno o más de ellos en forma simultanea.

Previo a describir el método adoptado, es necesario indicar que se requiere de la competencia de todos los sectores involucrados en la producción de basura, desde el lugar mismo donde se originan, hasta llegar al lugar de disposición final.

El incremento en la generación de basura, sin una adecuada planeación, organización y operación del servicio, y la existencia de botaderos a cielo abierto, representan un grave riesgo para la salud de la población y calidad de vida, así como una amenaza para los ecosistemas, considerando la topografía del predio, y los demás aspectos recopilados en la investigación de campo, se propone el método de disposición final de relleno sanitario manual por el método de área.

De acuerdo a las condiciones del municipio, como, las geográficas, la producción de desechos sólidos, económicas, etc, para poder darle una implementación adecuada al método es, necesario delimitar lo siguiente:

1. Determinación del lugar para el relleno sanitario
2. Infraestructura necesaria
3. Maquinaria y equipo
4. Personal necesario para operar el sistema

4.1.1 Selección del sitio

Para la selección del sitio se tomaron dos predios, uno ubicado dentro del perímetro urbano entre la 5ª y 8ª Calle y 0 Avenida “B” y 3ª. Avenida de la zona 2 que es propiedad municipal y el otro ubicado en el final de la zona 1, propiedad privada (ver figura 2, Pág. 10).

Para determinar la ubicación del relleno se tomaron en cuenta varios aspectos como: distancia del lugar al centro de la población, vías de acceso, vida útil del predio, reutilización del predio como futura área verde o parque, condiciones hidrogeológicas.

Después de evaluar los aspectos antes mencionados se tomó la decisión conjuntamente con el señor alcalde municipal de utilizar el primer predio ya que su ubicación dentro del perímetro urbano es muy importante porque resulta más económico para la recolección de los desechos sólidos por la cercanía del lugar, además de ser propiedad municipal.

A continuación, se hará una breve descripción de los principales parámetros considerados para el análisis y evaluación del predio para el relleno sanitario.

4.1.2 Tipo de suelo

Un relleno sanitario debe estar localizado de preferencia sobre un terreno cuya base sean suelos areno-limo-arcillosos (arena gruesa gredosa, greda franco- arcillosa); también son adecuados los limo-arcillosos (franco-limoso pesado, franco-limo-arcilloso, arcillo-limoso liviano) y los arcillo-limosos (arcilloso-limoso pesado y arcilloso) es mejor evitar los terrenos areno-limosos (franco arenosos) porque son muy permeables

Según perfil estratigráfico⁹ del pozo mecánico denominado “**La Morera**” ubicado en la zona 2 del casco urbano del municipio, nos da los siguientes datos sobre el tipo de suelo:

Arena fina y pómez de 0-80 pies (0.00 m. – 24.38 m.)

Arena fina y cuarzo de 80 – 160 pies (24.38m – 48.76 m.)

Formación pirolastica, de grava

y pómez de 160 – 240 pies (48.76 m. – 73.15 m.)

Arena fina y arcilla 240 – 1000 pies (73.15 m. – 304.80 m)

Debido al tipo de suelo predominante de arena fina y pómez se recomienda impermeabilizar el fondo con una capa de arcilla técnicamente compactada y/o utilizar geomembranas apropiadas para estos fines.

⁹ Caudales S.A. servicio, limpieza y mantenimiento de pozos mecánicos. Calzada Roosevelt 40-03 zona 11 Guatemala C.A.

4.1.3 Profundidad del nivel freático:

Según el perfil estratigráfico correspondiente al pozo mecánico “La Morera” el nivel freático en esta zona se encuentra a 840 pies (256.03 metros)

4.1.4 Disponibilidad de material de cobertura

Las hondonadas o los terrenos cuya topografía es irregular, como es el caso del predio propuesto para el relleno sanitario manual, pueden brindar buenas posibilidades de material de cobertura, al nivelar el terreno y hacer los cortes en las laderas de las depresiones.

4.1.5 Prueba de percolación¹⁰

Es necesario hacer exploraciones subterráneas en el predio destinado para el relleno sanitario. Los registros de pozos podrán utilizarse también para obtener información acerca del nivel freático y de las condiciones del subsuelo.

¹⁰ Tomado y adaptado de Empresas Publicas de Medellín “ sistemas elementales para el manejo de aguas residuales, sector rural y semirural” Revista, vol. 10 , No. 2, abril –junio de 1988

Procedimiento de la prueba

Mientras más poroso sea el suelo, mayor será el riesgo de infiltración del lixiviado y la posible contaminación del agua subterránea. Los terrenos formados por poros grandes no son efectivos para retener las partículas pequeñas y los formados por poros muy pequeños prácticamente son impermeables. A fin de determinar el área necesaria para los sistemas de tratamiento, se hizo el siguiente ensayo (ver figura 24,25 Pág. 69)

- Se excavó un agujero de 30 cm x 30 cm y de 60 cm de profundidad en el fondo del predio que se utilizará para el relleno sanitario.
- Se llenó de agua hasta saturarlo por espacio de una hora
- Se dejó drenar el agua completamente y de inmediato se volvió a llenar el agujero con agua limpia hasta una altura de 15 cm (6 pulgadas). Se anotó el tiempo que el nivel de agua tarda en bajar los primeros 2.5 cm. (1 pulgada), para lo cual se dispuso de una regla graduada, para tomar un promedio del tiempo que demora en bajar 15 cm.
Por ejemplo, si durante 30 minutos el nivel de agua desciende 2 cm., la tasa de percolación será de $30 \text{ min}/2 \text{ cm} = 15 \text{ min/cm} = 37.5 \text{ min}/2.5 \text{ cm}$.

Esta tasa de percolación se expresa frecuentemente en min/2.5 cm porque es equivalente a min/pulgada y muchas tablas y normas de diseño vienen expresadas en min/pulgada. Queda claro, entonces, que una tasa de percolación en min/2.5 cm es equivalente a una en min/pulgada (tabla VIII Pág. 70)

Figura 24 Excavación de agujero



Fuente: elaboración propia

Figura 25 Medición con regla graduada



Fuente: elaboración propia

Las tasas de filtración encontradas serán utilizadas para conocer las posibilidades del terreno, a partir del ensayo de percolación, con miras a disponer los residuos sólidos y continuar con el diseño del relleno sanitario.

Después de realizar la prueba nos dio el siguiente resultado:

En un intervalo de tiempo de 145 min. el nivel del agua descendió 15 cm.

Por lo que la tasa de percolación será de $145 \text{ min.}/15\text{cm.} = 9.06 \text{ min./cm} = 24.16 \text{ min.}/2.5 \text{ cm}$, basándonos en la tabla VIII nos dice que el terreno es de absorción lenta, con un tipo de suelo franco-arcilloso, y que no es apropiado para la disposición de residuos sólidos en un relleno sanitario, por lo que se recomienda usar un tratamiento de geomembranas ó polietileno de alta densidad para evitar la contaminación del agua subterránea.

Tabla VIII Porosidades del terreno según las tasas de filtración

Tasa de filtración (tiempo requerido para que el agua baje 2.5 cm en un minuto)	Porosidad del terreno Absorción del terreno	Tipo de suelo
1 ó menos 2 3	Absorción rápida	Arena gruesa o grava
4 5	Absorción media	Arena fina franco-arenosa
10 15 30 ^a	Absorción lenta	Franco-arcilloso
45 50 60 ^b	Terreno semipermeable Terreno impermeable	 Arcilla compacta

Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, OPS/CEPIS/02.93

^a Si sobrepasa los 30 min/2.5 cm. el terreno es inapropiado para pozos de absorción

^b Si la tasa de filtración es mayor de 60 min/2.5 cm., el terreno es inapropiado para tratamientos que utilicen el suelo como medio de absorción. Terreno apropiado para la disposición de residuos sólidos en un relleno sanitario.

4.1.6 Condiciones climatológicas¹¹

La precipitación pluvial, la evaporación, la temperatura y la dirección del viento son los principales datos climatológicos que se recopilaron para establecer las especificaciones de diseño de la infraestructura del relleno sanitario y tener un mejor conocimiento de las condiciones a las que estará sometida la obra en general

4.1.7 Precipitación pluvial

La región es fría, bastante lluviosa y se evapora el 75% de la cantidad de lluvia que cae, por lo cual se mantiene una humedad relativamente alta, la precipitación anual es de 1,057 Mm. a 1,588 Mm.

4.1.8 Evapotranspiración

La evapotranspiración es del 75%

4.1.9 Temperatura

La temperatura es de 15° a 23° C

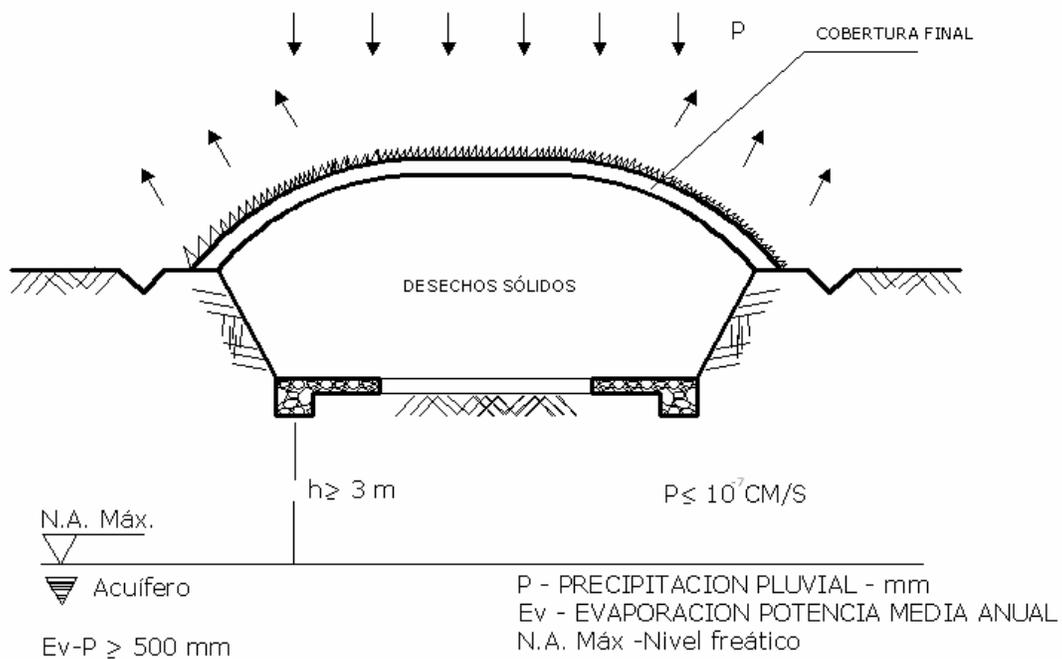
¹¹ Instituto de Sismología , Vulcanología, Metereología e Hidrologia (Insivumeh)

4.1.10 Tipo y dirección de vientos

La dirección de los vientos es noreste-suroeste y el tipo de viento es fuerte.

La siguiente figura nos presenta lo que serían las condiciones hidrogeológicas ideales para un relleno sanitario manual

Figura No. 26
Condiciones climatológicas e hidrológicas favorables



Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales OPS/CEPIS/02.93

5. DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL

5.1 Cálculo del volumen necesario para el relleno sanitario

Los requerimientos de espacio del relleno sanitario están en función de:

- La producción total de desechos sólidos
- La cobertura de recolección (la condición crítica de diseño es recibir el 100% de los residuos generados).
- La densidad de los desechos sólidos estabilizados en el relleno sanitario manual.
- La cantidad de material de cobertura (20 – 25 %) del volumen compactado de desechos sólidos

5.1.1 Volumen de residuos sólidos

Con los dos primeros parámetros, se tiene el volumen diario y anual de desechos sólidos compactados y estabilizados que se requiere disponer, para este caso utilizaremos la producción del 15% de la población, con lo cual se tendrá una vida útil de 10 años del relleno sanitario (ver tabla IX pag.78, columnas 6, 8,10), respectivamente es decir:

$$V_{\text{diario}} = \frac{D_{\text{sp}}}{D_{\text{sr}}} = \frac{2734.80}{500\text{kg/m}^3} = 5.46\text{m}^3/\text{dia}$$

$$V_{\text{anual compactado}} = V_{\text{diario}} \times 365$$

$$= 5.46 \text{ m}^3/\text{dia} \times 365 = 1996.40 \text{ m}^3/\text{año}$$

Donde:

$$V_{\text{diario}} = \text{Volumen de desechos sólidos por disponer en un día (m}^3/\text{dia)}$$

V anual = Volumen de desechos sólidos en un año (m³/año)

Dsp = Cantidad de desechos sólidos producidos (kg/día)

365 = Equivalente en un año (días)

D_{sr}m = Densidad de los desechos sólidos recién compactados (500 kg/m³) y del relleno estabilizado (600 kg/m³)

Volumen de residuos anual estabilizado (ver tabla IX pag. 78, columna 10), con una densidad estimada de 600 kg/m³ para el cálculo del volumen del relleno sanitario

$$V_{\text{diario}} = \frac{D_{\text{sp}}}{D_{\text{sr}}m} = \frac{2734.80\text{Kg/día}}{600\text{kg/m}^3} = 28.69\text{m}^3/\text{día}$$

V anual estabilizado = V diario x 365

$$= 4.55\text{m}^3/\text{día} \times 365 = 1,663.67\text{m}^3/\text{año}$$

5.1.2 Volumen de material de cobertura

m. c. = V anual compactado x (0.20)

$$m.c. = 1,996.40\text{m}^3/\text{año} \times 0.20 = 399.28\text{m}^3/\text{año}$$

donde:

m.c. = material de cobertura equivale al 20 a 25% del volumen de los desechos recién compactados.

5.1.3 Volumen del relleno sanitario

Con los resultados obtenidos de las formulas se puede calcular el volumen del relleno sanitario para el primer año, así:

$$Vrs = V \text{ anual estabilizado} + m.c.$$

$$Vrs = 1,663.67 \text{ m}^3 + 399.28 \text{ m}^3 = 2,062.95 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

Vrs = Volumen del relleno sanitario (m³/año)

m.c.= material de cobertura (20 a 25% del volumen recién compactado de residuos sólidos)

Los datos obtenidos se colocan en la columna 11 de la tabla IX pág. 78, es de notar que la columna 11 presenta el volumen del relleno acumulado anualmente, lo que permite identificar la vida útil del relleno al compararla con la capacidad volumétrica del sitio.

Para conocer el volumen total ocupado durante la vida útil, se tiene la siguiente formula:

$$Vrsvu = \sum_{i=1}^{10} 2,062.95$$

Donde:

Vrsvu= Volumen en relleno sanitario durante la vida útil (m³)

n = Numero de años

Que serian los datos que aparecen en la tabla IX pág.78 columna 12: es decir los valores acumulados anualmente.

5.2 Cálculo del área requerida

Con el volumen se puede estimar el área requerida para la construcción del relleno sanitario, con la profundidad o altura que tendría el relleno.

El relleno sanitario manual debe proyectarse para un mínimo de cinco años y un máximo de diez. Este tiempo se llama vida útil o periodo de diseño.

El área requerida para la construcción de un relleno sanitario manual depende principalmente de factores como:

- Cantidad de desechos sólidos que se deberá disponer :
- Cantidad de material de cobertura:
- Densidad de compactación de los desechos sólidos
- Profundidad o altura del relleno sanitario
- Áreas adicionales para obras complementarias

A partir de la ecuación podremos estimar las necesidades de área así (tabla IX pag.78 columna 13)

$$Ars = \frac{Vrs}{Hrs} = \frac{2.063.00}{16} = 128.93m^2(.012ha)$$

Donde:

Vrs = volumen de relleno sanitario (m³/año)

Ars = Área por rellenar (m²)

Hrs = altura o profundidad media del relleno sanitario

Y el área total requerida (tabla IX pag. 78, columna 14) será:

$$At = F \times Ars = 1.30 \times 128.93 \text{ m}^2 = 167.61 \text{ m}^2 (0.016 \text{ ha})$$

Donde:

At = Área total requerida (m^2)

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de Ingreso, áreas de retiro a linderos, caseta para guardianía e Instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este es entre 20-40 % Del área que se deberá rellenar

En la tabla IX Pág. 78 se incorporan los parámetros mencionados para el cálculo del volumen del relleno sanitario. Se estimará el área para cada sitio alternativo cuando se conozca la profundidad promedio del relleno

Tabla IX
Volumen y Área requerida para el relleno sanitario

Año	Población (15% Habi- tantes)	ppc kg/hab/ día	Cantidad de Residuos Sólidos			Volumen (m ³)							Área Requerida (m ²)	
			Diaria (kg/día)	Anual t/año	Acumu- lado (t)	Residuos Sólidos Compactados		Material de Cobertura (m ³)	Residuos Sólidos	Relleno Sanitario		Relleno Ar Hprom 16.00_m	Total At	
						6	7			11	12			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
2005	3,180	0.86	2734.80	998.20	998.20	5.47	1996.40	1.09	399.28	1663.67	2062.95	2062.95	128.93	167.61
2006	3272	0.87	2842.25	1037.42	2035.62	5.68	2074.84	1.14	414.97	1729.04	2144.00	4206.95	262.93	341.82
2007	3367	0.88	2953.92	1078.18	3113.80	5.91	2156.36	1.18	431.27	1796.97	2228.24	6435.20	402.2	522.86
2008	3465	0.89	3069.98	1120.54	4234.35	6.14	2241.09	1.23	448.22	1867.57	2315.79	8750.99	546.94	711.02
2009	3565	0.89	3190.60	1164.57	5398.92	6.38	2329.14	1.28	465.83	1940.95	2406.78	11157.76	697.36	906.57
2010	3669	0.90	3315.96	1210.33	6609.24	6.63	2420.65	1.33	484.13	2017.21	2501.34	13659.10	853.69	1109.80
2011	3775	0.91	3446.24	1257.88	7867.12	6.89	2515.76	1.38	503.15	2096.47	2599.62	16258.72	1016.17	1321.02
2012	3884	0.92	3581.65	1307.30	9174.42	7.16	2614.60	1.43	522.92	2178.84	2701.76	18960.48	1185.03	1540.54
2013	3997	0.93	3722.37	1358.67	10533.09	7.44	2717.33	1.49	543.47	2264.44	2807.91	21768.38	1360.52	1768.68
2014	4113	0.94	3868.62	1412.05	11945.14	7.74	2824.09	1.55	564.82	2353.41	2918.23	24686.61	1542.91	2005.79

(3) = (1) x (2) Población x ppc

(6) = [(3) x 7/6] / Dc Los residuos sólidos producidos en una semana son llevados al relleno durante los días de recolección

(8) = (6) x 0.2 Material de cobertura = 20 % del volumen de residuos compactados

(11) = (9) + (10) El volumen del relleno sanitario Vrs = material de cobertura + volumen de residuos estabilizados.

(13) = (12) / H Área por rellenar Ar = volumen acumulado del relleno / H

(14) = (13) x F Area total At = area por rellenar x F

F = Factor para estimar el área adicional (30 %)

RELLENO SANITARIO

MANUAL

DENSIDAD DE LA BASURA
(kg/m³)

Ds = Suelta 200

Dc = Compactada 500

De = Estabilizada 600

5.3 Diseño de taludes

5.3.1 Obras de tierra

Los rellenos sanitarios para desechos sólidos son obras de ingeniería construidas en el suelo y muchas de sus estructuras o partes son ejecutadas con tierra.

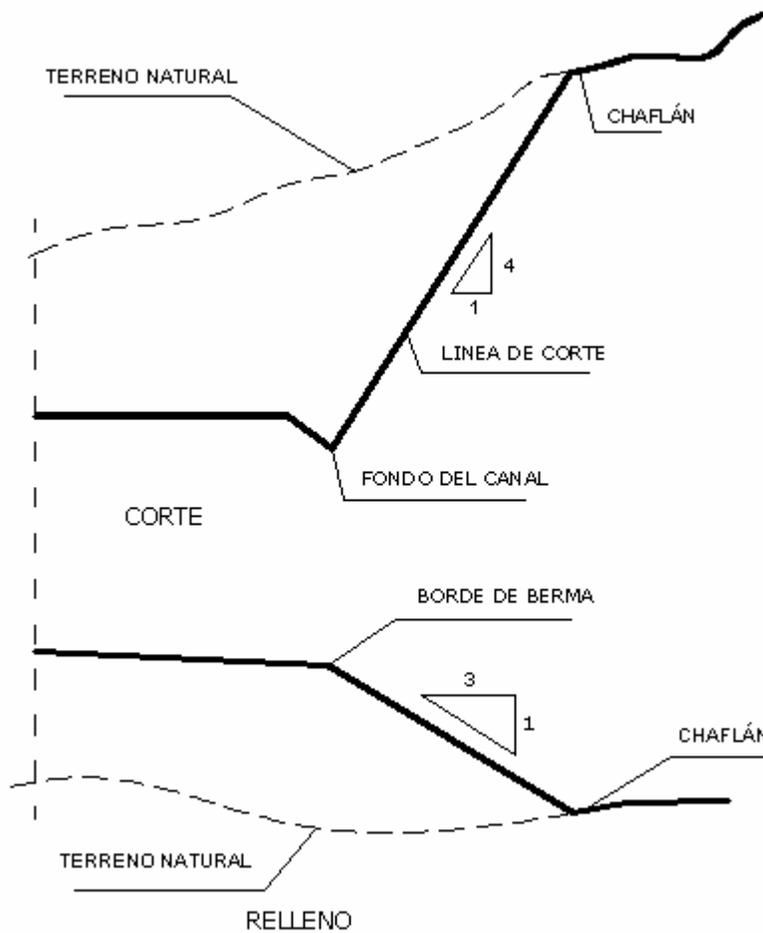
En las etapas de construcción y operación, uno de los principales aspectos que se debe tener en cuenta para los rellenos sanitarios manuales es la estabilidad de los taludes de tierra y de los terraplenes de basura.

5.3.2 Definición de talud

Se denomina talud a la superficie que delimita la explanación lateralmente. En cortes, el talud está comprendido entre el punto de chaflán y el fondo del canal. En terraplenes, el talud está comprendido entre el chaflán (pata del terraplén) y el borde de la berma. (Ver figura 27, Pág. 80).

La convención usada para definir el talud es en la forma de "S" unidades en sentido horizontal por una unidad en sentido vertical.

Figura 27 Talud en corte y relleno



5.3.3 Taludes en corte

Teniendo en cuenta que para la construcción del relleno sanitario manual se recomienda que el relleno sea de material relativamente impermeable (arena fina mezclada de limo, arcilla) y que las alturas del corte (H) sean menores de 5 metros se puede establecer como norma que no se requieren estudios de estabilidad para definir el talud mas apropiado.

Para un corte de baja altura se puede recomendar un talud único: para alturas mayores podrán requerirse dos taludes diversos: en algunos casos, se sugerirá la construcción de bermas o banquetas intermedias (figura 28 pág.82)

A continuación se presenta una guía que puede ser utilizada sobre la base de la experiencia de varios países con respecto a la definición de los taludes (tabla X).

Tabla X Taludes recomendados en corte

Tipo de material	Talud recomendable S Altura del corte H (m) Hasta 5.00 m.
Arenas limosas y limos Compactos	1/2
Arenas limosas, limo poco compacto	1/4
Arenas limosas y limos Muy compactos	1/4
Arcilla poco arenosas, firmes y homogéneas	1/2
Arcillas blandas expansivas	1

Fuente: Tomado y adaptado de Secretaria de Obras Publicas, Departamento de Antioquia, Colombia, Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales OPS/CEPIS/02.93

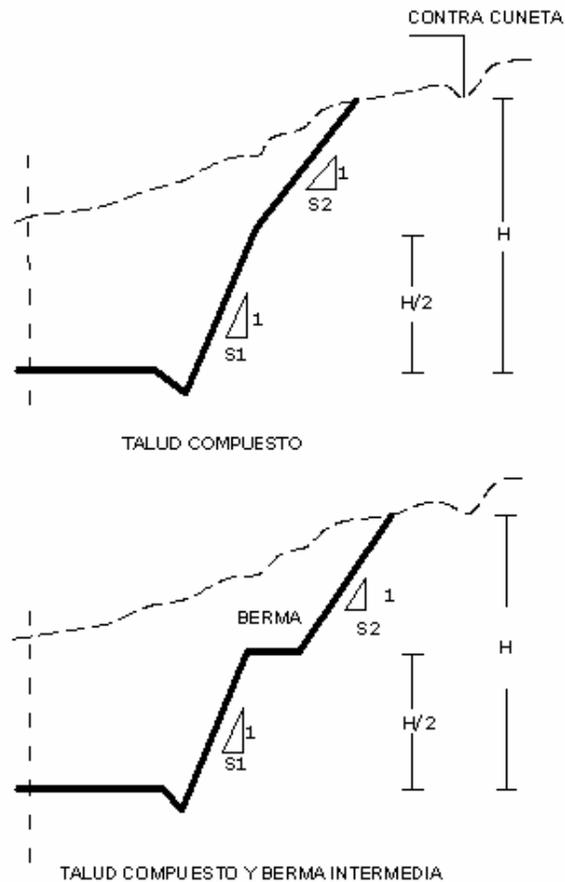
Para el diseño del relleno sanitario manual de Sumpango utilizaremos la relación de 1/4 para taludes de corte por ser el que más se adapta al tipo de suelo de esa región.

5.3.4 Taludes en relleno

En relleno, dado el control que se tiene en la extracción, selección y colocación del material que forma el relleno (lleno de tierra), el valor que se usará en taludes es 1 : 1

En relación con los taludes de basura para la conformación de los rellenos en el relleno sanitario manual, se usará 2:1 ó 3:1. Se garantizará la estabilidad con una buena compactación manual de basuras y la construcción de taludes compuestos con berma intermedia.

Figura 28 Taludes en corte



5.4 Cálculo de la capacidad volumétrica del sitio

Como ya se mencionó anteriormente se utilizará el método de área para construir el relleno sanitario, este método se utiliza para rellenar depresiones, a continuación se calculará la capacidad volumétrica del sitio.

La capacidad volumétrica del sitio es el volumen total disponible del terreno para recibir y almacenar la basura y el material de cobertura que conforman el relleno sanitario. En otras palabras, es el volumen comprendido entre la superficie de desplante y la superficie final del relleno, para lo cual es indispensable determinar la capacidad volumétrica del terreno.

En general existen dos métodos para realizar este cálculo:

Volúmenes de gran longitud y poca anchura

Volúmenes de gran extensión (extensos en ambas direcciones)

5.4.1 Volúmenes de gran longitud (alrededor de un eje)

Por lo general, el trabajo de campo en esta categoría de determinación de volúmenes comprende la obtención de secciones transversales a intervalos regulares a lo largo de un eje del proyecto, para nuestro caso en particular utilizaremos el siguiente método:

5.4.2 Volumen a partir de las áreas extremas

A partir del eje del proyecto y de la nivelación por secciones de un terreno, se puede calcular el volumen entre dos secciones transversales consecutivas, multiplicando el promedio de las áreas de las secciones por la distancia que las separa

El volumen entre las secciones A1 y A2 esta dado por:

$$\text{Volumen} = \frac{(A1 + A2) \times d}{2}$$

donde:

A1 y A2 = Áreas de las secciones transversales (m²)
d = Distancia (mts.)

$$\text{Volumen} = \frac{(114.54 + 282.12) \times 10.00}{2} = 1,983.30 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen} = \frac{(282.12 + 367.60) \times 10.00}{2} = 3,248.60 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen} = \frac{(367.60 + 379.75) \times 10.00}{2} = 3,736.75 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen} = \frac{(379.75 + 445.67) \times 10.00}{2} = 4,127.10 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen} = \frac{(445.67 + 430.33) \times 10.00}{2} = 4,380.00 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen} = \frac{(430.33 + 432.35) \times 10.00}{2} = 4,313.40 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen} = \frac{(432.35 + 475.23) \times 10.00}{2} = 4,537.90 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen} = \frac{(114.54 + 0) \times 10.00}{2} = 572.70 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen} = \frac{(114.54 + 282.12) \times 10.00}{2} = \frac{1,983.30 \text{ m}^3}{26,899.75 \text{ m}^3}$$

6. DISEÑO DE DRENAJES

6.1 Diseño del canal perimetral de aguas pluviales

Las aguas de lluvia que caen sobre las áreas vecinas al relleno sanitario suelen escurrirse hasta el, 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 su 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 la pendiente del terreno.

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

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

Q = Caudal que ingresa o escorrentía máxima, en m³/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 esta dada por la formula:

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

i = intensidad promedio

t = tiempo de concentración (12 min.)

Los valores para A y 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. 4-88¹², para el área de Sacatepéquez.

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 mm/hr

A = 6,638.64 m² = 0.66 ha

$$Q = \frac{0.50 \times 116.53 \text{ mm/hr} \times 0.66 \text{ ha}}{360} = 0.10 \text{ m}^3/\text{seg}$$

¹² Método estándar de calculo de curvas de duración-intensidad –frecuencia. INSIVUMEH, Informe Técnico No. 4-88. Octubre de 1988. 77 pp.

El canal perimetral será trazado en la curva de nivel No.100 (ver plano topográfico No. 1 en apéndice) que es la más alta a la que llegará el borde del relleno sanitario y garantizará una velocidad que este en el promedio de (0.6 m/seg – 3.00 m/seg) para que no provoque erosión excesiva: el tamaño de la sección del canal se podrá calcular usando la siguiente ecuación:

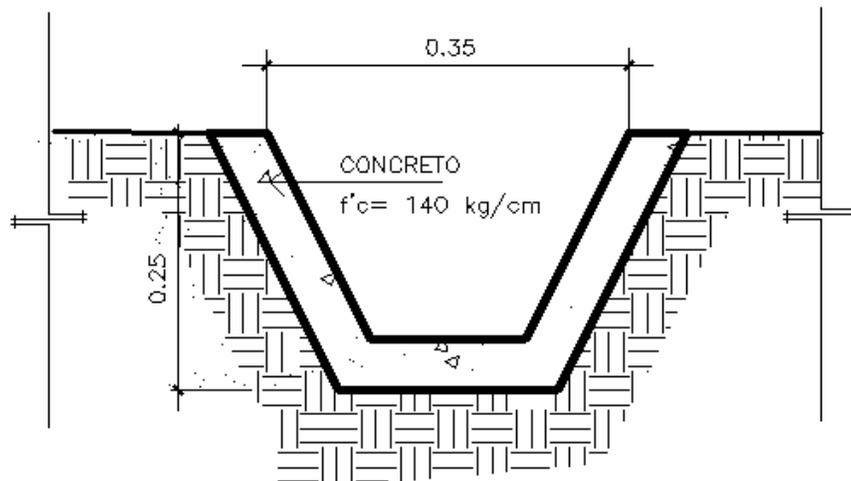
$$A = \frac{Q}{v}$$

donde:

A = Área de la sección del canal (m²)
V = Velocidad máxima promedio (m/seg)

$$A = \frac{0.10\text{m}^3/\text{seg}}{3.00\text{m}/\text{seg}} = .033\text{m}^2$$

Figura 29 Cuneta perimetral



6.2 Cálculo de la generación de lixiviado

La producción de lixiviados se determina en función de la precipitación pluvial que cae sobre el relleno, la infiltración de agua de escurrimiento desde arriba que puede pasar encima del relleno, la evapotranspiración, la humedad y densidad de los desechos sólidos depositados, y la capacidad de campo de los desechos y la cobertura para retener agua que se infiltra.

Se estima la producción de lixiviados mensualmente a través de la ecuación de balance hídrico¹³:

$$q = P(1 - Ce) - Ccc - E$$

Donde:

q = percolación de lixiviado por la superficie del relleno, mm/mes

P = precipitación promedio mensual, mm/mes

Ce = coeficiente de escurrimiento para la superficie del relleno

Ccc = capacidad de campo mensual de cobertura y desechos, mm/mes

E = evapotranspiración promedio mensual, mm/mes

En la siguiente tabla se presentan valores del coeficiente de escurrimiento para suelos cubiertos con pasto que se utiliza en la ecuación de balance hídrico.

¹³ Vesilind P. Worrel , W. y Reinhart, D. **Solid Waste Engineering**, Brooks/Cole, Pacific Grove, California, 2002

Tabla XI
Valores de Coeficiente de Esguerrimiento, Ce para Suelos
Cubiertos con Pasto

Tipo de Superficie Cubierta con Pasto	Pendiente, %	Coeficiente de Esguerrimiento, Ce
Suelo arenoso	0-2	0.05-0.10
Suelo arenoso	2-7	0.10-0.15
Suelo arenoso	>7	0.15-0.20
Suelo arcilloso	0-2	0.13-0.17
Suelo arcilloso	2-7	0.18-0.22
Suelo arcilloso	>7	0.25-0.35

Fuente: Vesilind op. cit. Pag.86

Por la dificultad de estimar las capacidades de campo neto que existen en rellenos, es mejor eliminar el término C_{cc} de la anterior ecuación y tenemos la siguiente¹⁴:

$$q = P(1 - C_e) - E$$

Para calcular el volumen de lixiviado producido, se utiliza datos históricos del promedio mensual de precipitación y evapotranspiración, preferiblemente promediados durante un periodo de 10 a 20 años. La siguiente tabla se calcula la producción de lixiviado, q , solamente para los meses donde la precipitación menos evapotranspiración es positivo, (los únicos meses que por condiciones de precipitación pluvial pueden producir lixiviados son: junio, julio, agosto, septiembre)

¹⁴ Vesilind op. cit. pag 86

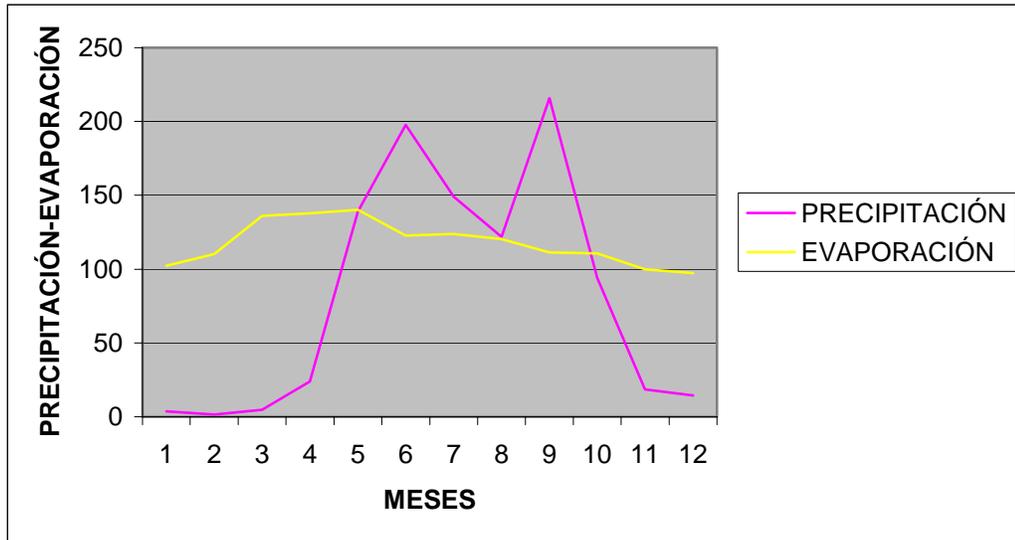
Tabla XII

Promedio Mensual (Años 1,990-2004) de Temperatura, Precipitación, Y Evapotranspiración, Estación Alameda Icta, Latitud 14°38' 12'', Longitud 90°48'12''

Mes	Temperatura ° C	Precipitación, P mm	Evaporación, E mm	P-E mm
Enero	22.5	3.7	102.30	-98.6
Febrero	23.4	1.5	110.20	-108.7
Marzo	24.8	4.8	136.10	-131.3
Abril	25.6	24.0	137.80	-113.8
Mayo	25.4	139.1	140.10	-1.0
Junio	23.9	197.6	122.70	74.0
Julio	23.1	149.0	123.90	25.1
Agosto	23.1	121.9	120.30	1.6
Septiembre	22.7	215.8	111.30	104.5
Octubre	22.3	94.0	110.60	-16.6
Noviembre	23.1	18.6	100.00	-81.4
Diciembre	22.6	14.4	97.40	-83.0
Totales		984.30	1,412.70	

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

Figura 30 Promedio mensual de Precipitación y Evaporación (años 1990-2004)



Se calcula q para los meses de junio, julio, agosto, septiembre usando la ecuación $q = P(1-C_e) - E$, se utilizará $C_e = 0.15$ (Ver tabla XI pag. 89)

- Junio: $q = 197.6 \text{ mm} (1-0.15) - 122.70 = 45.26 \text{ mm}$
- Julio: $q = 149.0 \text{ mm} (1-0.15) - 123.90 = 2.75 \text{ mm}$
- Agosto : $q = 121.9 \text{ mm} (1-0.15) - 120.30 = -16.68 \text{ mm}$
- Septiembre: $q = 215.8 \text{ mm} (1-0.15) - 111.30 = 72.13 \text{ mm}$

Después de calcular q para cada mes que lo produce, (se tomarán solo los valores positivos) se calcula el volumen mensual de lixiviados usando la siguiente ecuación:

$$Q_m = 0.001 \times q \times A$$

Donde:

Q_m = volumen mensual de lixiviados producidos, m^3

q = percolación mensual, $mm = 0.001 m^3/m^2$

A = área superficial relleno sanitario expuesta a la precipitación, m^2 (ver plano de conjunto No16 en apéndice)

Junio: $Q_m = 0.001 \times (45.26mm) \times (1949.63 m^2) = 88.24m^3$

Julio: $Q_m = 0.001 \times (2.75mm) \times (1949.63 m^2) = 5.36 m^3$

Septiembre $Q_m = 0.001 \times (72.13mm) \times (1949.63 m^2) = 140.62 m^3$

El volumen total de lixiviado producido por año sería

$$Q_t = \sum Q_{mi}$$

Donde:

Q_t = Volumen anual de lixiviados producido, m^3

Q_{mi} = Volumen mensual de lixiviado en los meses, i , que lo produce, m

$$Q_t = 88.24 + 5.36 + 140.62 = 234 m^3/año = 19.50 m^3/mes = \mathbf{0.64 m^3/dia}$$

Finalmente se calcula el área de la laguna de evaporación de lixiviados la cual no se considerará en este proyecto sino para el futuro, utilizando la siguiente ecuación:

$$A_l = \frac{Q_t}{.001 \times \sum_{i=1}^{12} (E_i - P_i)} = \frac{234.00m^3}{.001(1,412.70 - 984.30)} = 546.21 m^2$$

6.3 Diseño del sistema de drenaje de lixiviado

Evitar o minimizar el incremento de lixiviados, e impedir de paso la contaminación de las aguas de lluvia, es técnica y ambientalmente mejor y mucho más económico que diseñar e instalar sistemas de impermeabilización artificial, y por supuesto, que llevar a cabo los tratamientos convencionales para estas aguas altamente contaminadas, en especial en el municipio de Sumpango.

El sistema de almacenamiento y drenaje de lixiviado se construirá en forma de espina de pescado en el interior del relleno; en la base que sostendrá las plataformas, el sistema estará conectado con el drenaje de gases (ver plano de drenaje de lixiviados No. 16 en apéndice)

6.3.1 Volumen de lixiviado

La mayor cantidad posible del lixiviado generado se almacenará en zanjas en el interior del relleno sanitario, a manera de falso fondo, el resto se conducirá en tubería de 6 pulgadas de diámetro de polietileno de alta densidad.

El volumen de lixiviado se calcula con la siguiente ecuación:

$$V = Q \times L$$

Donde:

V = Volumen de lixiviado que será almacenado (m³)

Q = Caudal medio de lixiviado o liquido percolado (m³/mes)

L = Numero máximo de meses con lluvias consecutivas

$$V = 19.50 \text{ m}^3 / \text{mes} \times 3 = 58.5 \text{ m}^3$$

6.3.2 Longitud de sistema de zanjas para lixiviado

Con el caudal obtenido se calcularán las dimensiones del sistema de zanjas para el almacenamiento de lixiviado, tal como se indica en la siguiente ecuación. Las zanjas deberán tener un ancho de 0.6 metros por un metro de profundidad.

$$L = V/a$$

Donde:

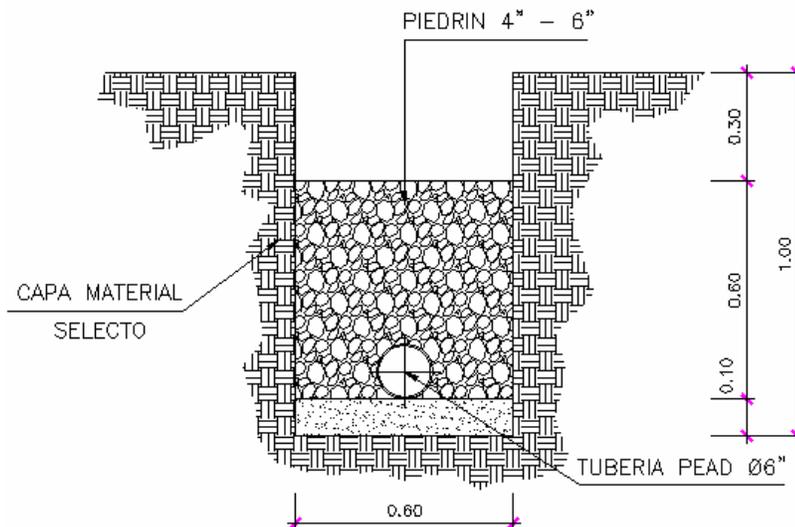
L = Longitud de zanjas de almacenamiento (m)

V = Volumen de lixiviado que será almacenado durante los periodos de lluvia

A = Área superficial de la zanja (m²)

$$L = 58.5 \text{ m}^3 / 0.60 \text{ m}^2 = \mathbf{97.50 \text{ m}}$$

Figura 31 Zanja para lixiviados



7. DISEÑO DE CELDA

7.1 Diseño de la celda diaria

La celda diaria está conformada básicamente por los residuos sólidos y el material de cobertura y será dimensionado con el objeto de economizar tierra, sin perjuicio del recubrimiento y con el fin de que proporcione un frente de trabajo suficiente para la descarga y maniobra de los vehículos recolectores.

Las dimensiones y el volumen de la celda diaria dependen de factores tales como:

- La cantidad diaria de desechos sólidos que se debe disponer.
- El grado de compactación.
- La altura de la celda más cómoda para el trabajo manual.
- El frente de trabajo necesario que permita la descarga de los vehículos de recolección.

Para la celda diaria se recomienda una altura promedio entre 1.00 m y 1.50 m. Esto debido a la baja compactación alcanzada por la operación manual y a fin de brindar una mayor estabilidad mecánica a la construcción de los terraplenes del relleno sanitario. A partir del volumen diario de desechos compactados y teniendo en cuenta las limitaciones de altura, se calculará el avance y el ancho de la celda, procurando mantener un frente de trabajo lo mas estrecho posible, con base a lo siguiente.

7.2 Cantidad de desechos sólidos que se debe disponer

La cantidad de basura para diseñar la celda diaria se puede obtener de dos formas:

A partir de la cantidad de basura producida diariamente es decir:

$$DSrs = DSp \times (7/dhab)$$

Donde:

DSrs= Cantidad media diaria de desechos sólidos en el relleno sanitario (kg/día)

DSp= Cantidad de desechos sólidos producidos por día (Kg./día), para una cobertura del 15% de la población urbana en el año 2,005 (ver tabla IX Pág. 78)

d hab= Días hábiles o laborales en una semana

$$DSrs = 2,734.80 \text{ kg / día} \times (7/6) = 3190.60 \text{ kg/día}$$

Sin embargo, solo el 90 % de los residuos sólidos llegarán al relleno diariamente:

$$DSrs = 3190.60 \text{ kg/día} \times 0.90 = 2,871.54 \text{ kg /día}$$

7.3 Volumen de la celda diaria

$$V_c = \frac{DR_{rs}}{Dr_{sm}} \times m_c$$

Donde:

V_c = Volumen de celda diaria (m^3)

Dr_{sm} = Densidad de los desechos sólidos recién compactados en el relleno sanitario manual $500 \text{ kg}/m^3$

$m.c$ = Material de cobertura (20 – 25 %)

La densidad usada para la basura recién compactada es menor que la de la basura estabilizada que se emplea para el cálculo del volumen

$$V_c = \frac{2,871.54 \text{ kg}/\text{día}}{500 \text{ kg}/m^3} \times 1.20 = 6.89 m^3$$

7.4 Dimensiones de la celda diaria

Área de la celda

$$A_c = \frac{V_c}{H_c}$$

Donde:

A_c = Área de la celda ($m^2/\text{día}$)

H_c = Altura de la celda (m.) límite de 1.0 m. A 1.5 m

$$A_c = \frac{6.89 m^3}{1.00 m} = 6.89 m^2$$

7.5 Largo o avance de la celda (m)

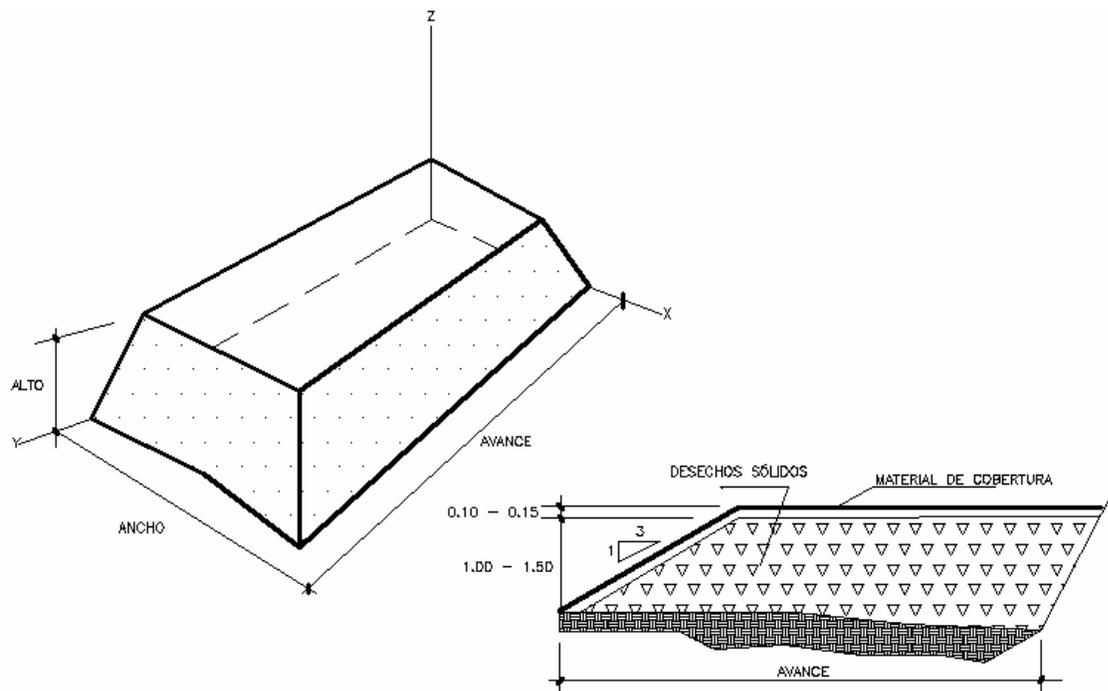
$$L = \frac{Ac}{a}$$

a = Ancho que se fija de acuerdo con el frente de trabajo necesario para la descarga de la basura por los vehículos recolectores (m.). En el municipio de Sumpango se usaran 1 o 2 vehículos como máximo los cuales descargarán a la vez, lo que determina el ancho entre 2.00 y 3.00 m. Como los taludes (perímetro) también deben ser cubiertos de tierra, la relación del ancho con el largo de la celda que menos material de cobertura requerirá sería la de un cuadrado. Se trata, entonces, de la raíz cuadrada del área de la celda

$$L = \frac{6.89\text{m}^2}{3.00\text{m}} = 2.29\text{m}$$

Por lo tanto: L= 2.29 m , a = 3.00 m, Hc= 1.00 m

Figura 32 Celda diaria típica



7.6 Cálculo de la mano de obra

La mano de obra necesaria para conformar la celda diaria depende de:

- La cantidad de desechos sólidos que se debe disponer.
- La disponibilidad y el tipo de material de cobertura.
- Los días laborables del relleno.
- La duración de la jornada diaria.
- Las condiciones del clima.
- La descarga de los residuos en el frente de trabajo según la distancia.
- El rendimiento de los trabajadores.

La siguiente es una guía para calcular el número de trabajadores necesarios para operar 2,871.54 kg/día (Ver cuadro No. 1 pag. 78).

En ella se considera una jornada de ocho horas diarias, con un tiempo efectivo de seis horas, 2 días por semana. Estos rendimientos son bajo condiciones normales de trabajo y pueden variar en cada lugar según los factores escritos anteriormente. (ver tabla XIII, Pág. 100).

Solución:

Celda diaria = volumen de residuos sólidos + material de cobertura (20%)

$$\text{Volumen de desechos sólidos} = \frac{2,871.54 \text{ kg/día}}{500 \text{ kg/m}^3} = 5.74 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Volumen de tierra} = 5.74 \text{ m}^3/\text{día} \times 0.20 = 1.14 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Volumen de la celda diaria} (5.74 \text{ m}^3/\text{día} + 1.14 \text{ m}^3/\text{día}) = 6.88 \text{ m}^3/\text{día}$$

(hc=1.00 m)

Tabla XIII Guía de cálculo para estimar el número de trabajadores

Operación	Rendimientos		Hombre /día
Movimiento de desechos	(2.87 (t/día) 0.95t/hora – hombre	<u>X</u> 1 6 horas	0.50
Compactación de desechos	(6.88 (m ²) (20 m ² /hora – hombre)	<u>X</u> 1 6 horas	.05
Movimiento de tierra	(1.14 m ³) (0.35 m ³ /hora –h)	<u>X</u> 1 6 horas	0.54
Compactación de la celda	(6.88 (m ²) (20 m ² /hora – hombre)	<u>X</u> 1 6 horas	0.05
	Total hombres	2.00	1.43 t/hombre/día

Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales OPS/CEPIS/PUB/02.93

Además del número de hombres que ejecutarán las labores propias de la construcción del relleno, es necesaria otra persona que dirija y oriente las operaciones en el relleno sanitario manual en calidad de supervisor. Teniendo en cuenta que contar con un profesional capacitado sería muy costoso en algunos municipios, se recomienda contratar un individuo que sea:

- Técnico, con secundaria completa y que sepa realizar operaciones matemáticas básicas.

Cabe notar que la presencia del supervisor en el relleno sanitario es importante durante toda la jornada laboral en los primeros meses. Conforme adquiera mayor experiencia, es posible reducir a dos horas diarias su tiempo de permanencia en el lugar: una hora en la mañana y otra en la tarde. El resto del día lo podría dedicar a la supervisión del aseo urbano en general.

8. COSTOS

8.1 Análisis de Costos

Los costos para el funcionamiento del proyecto de relleno sanitario manual se dividen en: costos de inversión, operación, administración y mantenimiento. Para determinar los costos de inversión se elaboró un presupuesto considerando los siguientes renglones:

Tabla XIV Inversión inicial de Infraestructura

Presupuesto					
No.	Descripción	U	Cantidad	Costo	Total
1	Levantamiento topográfico	u	1.00	Q 4,000.00	Q 4,000.00
2	Limpieza y chapeo	m ²	1,969.00	Q 0.70	Q 1,378.30
3	Corte con maquinaria	m ³	4,534.40	Q 25.71	Q 116,579.42
4	Relleno compactado	m ³	1,647.40	Q 30.35	Q 49,998.59
5	Retiro material sobrante	m ³	3,629.58	Q 12.13	Q 44,026.80
6	Guardianía	u	1.00	Q 84,419.66	Q 84,419.66
7	Drenaje pluvial	m	194.00	Q 111.26	Q 21,584.44
8	Drenaje de lixiviados	m	100.00	Q 265.20	Q 26,520.00
9	Drenaje de Gases	m	32.00	Q 107.14	Q 3,428.57
10	Impermeabilización	m ²	347.86	Q 93.96	Q 32,684.93
11	Vía de acceso	m ²	858.36	Q 29.16	Q 25,029.77
12	Cerco perimetral	m	245.00	Q 77.77	Q 19,053.65
13	Puerta Principal	u	1.00	Q 3,214.29	Q 3,214.29
14	Reforestación	u	979.50	Q 26.97	Q 26,417.12
Subtotal					Q 458,335.25

Tabla XV Inversión Inicial equipo de Funcionamiento

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
1	Carretilla	u	3.00	Q 150.00	Q 450.00
2	Extintor	u	1.00	Q 250.00	Q 250.00
3	Pala	u	3.00	Q 35.00	Q 105.00
4	Rastrillo	u	3.00	Q 35.00	Q 105.00
5	Azadón	u	3.00	Q 30.00	Q 90.00
6	Piocha	u	3.00	Q 50.00	Q 150.00
7	Escoba	u	3.00	Q 5.00	Q 15.00
8	Guantes	u	5.00	Q 20.00	Q 100.00
9	Mascarilla	u	5.00	Q 5.00	Q 25.00
10	Lentes	U	5.00	Q 25.00	Q 125.00
11	Casco	u	5.00	Q 50.00	Q 250.00
12	Overol	u	5.00	Q 150.00	Q 750.00
13	Botas	u	5.00	Q 50.00	Q 250.00
14	Rodillo	u	2.00	Q 500.00	Q 1,000.00
Subtotal					Q 3,665.00

Tabla XVI Inversión inicial Mobiliario y Equipo

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
1	Escritorio	u	1.00	Q 1.000.00	Q 1,000.00
2	Archivo	u	1.00	Q 800.00	Q 800.00
3	Sillas	u	5.00	Q 100.00	Q 500.00
4	Bancas	u	2.00	Q 100.00	Q 200.00
	Subtotal				Q 2,500.00

Resumen inversión inicial

Infraestructura	Q 458,335.25
Equipo de funcionamiento	Q 3,665.00
Mobiliario y equipo	<u>Q 2,500.00</u>
Total	Q 464,500.35

8.2 Costos de administración

Se ha determinado que se necesitan 4 trabajadores para operar el relleno sanitario, y también se incluye al personal de la municipalidad que labora en la recolección de desechos sólidos con los siguientes salarios y con un factor de prestaciones del 1.8, como se muestra en la siguiente tabla

Tabla XVII Sueldos de personal administrativo

Descripción	Cantidad	Sueldo	Total
Supervisor /mes	1	Q 1,400.00	Q 1,400.00
Operadores /mes	2	Q 1,100.00	Q 2,200.00
Piloto/mes	1	Q 1,200.00	Q 1,200.00
Total			Q 4,800.00

Tabla XVIII Costos de oficina y administrativo mensual

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Papelería y útiles	unidad	1	Q 100.00	Q 100.00
Energía eléctrica	Kw.		Q 50.00	Q 50.00
Total				Q 150.00

Resumen gastos de administración

Sueldos de personal	Q 4,800.00
Oficina y administrativos	<u>Q 150.00</u>
Total mes	Q 4,950.00
Total anual	Q 59,400.00

8.3 Costos de operación

Se considerará los gastos de operación del vehículo tipo pick-up que utiliza la municipalidad actualmente para la recolección de desechos sólidos.

Tabla XIX Costos de operación vehículos mensual

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Diesel/mes	galones	10	Q18.00	Q 180.00
Aceite/mes	litros	11	Q20.00	Q 220.00
Total				Q 400.00

Rendimiento de 18.00 Km. / galón de diesel

Recorrido mensual de 180.00 kilómetros

Tabla XX Alquiler de maquinaria pesada por año (excavación y adecuación de vía de acceso)

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Tractor de Orugas/anual	Hora	20.00	Q 250.00	Q 5,000.00
Total				Q 5,000.00

Resumen costos de operación

Costos de operación de vehículos/mes	Q 400.00
Costos de alquiler de maquinaria/anual	<u>Q 5,000.00</u>
Total mes	Q 4,800.00
Total anual	Q 9,800.00

8.4 Costos de mantenimiento

Tabla XXI Costos de mantenimiento anual de vehículos

Descripción	Total
Lubricantes, sistema de frenos o equivalentes	Q 500.00
Repuestos	Q 900.00
Imprevistos	Q 125.00
Total	Q 1,525.00

Los vehículos necesitan mantenimiento cada 400 horas o cada 3 meses (lo primero que ocurra).

Resumen costos de mantenimiento

Costos de mantenimiento anual de vehículos	<u>Q 1,525.00</u>
Total anual	Q 1,525.00

8.5 Sistema de recolección¹⁵

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 mas 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 la recolección será de 2 veces por semana, para recolectar los desechos sólidos se utilizará 1 vehículo de la municipalidad, ya que la inversión en estos vehículos es muy alta, el vehículo realizará 3 viajes por turno y recolectará aproximadamente 5.00 m³ de desechos sólidos

Al aumentar el porcentaje de recolección de desechos sólidos, se podrá adquirir o rentar otro vehículo para lograr cubrir con mayor eficiencia las 5 zonas del municipio, el horario de recolección será de preferencia en la mañana, para evitar el tráfico vehicular.

¹⁵ Instituto de Fomento Municipal. Manual de basura (Guatemala, septiembre de 1,999)

8.6 Aspecto financiero¹⁶

8.6.1 Tarifas

De acuerdo con la encuesta realizada en el municipio, el 65 % de la población urbana está en la disponibilidad de pagar una cuota por la extracción de basura, lo cual justifica el proyecto.

8.6.2 Categoría de tarifas

Se definieron las siguientes categorías en función del volumen de basura generada y del tipo de usuario.

a) Categoría A

Corresponde a los usuarios de los domicilios particulares, a quienes se les asignó una cuota mensual de Q 18.00 por cada vivienda ; a estas viviendas se les prestará el servicio con una frecuencia de 2 veces por semana.

b) Categoría B

Corresponde a los usuarios que tienen comercios pequeños, que deben pagar por el servicio una cuota mensual de Q 25.00, cuya frecuencia del servicio es de 2 veces por semana

¹⁶ ibid pag. 4

c) Categoría C

Agrupar a los usuarios con comercios medianos, como farmacias, zapaterías, ferreterías, los que deberán pagar por el servicio una cuota mensual de Q 35.00 con una frecuencia de 2 veces por semana.

d) Categoría D

En esta categoría se encuentran los sanatorios, pequeñas industrias, artesanías, centros de salud, edificios públicos, etc. La cuota que deberán pagar será de Q75.00 con una frecuencia de 2 veces por semana la cual podría aumentarse a 3 veces si se considera necesario.

La recolección es uno de los aspectos más importantes desde el punto de vista sanitario, económico y estético del servicio de aseo urbano, entre el 80% y el 90% de los costos totales del servicio de aseo urbano se consumen en la recolección, por lo que es muy importante una adecuada planificación

8.7 Autofinanciamiento del proyecto

El proyecto de relleno sanitario manual en el municipio de Sumpango, está diseñado de tal forma que sea autofinanciable, ya que con una acertada ejecución y el cumplimiento de las condiciones para su operación y mantenimiento el proyecto ofrecerá un buen servicio, beneficiando a los usuarios.

La inversión inicial en infraestructura y equipo de funcionamiento es relativamente baja, y por tratarse de un proyecto de orden social no está considerado dentro del funcionamiento del relleno sanitario manual.

Se elaboró el análisis de flujo neto de efectivo (ver tabla XXII pag.111) en el cual se muestran los ingresos y egresos para los 10 años de vida útil del proyecto, para el primer año hay un déficit de Q 1,335.60, pero en el segundo año hay un superávit de Q 3,677.31, y al llegar al décimo año se estima que será de Q 106,786.25.

TABLA XXII FLUJO NETO DE EFECTIVO

RUBRO	AÑOS											
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
INGRESO POR AÑO												
Categoría A(Q 18.00)	Q61,934.40	Q71,224.56	Q 81,908.24	Q 94,194.48	Q 108,323.65	Q124,572.20	Q143,258.03	Q164,746.74	Q189,458.75	Q217,877.56	Q250,559.19	
Categoría B(Q 25.00)	Q 1,875.00	Q 2,156.25	Q 2,479.69	Q 2,851.64	Q 3,279.39	Q 3,771.29	Q 4,336.99	Q 4,987.54	Q 5,735.67	Q 6,596.02	Q 7,585.42	
Categoría C(Q 35.00)	Q 3,255.00	Q 3,743.25	Q 4,304.74	Q 4,950.45	Q 5,693.02	Q 6,546.97	Q 7,529.01	Q 8,658.36	Q 9,957.12	Q 11,450.69	Q 13,168.29	
Categoría D (75.00)	Q 2,325.00	Q 2,673.75	Q 3,074.81	Q 3,536.03	Q 4,066.44	Q 4,676.41	Q 5,377.87	Q 6,184.55	Q 7,112.23	Q 8,179.06	Q 9,405.92	
TOTAL	Q69,389.40	Q79,797.81	Q 91,767.48	Q105,532.60	Q 121,362.49	Q 139,566.87	Q160,501.90	Q184,577.18	Q212,263.76	Q244,103.33	Q280,718.82	
GASTOS FIJOS												
Sueldos y Salarios	Q57,600.00	Q62,208.00	Q67,184.64	Q 72,559.41	Q 78,364.16	Q 84,633.30	Q 91,403.96	Q 98,716.28	Q106,613.58	Q115,142.67	Q124,354.08	
Papelería y útiles	Q 1,200.00	Q 1,272.00	Q 1,348.32	Q 1,429.22	Q 1,514.97	Q 1,605.87	Q 1,702.22	Q 1,804.36	Q 1,912.62	Q 2,027.37	Q 2,149.02	
Energía Eléctrica	Q 600.00	Q 636.00	Q 674.16	Q 714.61	Q 757.49	Q 802.94	Q 851.11	Q 902.18	Q 956.31	Q 1,013.69	Q 1,074.51	
TOTAL	Q59,400.00	Q64,116.00	Q 69,207.12	Q 74,703.24	Q 80,636.62	Q 87,042.10	Q 93,957.30	Q101,422.81	Q109,482.51	Q118,183.73	Q127,577.61	
GASTOS DE OPERACIÓN												
Combustibles, lubricantes	Q 4,800.00	Q 5,088.00	Q 5,393.28	Q 5,716.88	Q 6,059.89	Q 6,423.48	Q 6,808.89	Q 7,217.43	Q 7,650.47	Q 8,109.50	Q 8,596.07	
Alquiler de maquinaria	Q 5,000.00	Q 5,300.00	Q 5,618.00	Q 5,955.08	Q 6,312.38	Q 6,691.13	Q 7,092.60	Q 7,518.15	Q 7,969.24	Q 8,447.39	Q 8,954.24	
TOTAL	Q 9,800.00	Q10,388.00	Q 11,011.28	Q 11,671.96	Q 12,372.27	Q 13,114.61	Q 13,901.49	Q 14,735.58	Q 15,619.71	Q 16,556.89	Q 17,550.31	
GASTOS DE MANTENIMIENTO												
Lubricantes, sistema de frenos etc.	Q 500.00	Q 530.00	Q 561.80	Q 595.51	Q 631.24	Q 669.11	Q 709.26	Q 751.82	Q 796.92	Q 844.74	Q 895.42	
Repuestos en general	Q 900.00	Q 954.00	Q 1,011.24	Q 1,071.91	Q 1,136.23	Q 1,204.40	Q 1,276.67	Q 1,353.27	Q 1,434.46	Q 1,520.53	Q 1,611.76	
Imprevistos	Q 125.00	Q 132.50	Q 140.45	Q 148.88	Q 157.81	Q 167.28	Q 177.31	Q 187.95	Q 199.23	Q 211.18	Q 223.86	
TOTAL	Q 1,525.00	Q 1,616.50	Q 1,713.49	Q 1,816.30	Q 1,925.28	Q 2,040.79	Q 2,163.24	Q 2,293.04	Q 2,430.62	Q 2,576.46	Q 2,731.04	
FLUJO NETO DE EFECTIVO	Q -1,335.60	Q 3,677.31	Q9,835.59	Q 17,341.11	Q 26,428.32	Q 37,369.36	Q 50,479.87	Q 66,125.76	Q 84,730.92	Q106,786.25	Q132,859.87	

9. DISPOSICIONES ESPECIALES

9.1 Preparación del predio

Las disposiciones especiales tienen como objetivo describir las actividades para la ejecución de la infraestructura del relleno, para disponer los residuos sólidos en una forma ordenada y con el menor impacto posible así como facilitar las obras complementarias.

Las siguientes actividades son de vital importancia para la preparación del terreno: se trata de obras sencillas que pueden ser ejecutadas por los trabajadores de la municipalidad, basándose en los renglones de trabajo del presupuesto.

9.1.1 Levantamiento topográfico:

Se contratará una cuadrilla de topografía (1 topografo y 2 cadeneros) para realizar el levantamiento topográfico del predio, se realizarán trabajos de planimetría y altimetría, luego se procederá a realizar secciones transversales las cuales serán utilizadas para el dibujo del levantamiento topográfico + curvas de nivel.

9.1.2 Limpieza y chapeo:

En el terreno se debe preparar un área que sirva de base o suelo soporte a los terraplenes, será necesario la tala de arbustos para que no sean un obstáculo durante la operación. Esta limpieza se hará por etapas y de acuerdo con el avance de la obra, para evitar la erosión del terreno.

9.1.3 Corte con maquinaria

El trabajo continuará con la remoción de las primeras capas del suelo, dependiendo de la cantidad de material de cobertura disponible. Se recomienda que la superficie de la base de las plataformas tenga una pendiente de 2 o 3 % con respecto a los taludes del fondo y laterales, con el objetivo de garantizar el escurrimiento de los lixiviados y su almacenamiento en las zanjas de drenaje.

Para la nivelación del suelo de soporte y los cortes de los taludes, se recomienda que el movimiento de tierra se haga por etapas, dependiendo de la vida útil del sitio; así la lluvia no erosionará el terreno ni se perderá la tierra, que podría emplearse como cobertura.

En la nivelación del suelo soporte o base de los terraplenes y en la apertura de las zanjas se puede emplear equipo pesado (tractor de orugas y/o retroexcavadora). El mismo equipo servirá para la construcción de la vía de acceso o la extracción y el almacenamiento de material de cobertura, es preferible que esta última actividad se realice solo en períodos secos.

9.1.4 Relleno

Se utilizará el material proveniente de las mismas excavaciones para el relleno, siempre que cumpla con las características especificadas al respecto, el material usado para la conformación de plataformas se colocará en capas horizontales, de espesor uniforme, no menor de diez centímetros, ni mayor de veinte centímetros.

La humedad deberá ser la óptima, esta humedad deberá permitir que el material alcance una densidad máxima para el grado de compactación.

9.1.5 Retiro de material sobrante

El material sobrante procedente del movimiento de tierras será utilizado para material de cobertura de las celdas de desechos sólidos.

9.2 Construcción de la infraestructura

9.2.1 Guardianía

La construcción de la guardianía es muy importante ya que puede ser usada como control de ingreso, y/o lugar para guardar herramientas de trabajo (rodillo, carretas, palas, piochas, etc.), además se utilizará para que los trabajadores se puedan bañar, cambiar y guardar su ropa, cocinar o calentar alimentos y como refugio en caso de lluvia.

La construcción será de muros de block reforzado, cubierta de metal con lamina galvanizada, piso de concreto, puertas de metal, ventanas de metal + vidrio, además contará con instalaciones hidráulicas, instalaciones eléctricas, y fosa séptica.

9.2.2 Drenajes de lixiviados

Se deberán de seguir las siguientes recomendaciones por tratarse de un suelo que no es apto para relleno sanitario:

Se excavarán las zanjas del drenaje principal de 0.6 m por un metro y se instalarán pantallas cada 10 metros, con un ancho de 0.20 m a 0.30 m, para que el lixiviado pueda permanecer almacenado en el interior del relleno sin rebalsar por las zanjas, se dejara un borde libre de unos 0.30 m entre la pantalla y el nivel de la superficie del terreno

- Colocar tubería perforada de 6 de diámetro, polietileno de alta densidad y llenar la zanja con piedra y grava a manera de filtro.
- Colocar una capa de arcilla de 0.10 m compactado sobre el geotextil para garantizar el aislamiento entre la superficie superior del drenaje y los residuos sólidos y evitar la posible contaminación del agua.
- A fin de tener más capacidad de almacenamiento, se llenarán las zanjas con piedras que midan que midan entre 4 y 6 pulgadas.

9.2.3 Drenaje Pluvial

Se construirá un canal perimetral de concreto de forma trapezoidal el cual servirá para interceptar las aguas de lluvia y no permitir que ingresen al relleno sanitario.

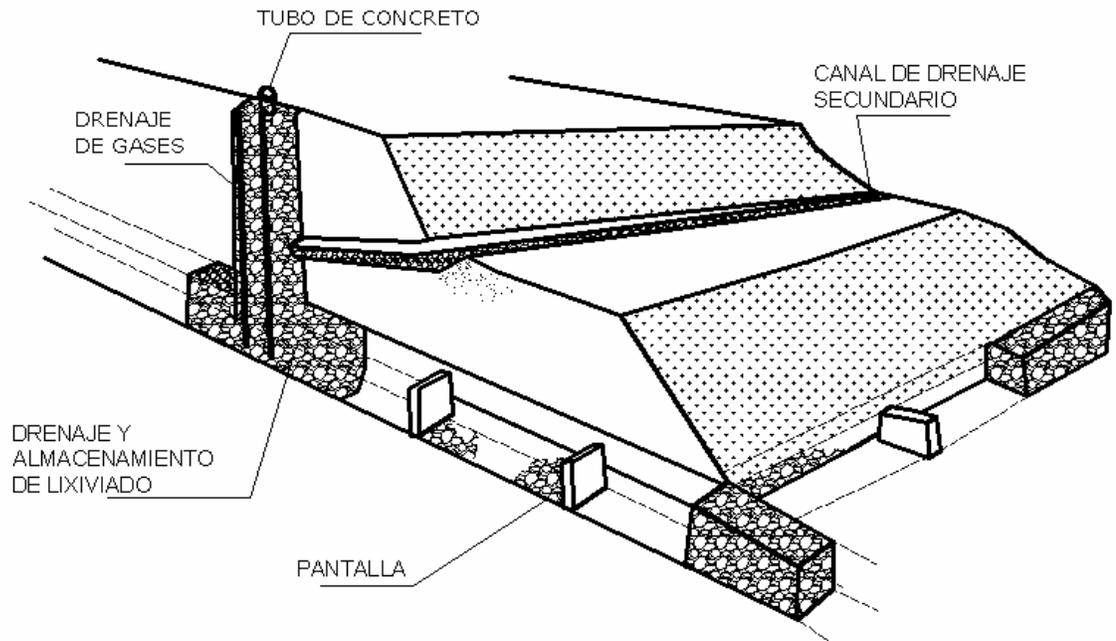
9.2.4 Drenaje de gases

El drenaje de gases esta constituido por un sistema de ventilación de piedra o tubería perforada de concreto (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 su entorno este bien compactado. Se recomienda que tenga un diámetro de 0.50 m y que sean instaladas cada 25 m

Al concluir con la ultima celda, se colocan dos tubos de concreto, el primero perforado para facilitar la captación y el drenaje de gases; el segundo tubo, en cambio no será perforado con el objeto de que el gas metano pueda ser quemado a la salida, se eliminarán de paso los olores producidos por otros gases.

Figura 33 Drenaje de gases



9.2.5 Impermeabilización

Colocar una capa de arcilla de 0.10 m compactado sobre el geotextil para garantizar el aislamiento entre la superficie superior del drenaje y los residuos sólidos y evitar la posible contaminación del agua.

9.2.6 Vía de acceso

La vía de acceso interno será de terracería (balasto), de un ancho de 6.00 m, contará con una base de 0.10_m de espesor de material selecto, ya que el tráfico vehicular es mínimo, se recomienda darle mantenimiento durante todo el año. La pendiente máxima de la vía de acceso será del 18%

El balasto deberá de ser calidad uniforme y estar exentas de residuos de madera raíces o cualquier material perjudicial o extraño, el material de balasto debe tener un peso unitario suelto, no menor de 1282 kg/m³ determinado por el método ASSHTO T 19.

El material de la sub-base, debe de estar constituida por suelos de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los siguientes requisitos:

- Valor soporte , el material debe tener un CBR , AASTHO T193, mínimo de 15
- El tamaño máximo de las piedras que contenga el material de sub-base, no debe exceder de 7 cm., no debe tener más del 50% en peso, de partículas que pasen el tamiz No. 40.

9.2.7 Cerco perimetral

Se circulará el terreno con alambre de púas galvanizado calibre 12 y postes de concreto prefabricado de una altura mínima de 2.00_m, Esto mejora la apariencia estética del relleno y sirve para retener papeles y plásticos arrastrados por el viento, se sugiere también la siembra de árboles de rápido crecimiento (pino, eucalipto, bambú, etc.)

9.2.8 Puerta de metal

se colocara una portón metálico, esto para tener un control de ingreso e impedir que personas ajenas y animales ingresen al interior del relleno, ya que esto entorpece la operación y destruye las celdas de residuos, especialmente cuando se retiran los trabajadores, dándole un poco de disciplina y seguridad a la obra.

9.2.9 Reforestación

Se procederá a sembrar árboles de pino y bambú así como también grama para que el sitio pueda ser utilizado como área verde al final del periodo de vida del relleno sanitario.

10. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

10.1 Operación

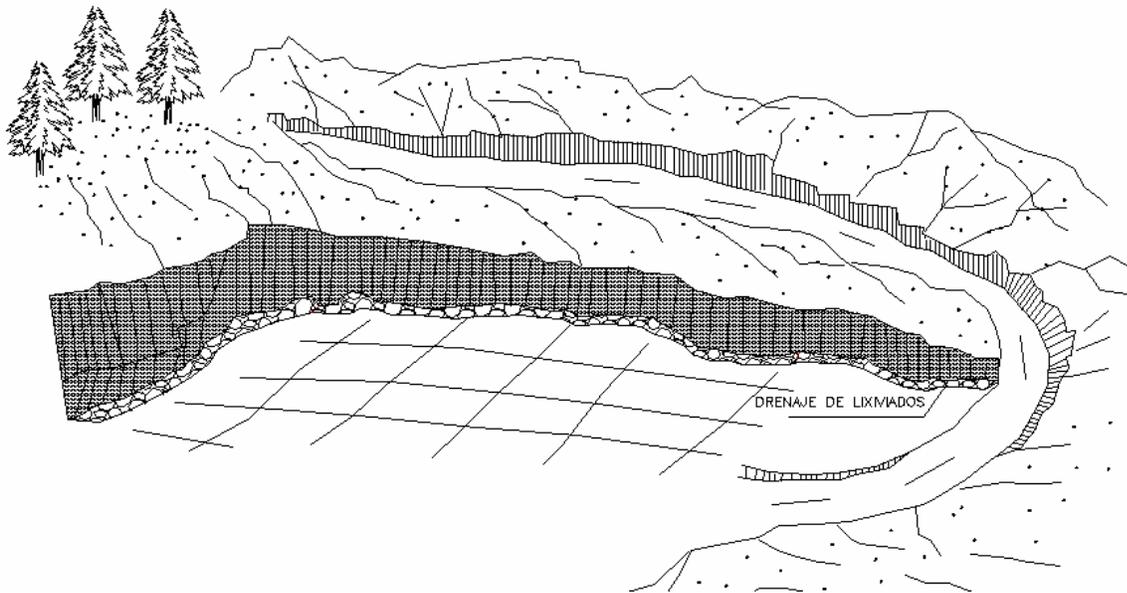
El relleno sanitario se debe llevar a cabo siguiendo un plan general de operaciones, el cual será ejecutado por un supervisor y dos operadores, el supervisor podrá actuar según su criterio cuando haya que resolver situaciones inesperadas, como cambio de clima o emergencias.

La basura y el material de cobertura serán descargados solo en el frente de trabajo autorizado, se recomienda que los residuos no se depositen en la parte inferior del talud sino desde la parte superior de la celda ya terminada, a fin de facilitar el trabajo y poder así conformar la nueva celda.

Los siguientes son los pasos para la conformación de las primeras celdas diarias:

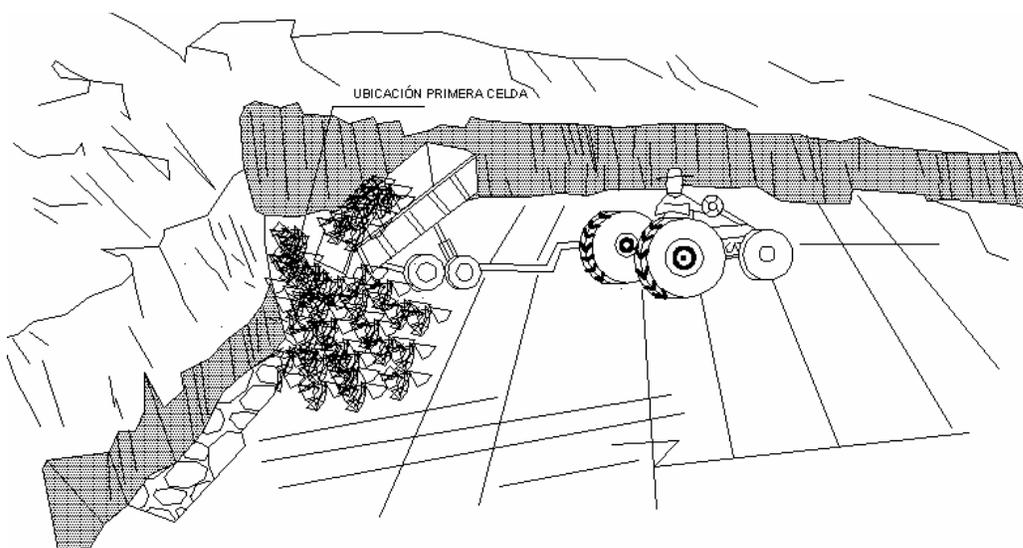
- Señalar en el terreno el área que ocupará la primera celda con la basura del día, de acuerdo con las dimensiones estimadas que se basan en el volumen de ingreso esperado y en el grado de compactación que se obtendrá.

Figura 34 Operación del relleno mediante el método de área



- Descargar la basura en el frente de trabajo, a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y evitar el acarreo a grandes distancias.

Figura 35 Primera descarga de desechos sólidos para la conformación de la celda diaria



- Espaciar la basura en capas delgadas de 0.20 m a 0.30 m y compactarla manualmente hasta obtener una altura de celda que mida entre 1.00 m y 1.5 m, procurando una pendiente suave en los taludes exteriores.

Figura 36 Esparcimiento de los desechos sólidos en el área limitada para la celda diaria

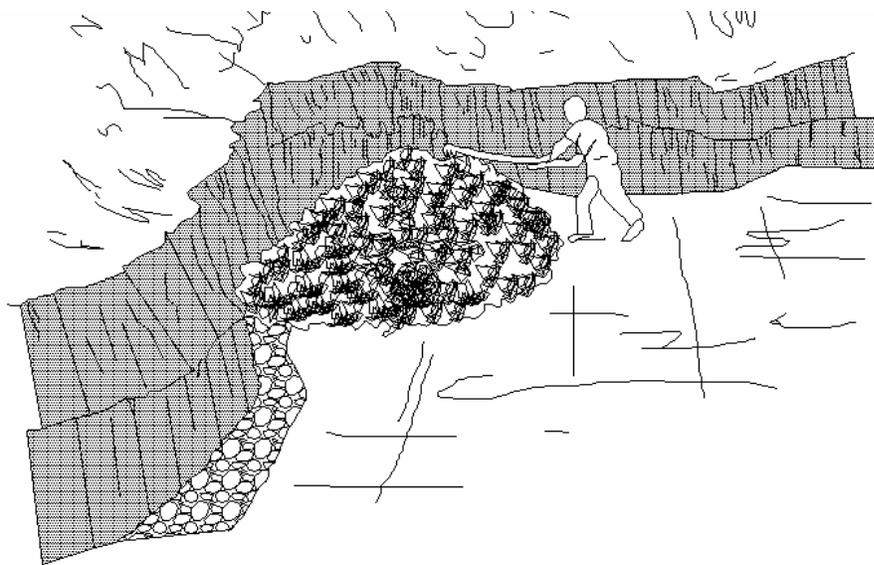
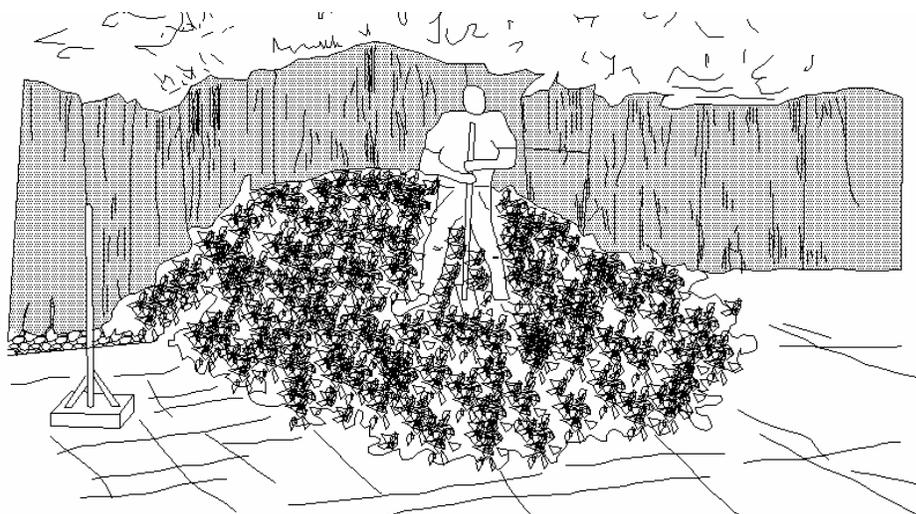


Figura 37 Compactación de los desechos sólidos con un pisón de mano



Cubrir por completo la basura compactada con una capa de tierra de 0.10 a 0.15 m de espesor cuando la celda haya alcanzado la altura máxima.

Figura 38 Extracción de la tierra para cubrir los desechos sólidos

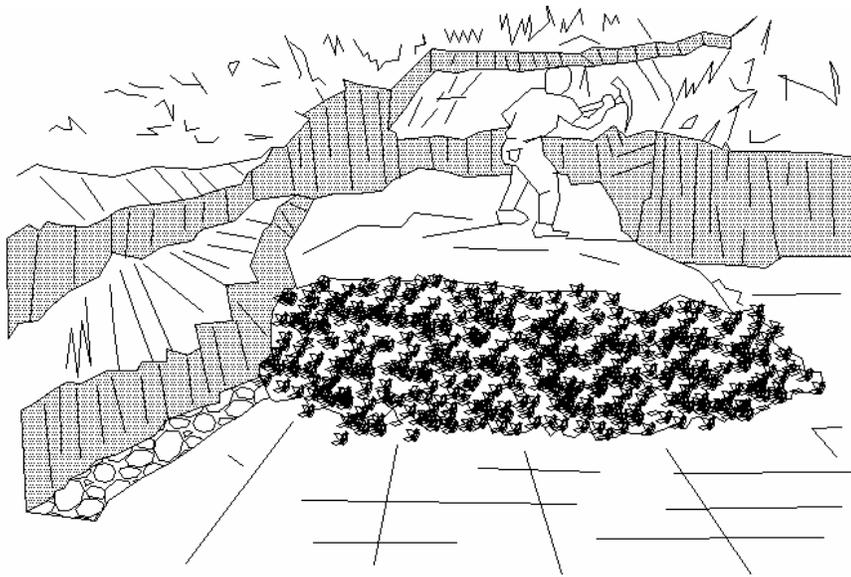
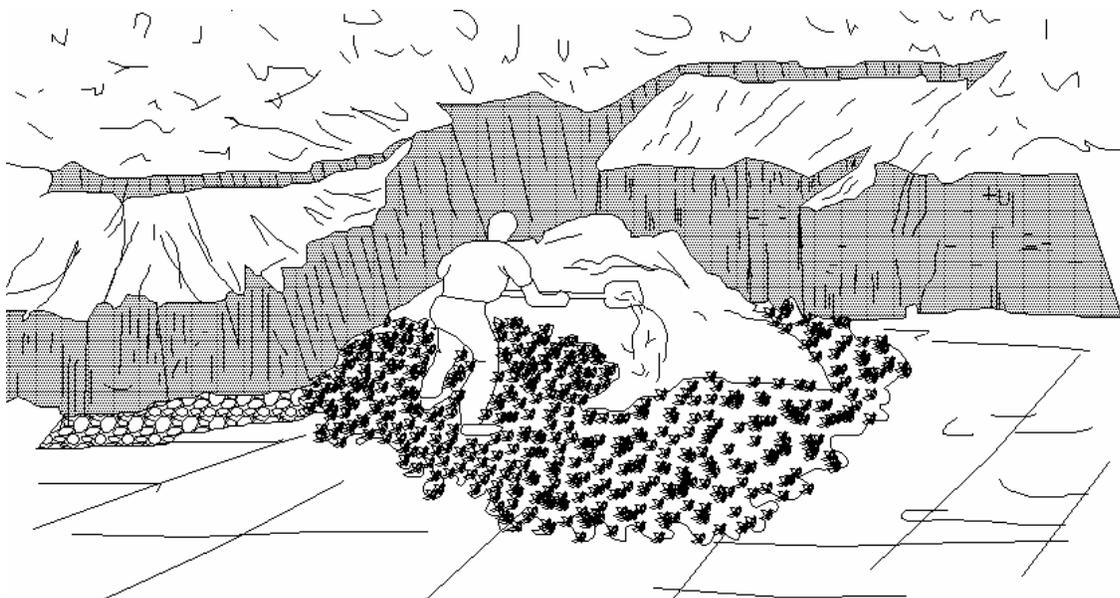
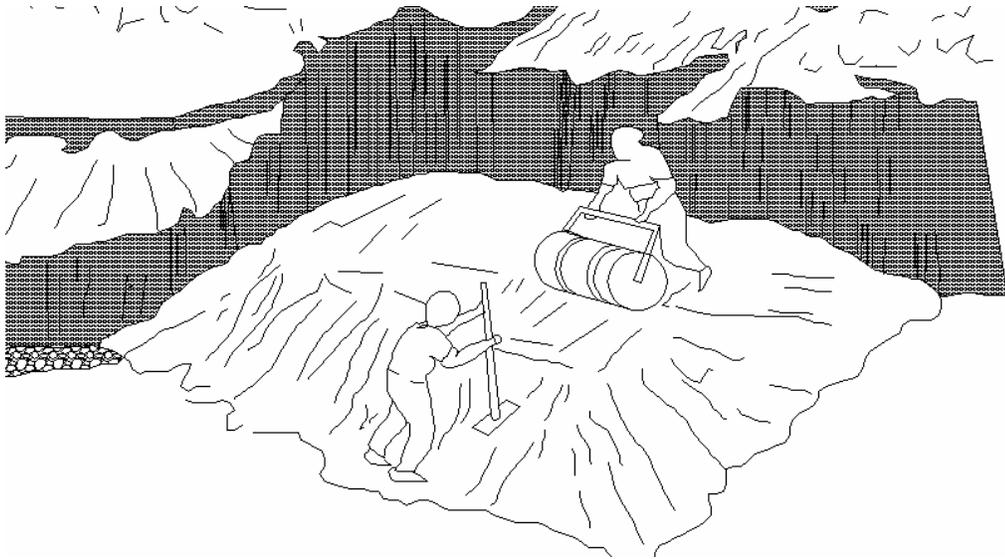


Figura 39 Cubrimiento de los desechos sólidos con tierra



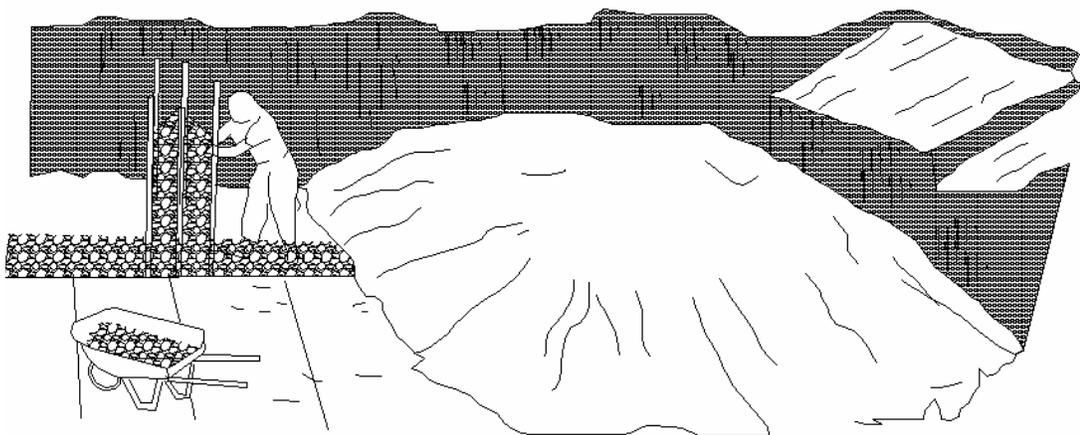
- Compactar la celda hasta obtener una superficie uniforme al final de la jornada

Figura 40 Compactación de la primera celda con rodillo y pisón de mano



- Luego de concluir la celda se procederá a construir el drenaje de gases

Figura 41 Construcción del drenaje de gases



- Una vez completada la primera celda, la segunda podrá ser construida de inmediato al lado o sobre la primera. En los periodos secos se recomienda que los vehículos transiten por encima de las celdas terminadas para darles una mayor compactación.

Figura 42 Construcción de la segunda celda apoyada a un lado de la primera

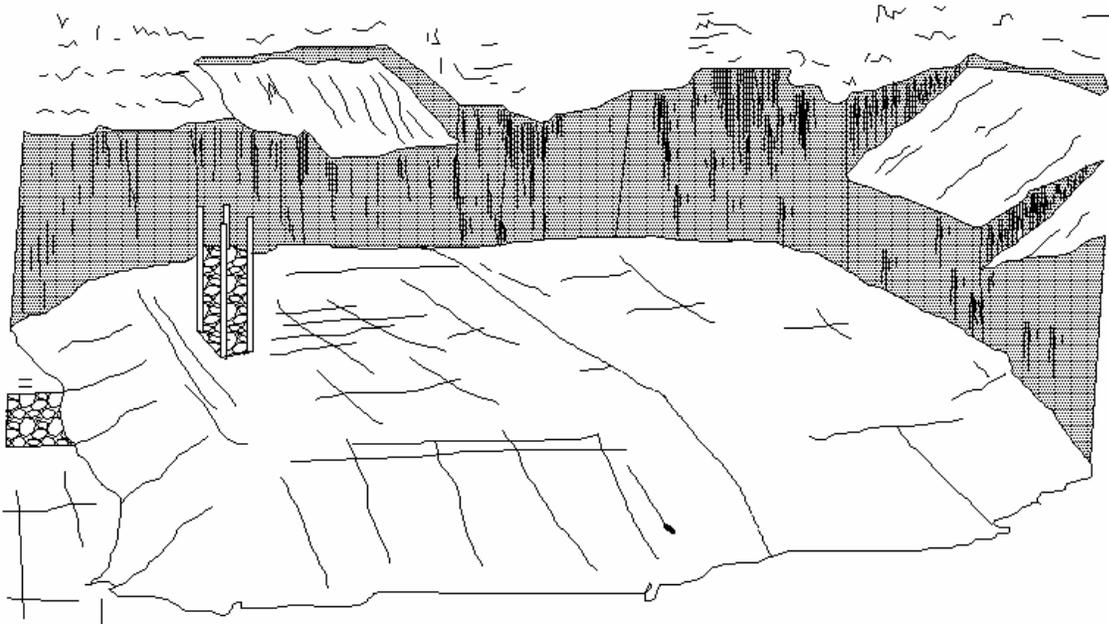


Figura 43 Construcción del primer talud del relleno

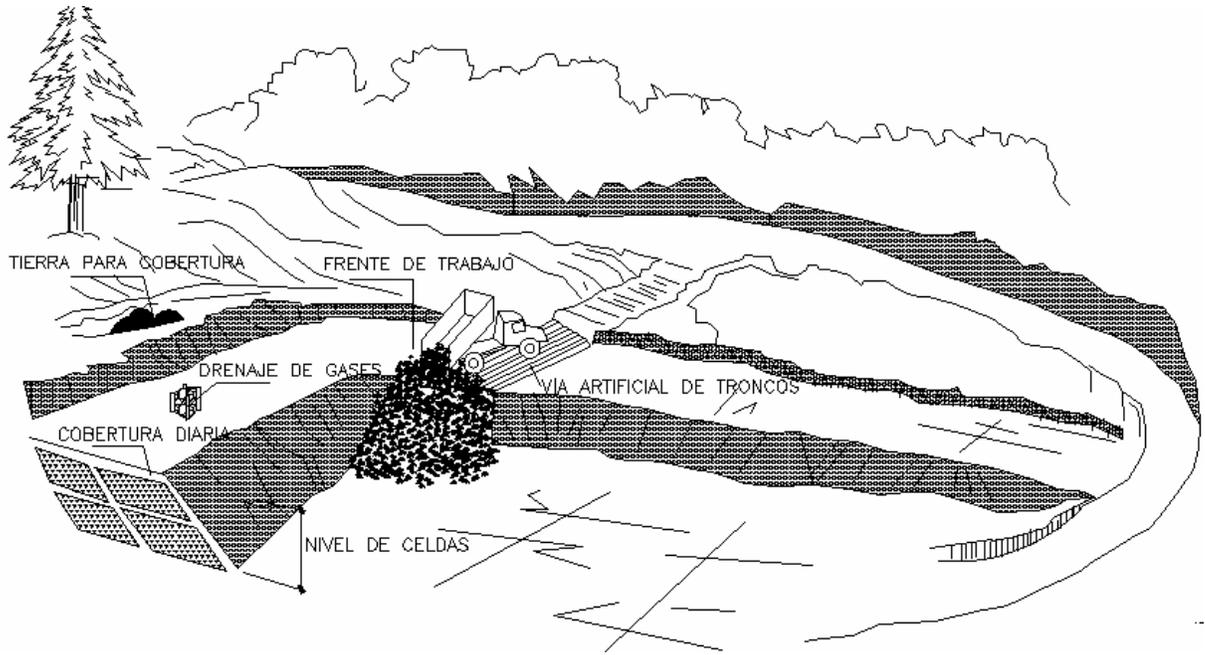
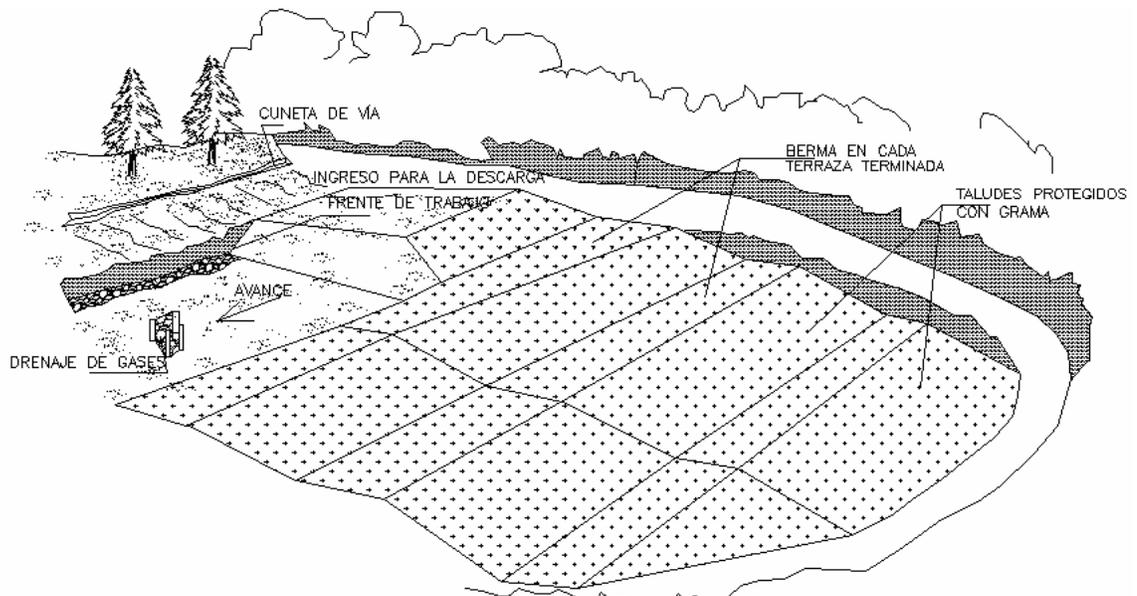


Figura 44 Configuración final del relleno sanitario



10.1.1 Herramientas de trabajo

El equipo para operar el relleno sanitario es una serie de herramientas o utensilios de albañilería, tales como: carretas de llanta neumática, palas, piochas, azadones, tijeras, apisonadores de madera, rastrillos, y un rodillo compactador. La cantidad de herramientas esta en función del numero de trabajadores, y el de estos a su vez, depende de la cantidad de desechos sólidos que se debe de enterrar en el relleno.

Figura 45 Carreta de llanta neumática de 120 litros

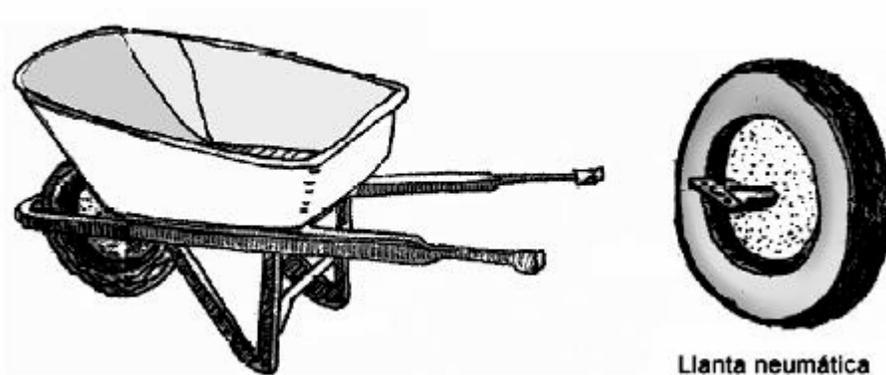
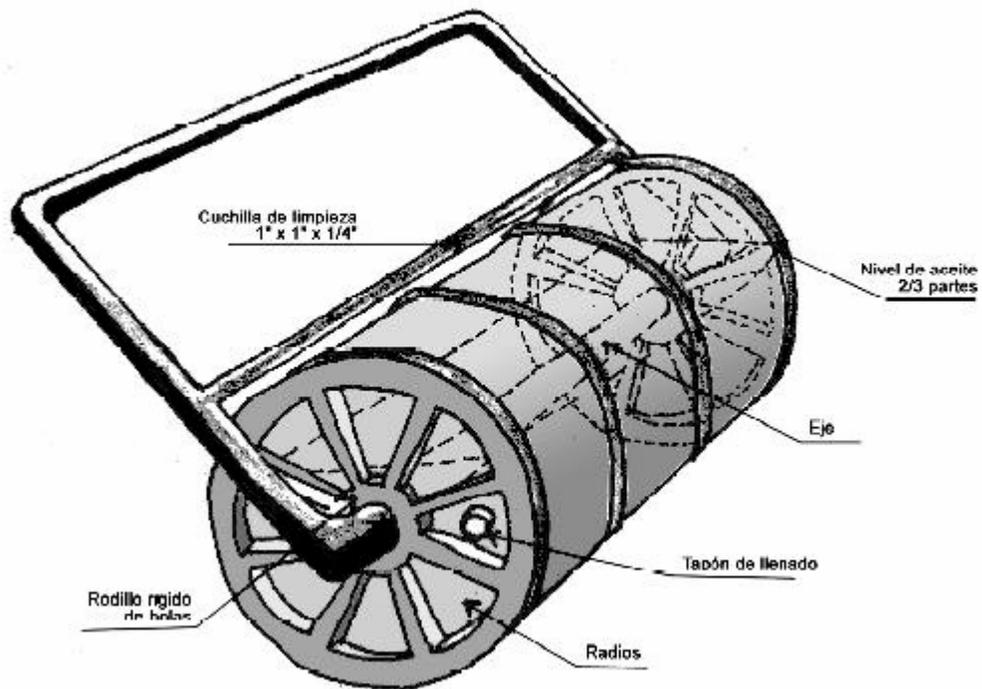


Figura 46 Barril de 55 galones acondicionado como rodillo compactador



10.1.2 Movimiento de tierra y conformación de la celda diaria

Para el acarreo del material de cobertura o basura sobre las celdas ya construidas, se recomienda que en la superficie del relleno se coloquen tablonces en forma lineal a fin de facilitar el desplazamiento de las carretas, sobre todo en época de lluvias, con lo que se mejorarán los rendimientos de operación.

10.1.3 Implementación de protección personal

Debido al tipo de actividades que se llevan a cabo en el relleno sanitario y al contacto directo con los desechos sólidos, los trabajadores se pueden ver expuestos a accidentes y a enfermedades infecto-contagiosas.

Por lo tanto, es importante proteger la seguridad de los trabajadores dotándolos del siguiente equipo: guantes, botas de hule, cascos, mascarillas contra el polvo y, por lo menos, de dos uniformes al año.



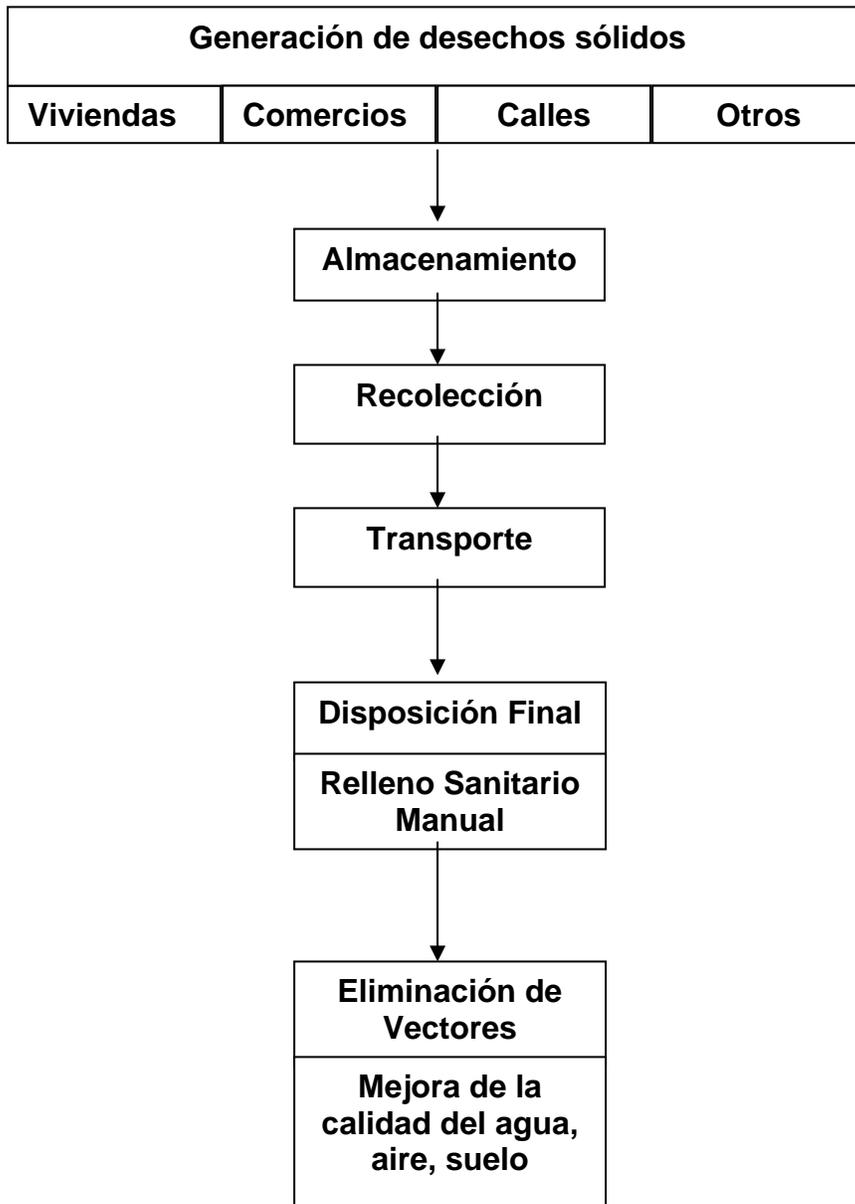
Figura 47 Implementos de protección de los trabajadores

10.1.4 Operación en época de lluvias

En los periodos de lluvias se presentan los mayores problemas de operación en el relleno sanitario por lo que se tomarán las siguientes medidas:

- Reservar algunas áreas en los lugares menos afectados por las lluvias, con accesos conservados para poder operar en las peores condiciones.
- Programar el movimiento de tierra para los periodos secos, tanto para la extracción del material de cobertura, dejando para la época de lluvias solo el enterramiento de la basura.
- Cuando sea posible se deberán cubrir las celdas con material plástico a fin de impedir que el agua de las lluvias se infiltre a través de la basura.
- Mantener áreas estrechas, apoyando las celdas sobre el talud del terreno y superponiendo tres o más celdas cerca de la vía interna para que el avance sea más vertical que horizontal.
- Durante uno o varios días a la semana, reforzar la mano de obra con una cuadrilla extra de dos o más trabajadores, a fin de mantener el relleno en buenas condiciones mientras subsistan los factores adversos.

Figura 48 Elementos del sistema de manejo de desechos sólidos



10.2 Mantenimiento

10.2.1 Herramientas

Una vez concluidas las labores diarias, las herramientas deberán dejarse limpias y, en caso de daños, deberán ser reparadas o sustituidas a la mayor brevedad.

10.2.2 Material disperso

Es importante mantener limpias las áreas adyacentes al frente de trabajo diario. Cuando se acumulan papeles arrastrados por el viento, el relleno tendrá mal aspecto. Al terminar la jornada se asignará a un trabajador para recoger todo el material disperso y depositarlos en el sitio donde se construye la celda diaria.

10.2.3 Drenaje perimetral

Se debe conservar en buen estado el drenaje pluvial perimetral (cuneta trapezoidal) y la superficie del relleno. Se debe evitar que los canales se obstruyan por la erosión de los taludes de tierra, por el material que se arrastra en las épocas de lluvia o el disperso por el viento, (papeles, plástico, etc).

10.2.4 Drenaje de gases

Debido a los asentamientos del relleno y al tránsito vehicular por encima de las celdas y terraplenes ya terminados, las chimeneas de gases se van deformando e inclinando, por lo que será necesario mantenerlas verticales a

medida que se eleva el nivel del relleno con el fin de evitar su obstrucción y total deterioro.

10.2.5 Vía de acceso

La vía de acceso debe mantenerse en adecuadas condiciones de operación. El frente de trabajo se debe mantener ordenado y sin material disperso.

10.2.6 Instalaciones

La infraestructura y demás instalaciones, tales como el cerco perimetral del relleno, guardianía, al igual que las instalaciones sanitarias, deberán ser objeto de mantenimiento a fin de conservar la imagen de la obra.

10.2.7 Acabado Final

La siembra de grama en los taludes terminados que ya no recibirán más residuos contribuirá al buen funcionamiento del relleno y mejoran su aspecto. Es conveniente, entonces, acelerar el proceso de siembra colocando grama al menos en el 10 % del área, a fin de que el relleno se armonice rápidamente con el paisaje natural del entorno.

11. Administración y control

11.1 Administración

Es imprescindible que el relleno sanitario cuente con una adecuada administración si se quiere garantizar que este sea operado de conformidad con las especificaciones y recomendaciones dadas en los planos finales del proyecto.

El supervisor deberá siempre estar al tanto de las operaciones del relleno sanitario, y velar por la calidad del mismo.

11.1.1 Supervisión

A fin de mejorar la calidad del servicio en el municipio, se contratará a una persona, quien se desempeñara como supervisor. Esta persona se encargará de coordinar tanto las operaciones del relleno sanitario y servirá de enlace entre los usuarios, los trabajadores y la municipalidad.

Entre las actividades del supervisor están las siguientes:

- Velar por la eficiencia y calidad del servicio, planificando el abastecimiento y el mantenimiento de materiales, herramientas y equipos necesarios para el buen desempeño de las labores.
- Aplicar los controles del caso tanto en la recolección y el transporte como en el propio relleno sanitario.
- Informar periódicamente sobre el desarrollo de las actividades y anomalías que se presenten.

11.1.2 Salud y seguridad de los trabajadores

El contacto de los trabajadores del relleno sanitario con los residuos sólidos es una actividad que merece bastante atención a fin de proteger su salud y seguridad.

Las causas de riesgo pueden ser: condiciones inseguras de trabajo y negligencia del propio trabajador, se deben identificar todas las condiciones inseguras y las causas mas comunes de accidentes de trabajo a que esta expuesto el trabajador con el objeto de darles la solución adecuada.

A continuación se dan varias recomendaciones para minimizar los problemas anteriores:

- Elaborar normas de seguridad de trabajo, con las respectivas indicaciones para el uso de equipo.
- Proveer al personal de vestuario adecuado y duchas donde asearse y cambiarse de ropa después de la jornada de trabajo, a fin de no llevar a sus hogares algún tipo de contaminación.
- Establecer un programa de exámenes médicos para identificar, prevenir o curar las posibles enfermedades que se relacionan con su actividad.
- Mejorar la calidad del equipo y herramientas de trabajo.
- Llevar un registro sencillo de los accidentes y problemas laborales en el que se expliquen sus causas con el objeto de prevenir hechos similares en el futuro.

El supervisor controlara el cumplimiento de las normas de seguridad en el relleno sanitario.

11.2 Control del relleno sanitario

A pesar de que se trata de una obra de poca magnitud de saneamiento básico, es muy importante la gestión de desechos sólidos que permite. Por lo que debe de ser evaluada periódicamente para que pueda operar en las mejores condiciones.

11.2.1 Controles de la construcción

Se deberá mantener el alineamiento y la altura de las plataformas, así como los niveles señalados para las alturas de las celdas, los cuales podrán ser controlados con base a los planos de diseño del proyecto.

Las pendientes de los taludes deben brindar la estabilidad requerida de acuerdo con la topografía del terreno.

11.2.2 Control de operaciones

- Ingreso de residuos sólidos municipales
- Cantidad (peso y volumen estimados)
- Procedencia (sector del área urbana)
- Tipos de residuos (domésticos, comerciales, mercado etc.)
- Tipo de transporte (compactador, volteo, tracción animal, etc)
- Ingreso de vehículos y visitantes
- Horario del personal empleado
- Mantenimiento de las herramientas
- Ocurrencias extraordinarias (atascamiento de vehículo recolector, incendio, aguaceros, etc.)

11.2.3 Control de costos

Será necesario llevar un control de los costos de la construcción, operación y mantenimiento, ya que esto nos permitirá tener los máximos rendimientos con una mayor economía.

Factores para estimar los costos operacionales.

- Operación y mantenimiento, personal, infraestructura, mantenimiento de equipo, herramientas, construcciones auxiliares, etc.
- Herramientas
- Alquiler de equipo para la adecuación del sitio, apertura de la vía de acceso, excavación de zanjas.
- Materiales de construcción
- Costos indirectos, administración , supervisión.

11.2.4 Control del ambiente

Salida de gases

Las chimeneas o tubos de ventilación deberán ser observados permanentemente para verificar su funcionamiento.

Paisaje Natural

La construcción del relleno sanitario deberá tener un buen aspecto para no deteriorar el paisaje natural.

Control de incendios o quemas

En el relleno se deberá evitar la quema de materiales combustibles como papel, cartón, plásticos, llantas o cualquier otro elemento, ya que, pueden generar incendios, además de dar un mal aspecto, los incendios deberán ser sofocados con tierra.

Control de insectos, roedores y aves

Para combatir a los insectos no se deberán utilizar insecticidas, ya que, su empleo contamina el ambiente y, a la larga, hace que los insectos desarrollen una mayor resistencia a los agentes químicos, lo que a largo plazo dificulta su control, pues, la mejor forma de controlar estos vectores es cubrirlos con tierra.

La presencia de estos insectos y roedores, al igual que las aves que se alimentan de desperdicios, es un indicador de la falta de cobertura y de la falta de mantenimiento del relleno sanitario.

CONCLUSIONES

1. El municipio de Sumpango presenta un problema de manejo de desechos sólidos, pues, no cuenta con un sistema de recolección y disposición final adecuada, esto provoca contaminación del medio ambiente y afecta a la población en general.
2. El método de relleno sanitario manual, propuesto para la disposición final de los desechos sólidos es el que más se adapta a las necesidades del municipio, ya que, no emplea equipo pesado permanente para su operación y su implementación genera ingresos.
3. Con la implementación del relleno sanitario y su correcta operación se disminuirá la proliferación de vectores de enfermedades, la contaminación del suelo, del agua y del aire, y, al final de la vida útil del relleno, se tendrá disponible el terreno para áreas verdes y recreativas.
4. El proyecto de relleno sanitario manual, está diseñado de tal forma que sea autofinanciable, pues que con una acertada ejecución y el cumplimiento de las condiciones para su operación y mantenimiento el proyecto ofrecerá un buen servicio, beneficiando a los usuarios.

RECOMENDACIONES

1. Establecer una campaña de educación respecto a conceptos básicos de desechos sólidos, antes y durante la ejecución del proyecto, con el objetivo de informar a la población de los beneficios que se obtienen al darles un adecuado tratamiento.
2. Establecer un reglamento para el manejo de residuos sólidos y hacer una campaña de difusión e información, a los usuarios del servicio.
3. Establecer tarifas y mecanismos de cobro adecuados a los usuarios del servicio, para evitar el déficit financiero en el servicio.
4. Promover el reciclaje y el compostaje individual y explicar el beneficio de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

1. CHARLES S. SIMMONS, **Clasificación de reconocimiento de los suelos de Guatemala**, Guatemala. Editorial José Pineda Ibarra 1,958
2. DOREEN BROWN SALAZAR, **Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales**, Guatemala. 2,003
3. Instituto de Fomento Municipal, Depur, **Nomenclatura Urbana Sumpango, Sacatepéquez**, Guatemala. Septiembre 2,001
4. JARAMILLO JORGE, **Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales**, CEPIS/OPS, publicación 02.93, 2002.
5. JOACHÍN MUÑOZ JOSÉ FRANCISCO, **Propuesta del sistema de recolección manejo y disposición de los desechos sólidos en San Pedro Sacatepéquez, San Marcos**. Tesis Ing. Civil Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería Noviembre 2,002
6. RUANO SILVA JUAN SALATIEL, **Relleno Sanitario y Tren de Aseo del Municipio de San Miguel Petapa**. Tesis Ing. Civil Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería Guatemala. Noviembre de 1,998
7. STEWART M. OAKLEY, **Manual de diseño y operación de rellenos sanitarios en Honduras**. mayo 2,004

APÉNDICE

BOLETA No.1

EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE SUMPANGO, DEPARTAMENTO DE SACATEPEQUEZ

1. Datos del Encuestado

Nombre: Santos Cubur

Cargo: Alcalde Municipal

2. Datos del municipio

Numero de habitantes del área urbana: 18,910

Numero de habitantes del área rural: 9,089

Numero de casas en el área urbana: 4,258

Tasa de crecimiento: 2.9 %

Fuente: INE

3. Datos Generales del Manejo Municipal:

3.1 Generación de basura por domicilio: 0.86 kg/hab/día

3.2 Generación de basura a nivel municipal: 8,067.0 kg/hab/día

3.3 Cobertura Barrido: 5.00 kms

Mecánico: %

Manual: %

3.4 Cobertura Recolección Domiciliar: 3.00 %

3.5 Numero de casas a las que les recoge la basura: 120

3.6 Los camiones recolectores llevan directamente la basura al lugar destinado por la municipalidad para dejar la basura finalmente

Si No

3.7 En que tipo de lugar se deja la basura al final de ser recolectada por los camiones

Relleno Sanitario Se quema la basura sobre un terreno

Relleno Controlado Se tira a un río, lago u otro cuerpo de agua

Basurero a Cielo Abierto Se quema en un incinerador

3.8 Servicios especiales

Limpieza de Parques

a. Existen parques en su municipio Si No

b. Se realiza limpieza de parques Si No

c. Cuantas Camionadas de basura de limpieza de parques se recoge a la semana

d. Cuanta basura le cabe al camión con que se recoge la basura de la limpieza de parques

3.8.2 Limpieza de mercados

a. Existen mercados en su municipio Si No

b. Se realiza limpieza de mercados Si No

c. Cuantas camionadas de basura de limpieza de mercados se recoge a la semana

c. Cuanta basura le cabe al camión con que se recoge la basura en la limpieza de mercados.

3.8.3 Limpieza de hospitales o centros de salud

a. Existen hospitales en su municipio si no

b. Cuantas camionadas de basura de limpieza de hospitales se recogen a la semana

c. Cuanta basura le cabe al camión con que se recoge la basura en la limpieza de hospitales.

e. El hospital quema la basura si no

3.9 Materiales reciclados

papel

cartón

vidrio

plástico

3.9.1 Separación de basuras

a. Se hace separación de basura orgánica e inorgánica si no

b. En donde se realiza la separación

En casas en camiones

En el basurero En planta de tratamiento

c. De la basura separada cuanta es orgánica %

d. De la basura separada, cuanta es inorgánica %

e. Cuanto es el volumen total de la basura / día %

3.9.2 Pepenadores

Cuantos pepenadores hay en total Mayores de 15 años

Mujeres

Hombres

3.10 Barrido Mecánico

3.10.1 Cantidad de barredoras

3.10.2 Estado del equipo de vida útil

Bueno Malo Regular

En reparación Existen repuestos en el país

3.10.3 Modelo

3.10.4 Marca

3.11 Recolección

3.11.1 Frecuencia de recolección

Numero de veces / semana

3.11.2 Vehículos de recolección

Vehículo de recolección	Numero	Capacidad (Ton o m3)	Marca	Modelo
Volteo	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1.5"/>	<input type="text" value="Tovota"/>	<input type="text" value="1988"/>

3.11.3 Equipo

Equipo	Numero	Capacidad (Ton o m3)	Marca	Modelo
Camión	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tractores	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cargador Frontal	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Retroexcavadora	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

3.11.4 Estado del equipo de vida útil

Bueno Malo Regular

En reparación Existen repuestos en el país

3.11.5 Cuanto equipo más necesita

3.11.6 Cantidad de Personal

Personal	Operación	
	municipal	privado
Barrido	3	
Recolección	3	3
Transporte	3	
Disposición final		
Mantenimiento		
Servicios Especiales		
Tratamiento		
Administración		

4.0 Facturación y cobranza

4.1 Se cobra el Servicio si no

4.2 Se da Recibo Se cobra tarifa es igual
para todos

o Factura o Tasa o diferentes

a. La forma de cobrar es:

Por medio de Impuesto Predial	<input type="text"/>
b. Junto con la empresa eléctrica	<input type="text"/>
c. Junto con el agua potable y alcantarillado	<input type="text"/>
d. En forma directa	<input type="text"/>

4.3 Valor tasa o tarifa domiciliar por el manejo de la basura

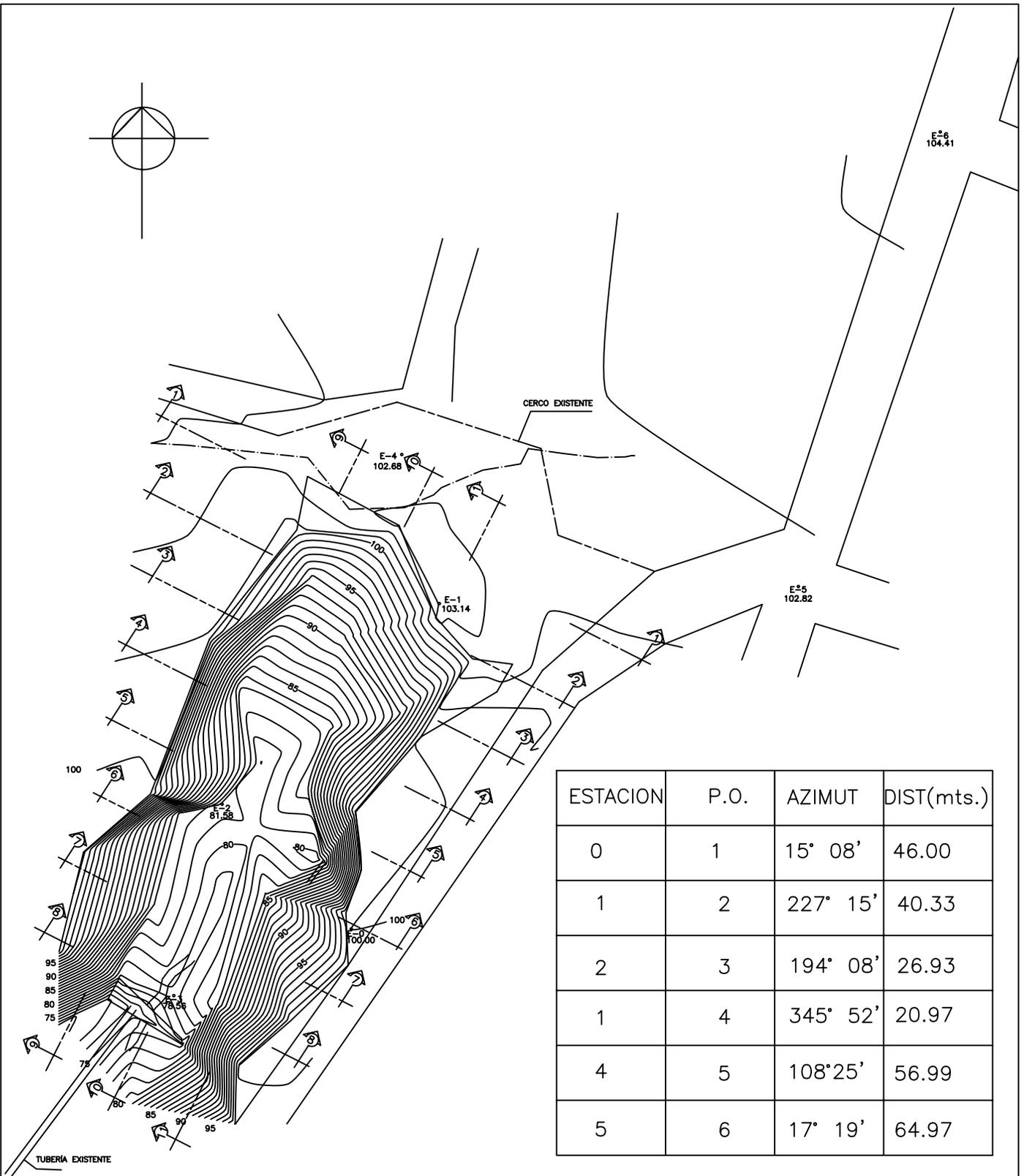
Cuanto (Q)	Limpieza Publica	(Q)	<input type="text"/>
	Recolección y transporte	(Q)	<input type="text"/>
	Disposición final	(Q)	<input type="text"/>
	Total	(Q)	<input type="text"/>

4.4 Valor tasa o tarifa comercial por el manejo de la basura

Cuanto (Q)	Limpieza Publica	(Q)	<input type="text"/>
	Recolección y Transporte	(Q)	<input type="text"/>
	Disposición final	(Q)	<input type="text"/>
	Total	(Q)	<input type="text"/>

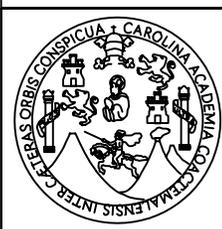
4.5 Valor tasa o tarifa industrial por el manejo de la basura

Cuanto (Q)	Limpieza Publica	(Q)	<input type="text"/>
	Recolección y transporte	(Q)	<input type="text"/>
	Disposición Final	(Q)	<input type="text"/>
	Total	(Q)	<input type="text"/>



ESTACION	P.O.	AZIMUT	DIST(mts.)
0	1	15° 08'	46.00
1	2	227° 15'	40.33
2	3	194° 08'	26.93
1	4	345° 52'	20.97
4	5	108° 25'	56.99
5	6	17° 19'	64.97

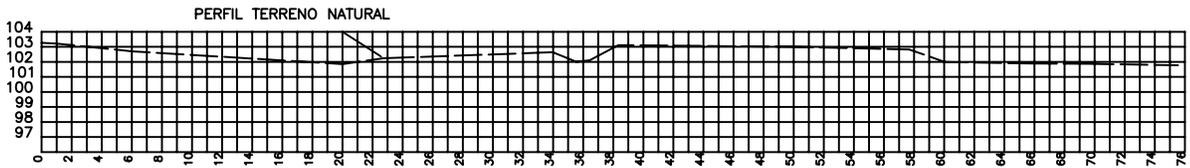
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO + CURVAS DE NIVEL esc: 1:750



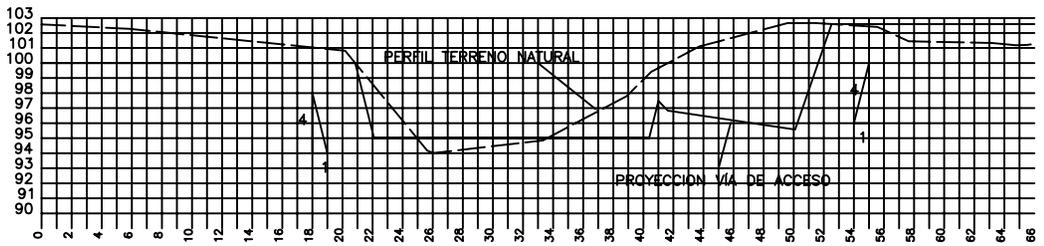
Diseño: Fredy Figueroa
 Municipio: Sumpango
 Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
 Plano: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO + CURVAS DE NIVEL

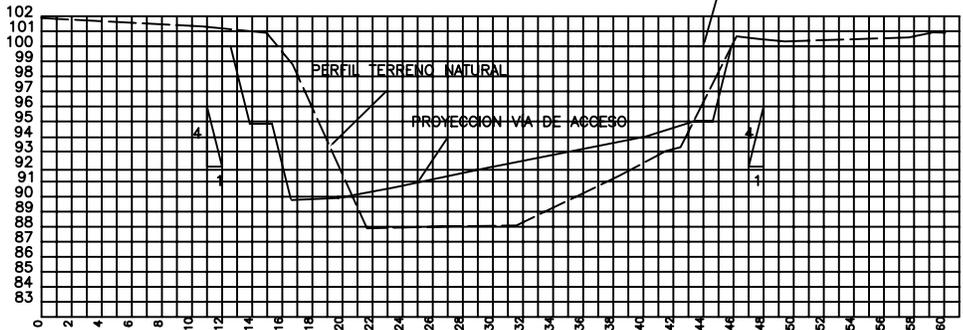
Hoja 1 / 20



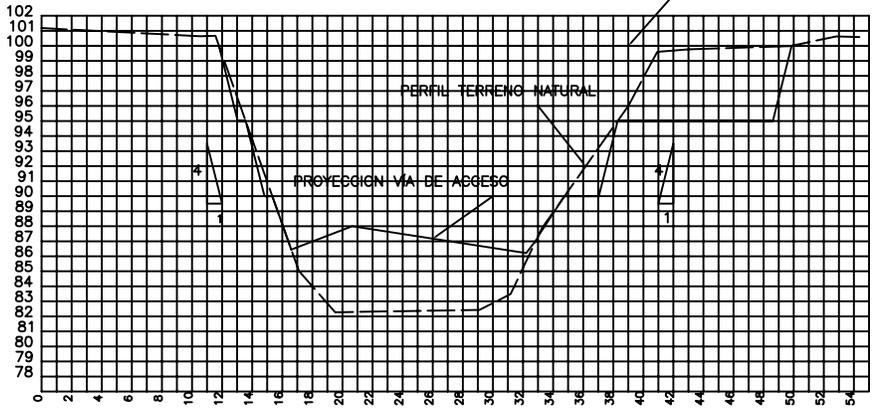
SECCION 1-1' ESC. HOR. 1:500
VER. 1:500



SECCION 2-2' ESC. HOR. 1:500
VER. 1:500



SECCION 3-3' ESC. HOR. 1:500
VER. 1:500



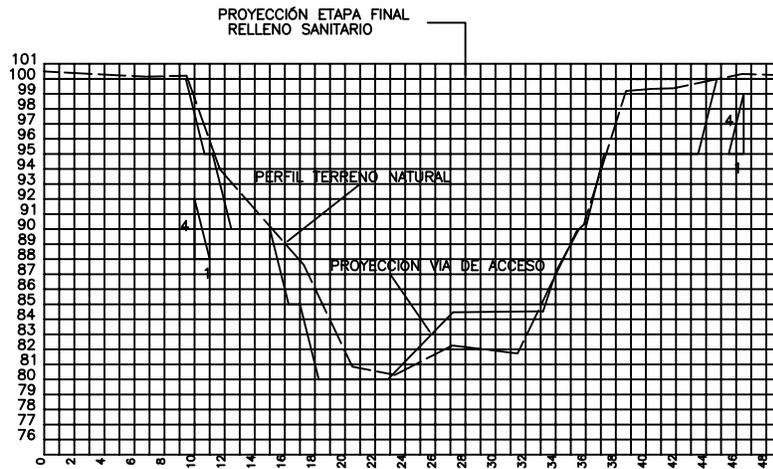
SECCION 4-4' ESC. HOR. 1:500
VER. 1:500



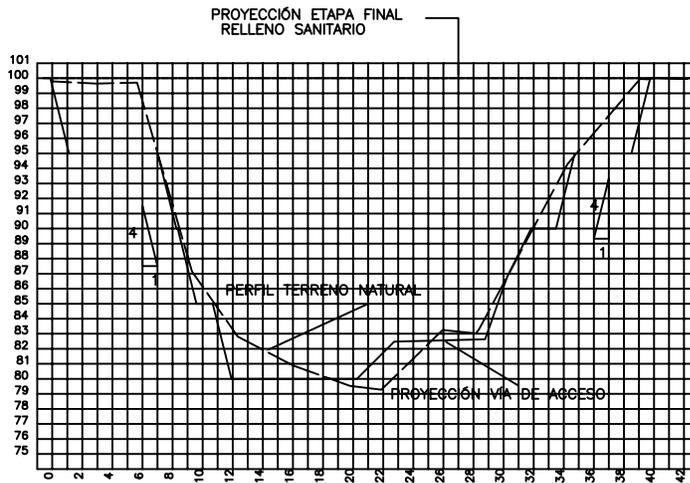
Diseño: Fredy Figueroa
Municipio: Sumpango
Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
Plano: PERFILES

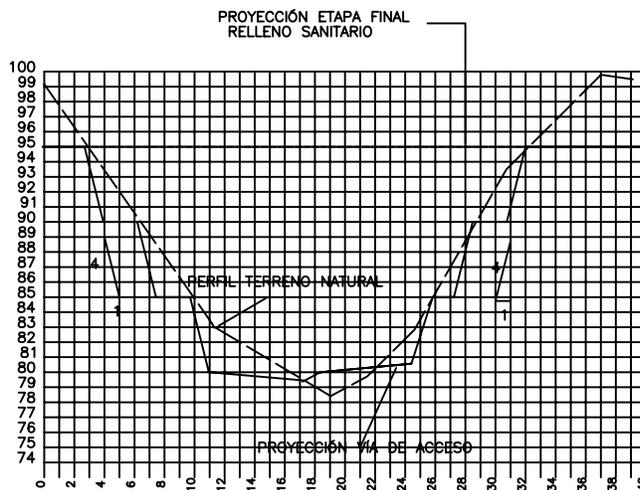
Hoja
2 / 20



SECCION 5-5' ESC. HOR. 1:500
VER. 1:500



SECCION 6-6' ESC. HOR. 1:500
VER. 1:500



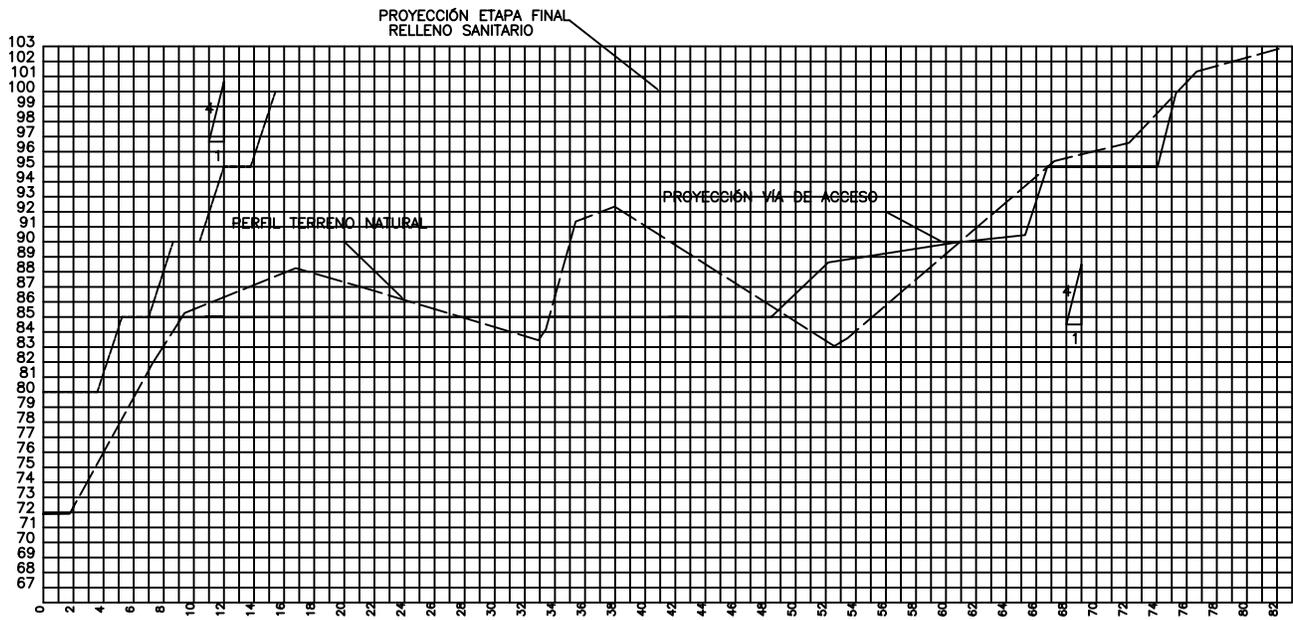
SECCION 7-7' ESC. HOR. 1:500
VER. 1:500



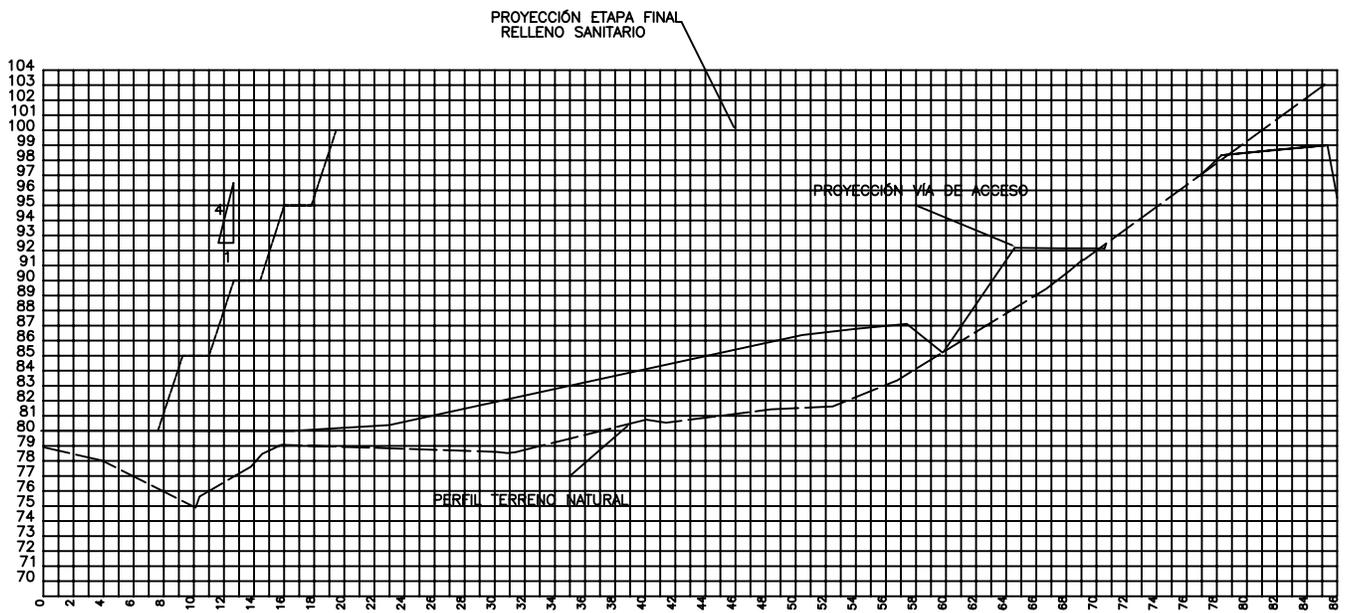
Diseño: Fredy Figueroa
Municipio: Sumpango
Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
Plano: PERFILES

Hoja
3
20



SECCION 9-9 ESC. HOR. 1:500
VER. 1:500



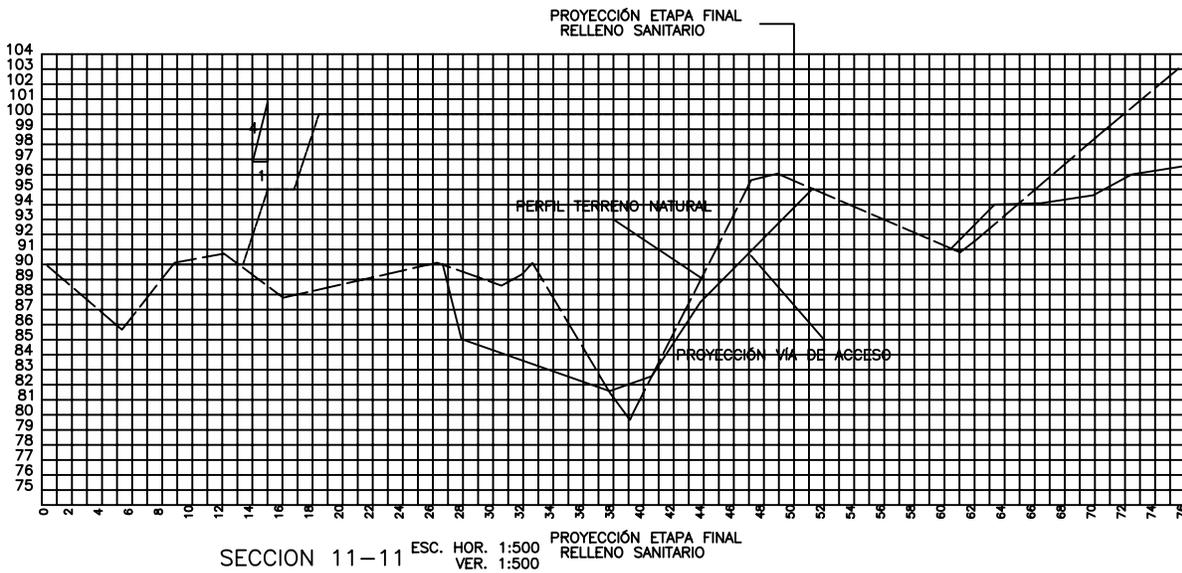
SECCION 10-10 ESC. HOR. 1:500
VER. 1:500



Diseño: Fredy Figueroa
Municipio: Sumpango
Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
Plano: PERFILES

Hoja
4
20



Diseño: Fredy Figueroa
 Municipio: Sumpango
 Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
 Plano: PERFILES

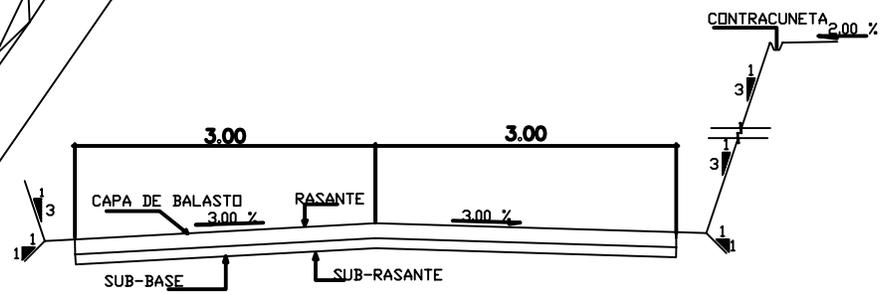
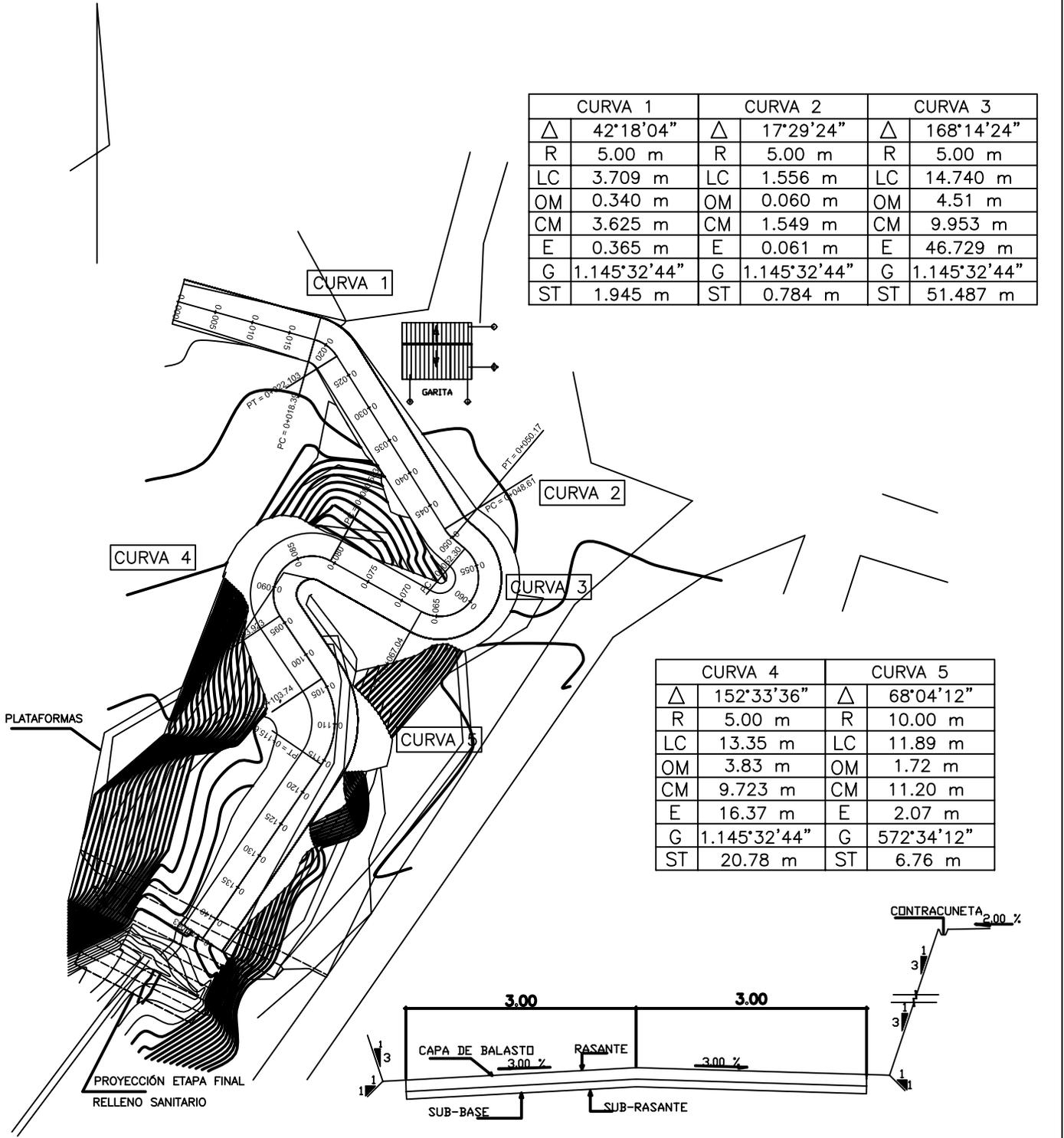
Hoja

5

20

	CURVA 1		CURVA 2		CURVA 3
Δ	42°18'04"	Δ	17°29'24"	Δ	168°14'24"
R	5.00 m	R	5.00 m	R	5.00 m
LC	3.709 m	LC	1.556 m	LC	14.740 m
OM	0.340 m	OM	0.060 m	OM	4.51 m
CM	3.625 m	CM	1.549 m	CM	9.953 m
E	0.365 m	E	0.061 m	E	46.729 m
G	1.145°32'44"	G	1.145°32'44"	G	1.145°32'44"
ST	1.945 m	ST	0.784 m	ST	51.487 m

	CURVA 4		CURVA 5
Δ	152°33'36"	Δ	68°04'12"
R	5.00 m	R	10.00 m
LC	13.35 m	LC	11.89 m
OM	3.83 m	OM	1.72 m
CM	9.723 m	CM	11.20 m
E	16.37 m	E	2.07 m
G	1.145°32'44"	G	572°34'12"
ST	20.78 m	ST	6.76 m



SECCION DE VIA DE ACCESO
ESCALA 1 : 10

PLANTA GENERAL DE CALLE esc: 1:750

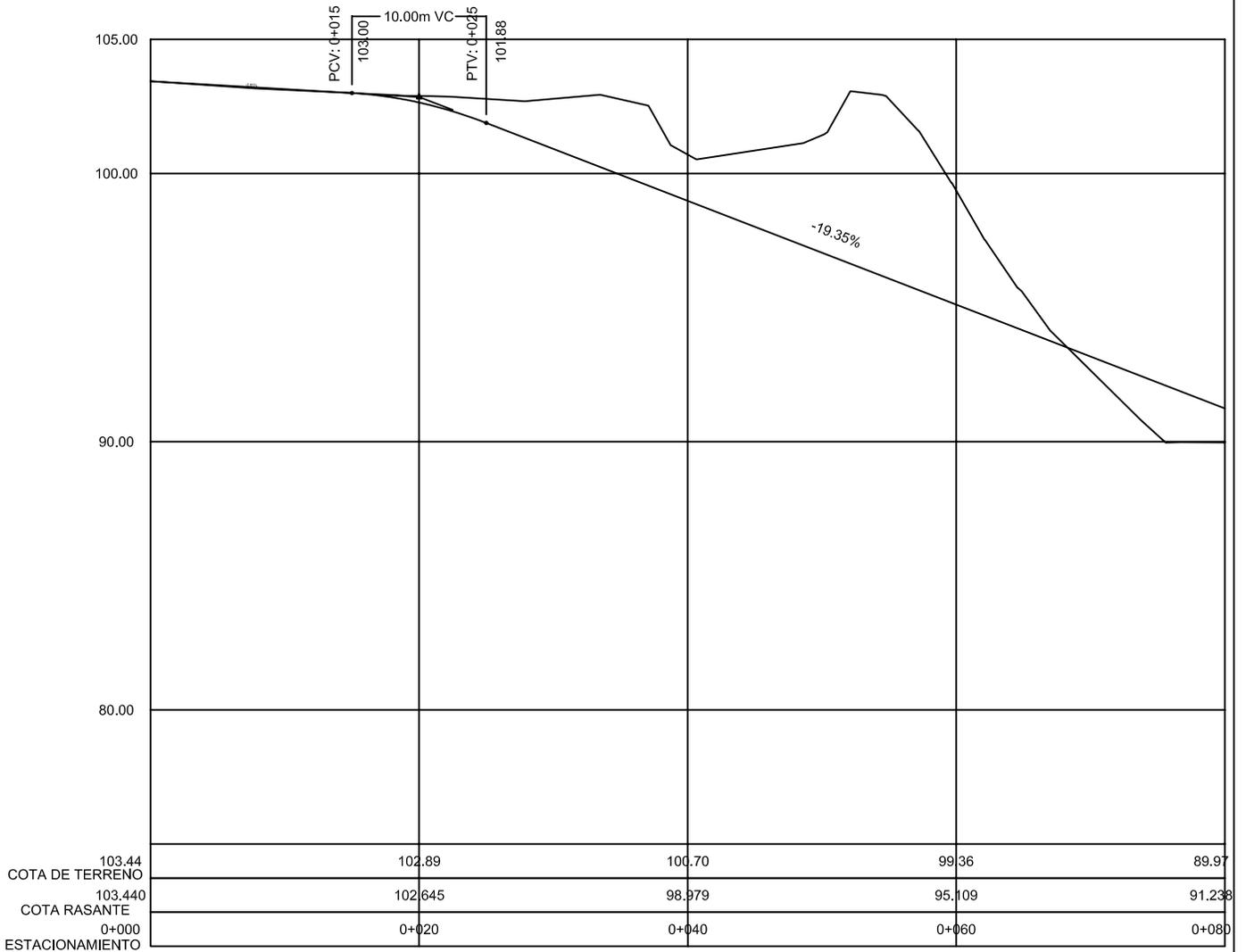


Diseño: Fredy Figueroa
Municipio: Sumpango
Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
Plano: PLANTA GENERAL DE VÍA DE ACCESO

Hoja 6 / 20

PVI STA = 0+020
PVI ELEV = 102,85
A.D. = -16,41
K = 0.61



PERFIL ESC. HOR. 1 : 500
ESC. VER. 1 : 250

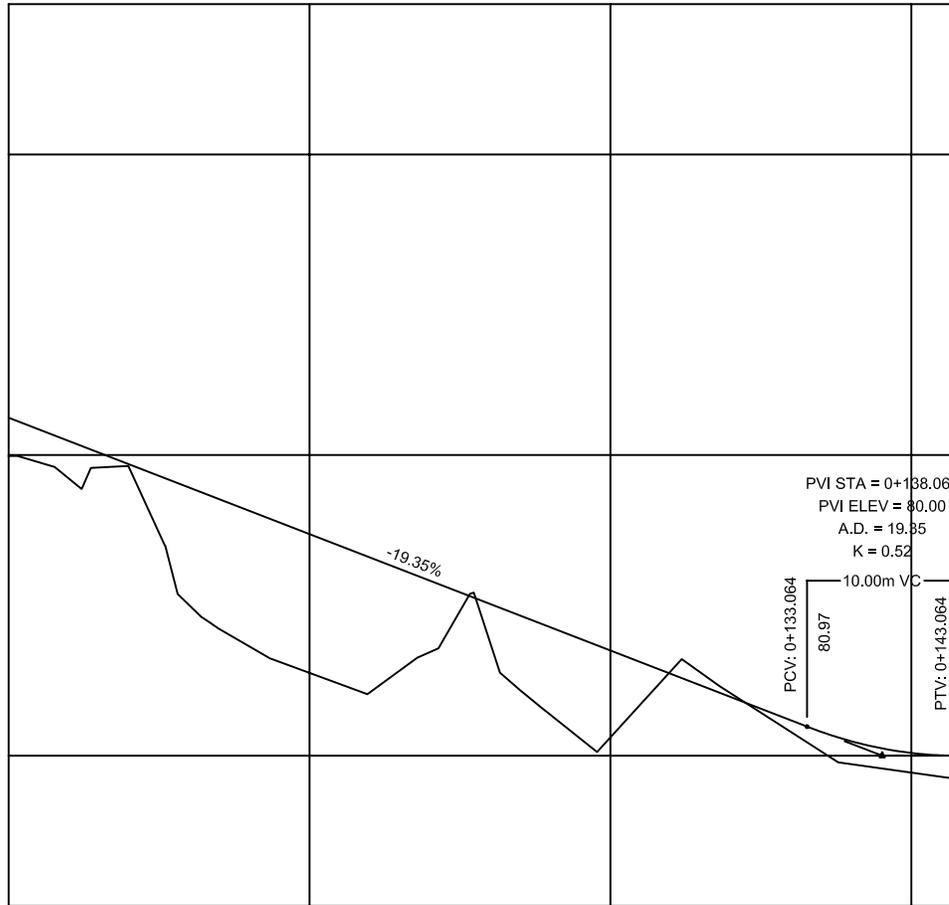


Diseño: Fredy Figueroa
Municipio: Sumpango
Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
Plano: PERFIL DE VÍA DE ACCESO

Hoja

7 / 20



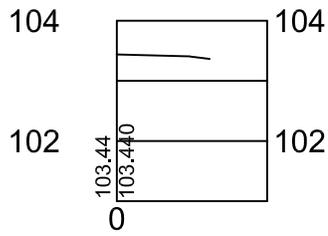
COTA DE TERRENO	89.97	82.75	80.61	79.44	79.22
COTA RASANTE	91.238	87.367	83.496	80.091	80.000
ESTACIONAMIENTO	0+080	0+100	0+120	0+140	0+143.06

PERFIL ESC. HOR. 1 : 500
ESC. VER. 1 : 250

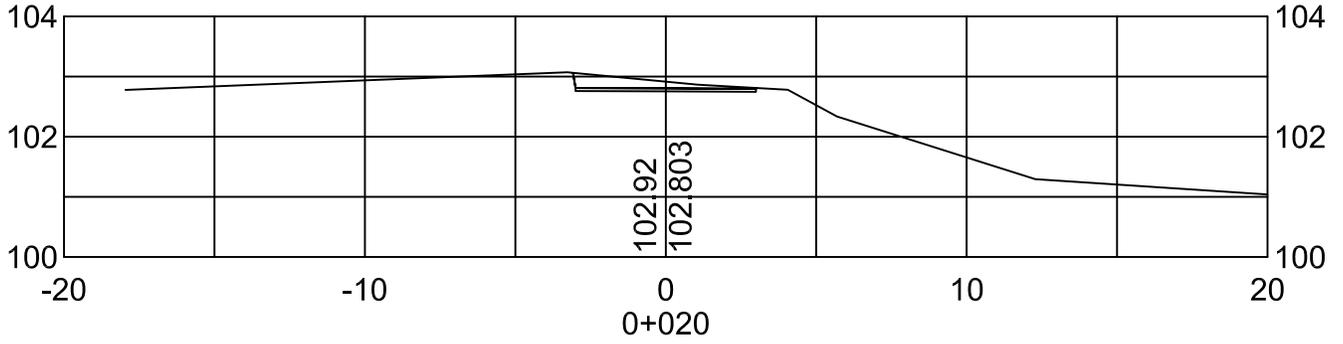


Diseño: Fredy Figueroa	Proyecto: Relleno Sanitario Manual	Hoja
Municipio: Sumpango	Plano: PERFIL DE VÍA DE ACCESO	8 20
Departamento: Sacatepequez		

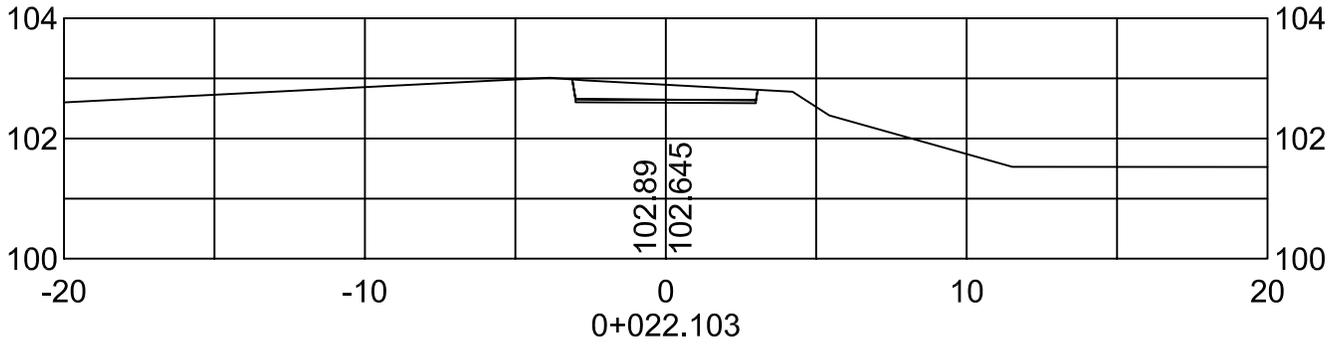
0+000



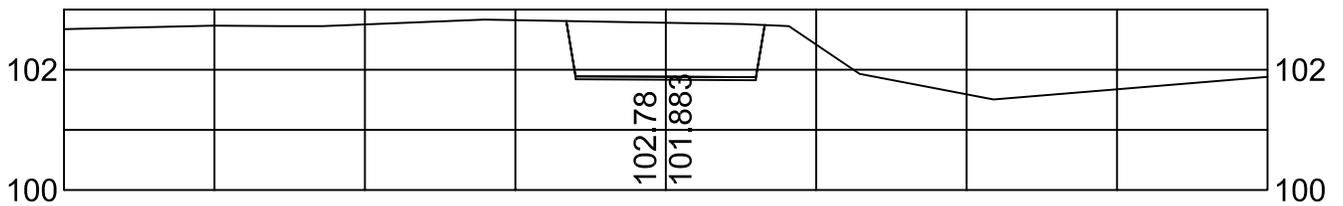
0+018.394



0+022.103



0+025



SECCIONES TRANSVERSALES

ESC. 1 / 250

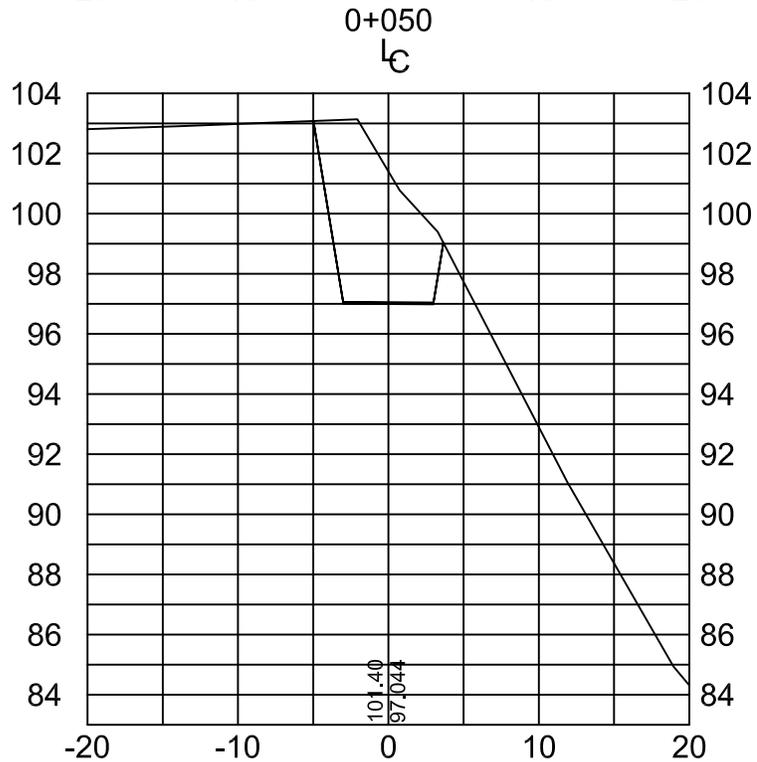
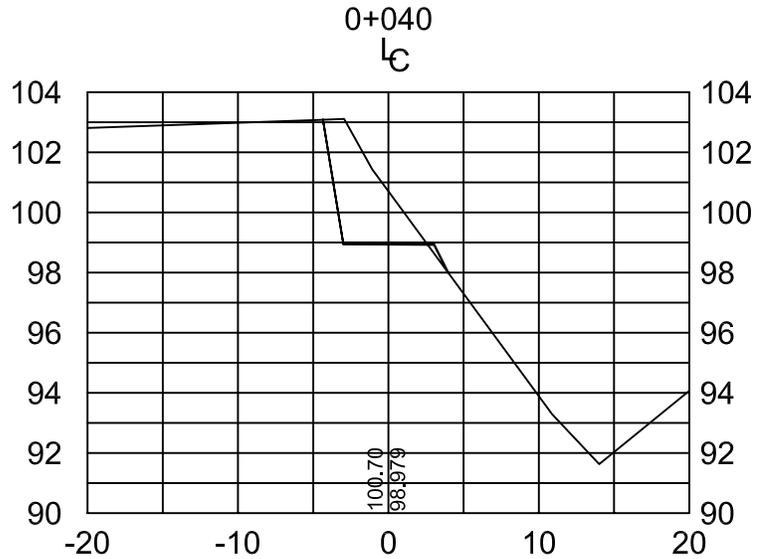
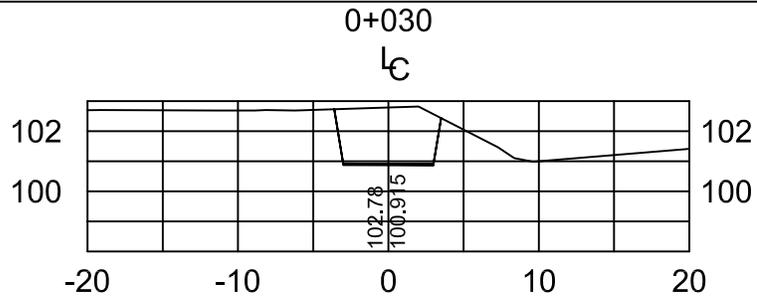


Diseño: Fredy Figueroa
 Municipio: Sumpango
 Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
 Plano: SECCIONES TRANSVERSALES

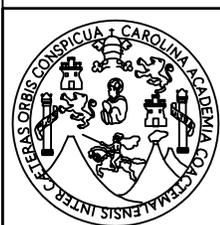
Hoja

9
 20



SECCIONES TRANSVERSALES

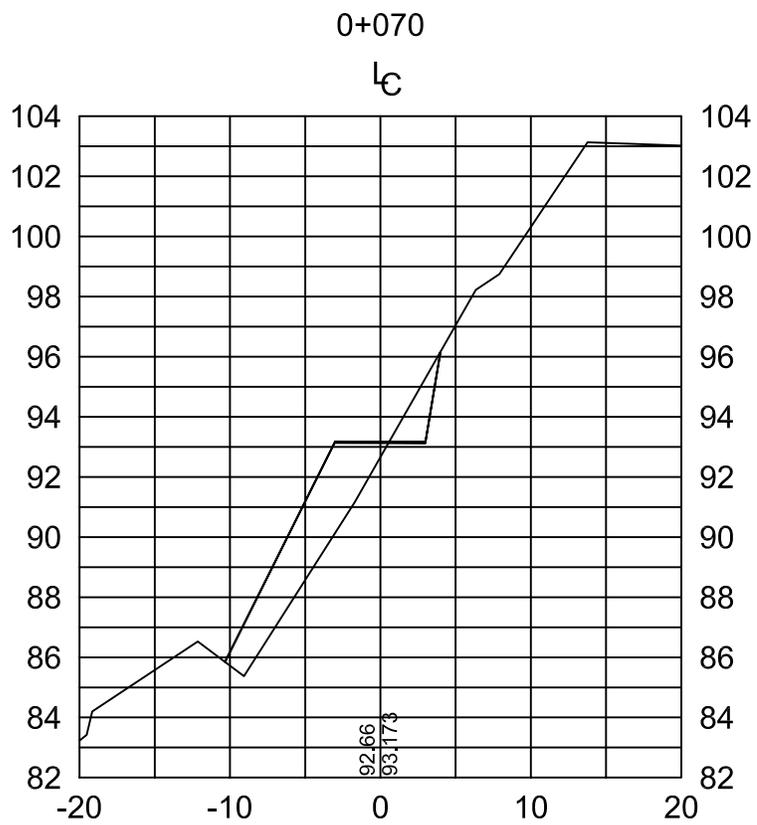
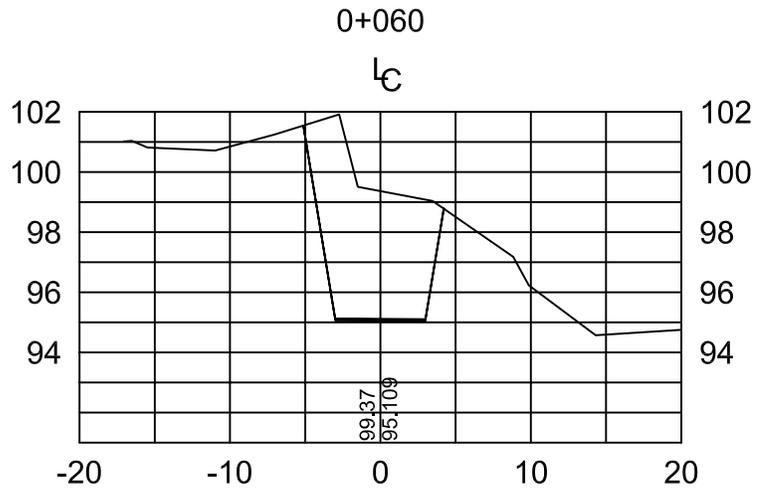
ESC. 1 / 500



Diseño: Fredy Figueroa
 Municipio: Sumpango
 Departamento: Sacatepequez

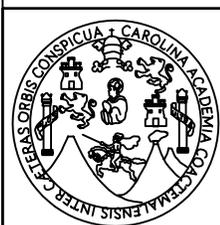
Proyecto: Relleno Sanitario Manual
 Plano: SECCIONES TRANSVERSALES

Hoja
 10
 20



SECCIONES TRANSVERSALES

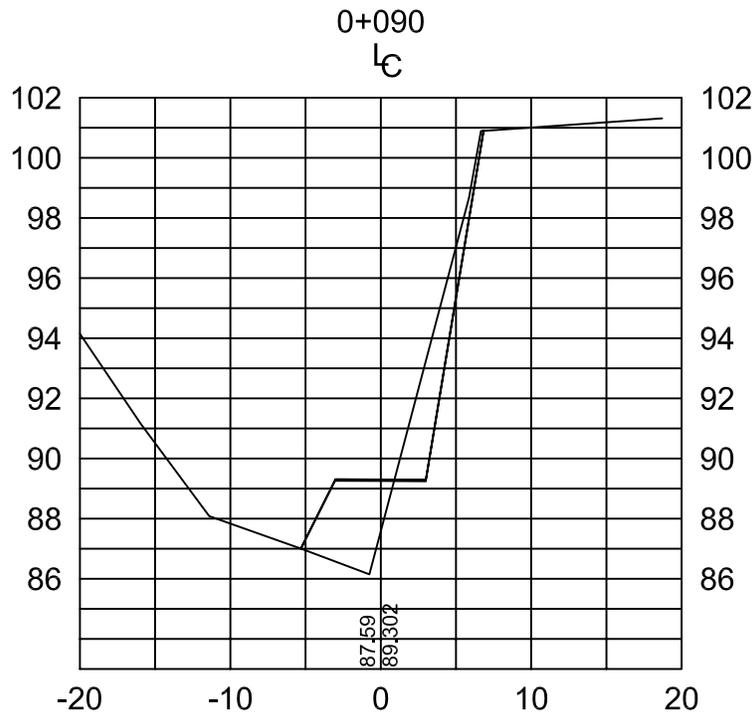
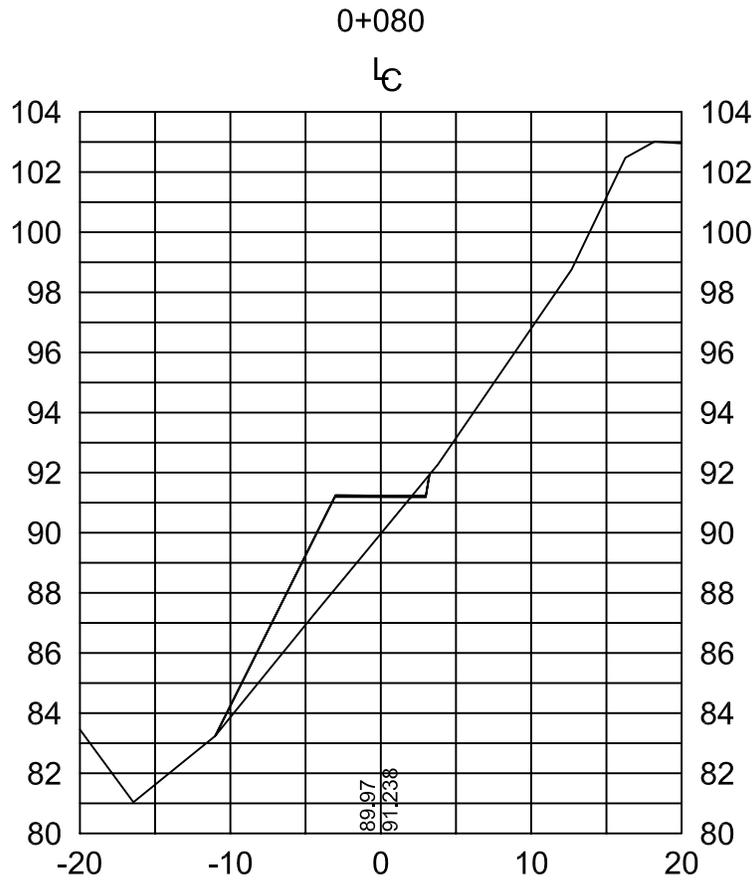
ESC. 1 / 500



Diseño: Fredy Figueroa
 Municipio: Sumpango
 Departamento: Sacatepequez

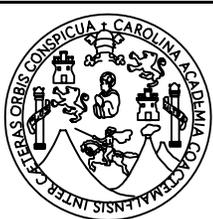
Proyecto: Relleno Sanitario Manual
 Plano: SECCIONES TRANSVERSALES

Hoja 11 / 20



SECCIONES TRANSVERSALES

ESC. 1 / 500



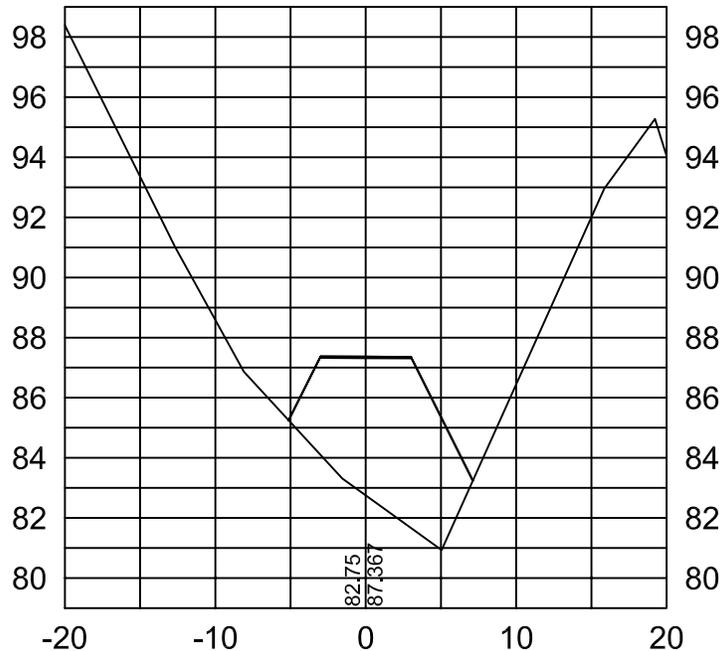
Diseño: Fredy Figueroa
 Municipio: Sumpango
 Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
 Plano: SECCIONES TRANSVERSALES

Hoja
 12 / 20

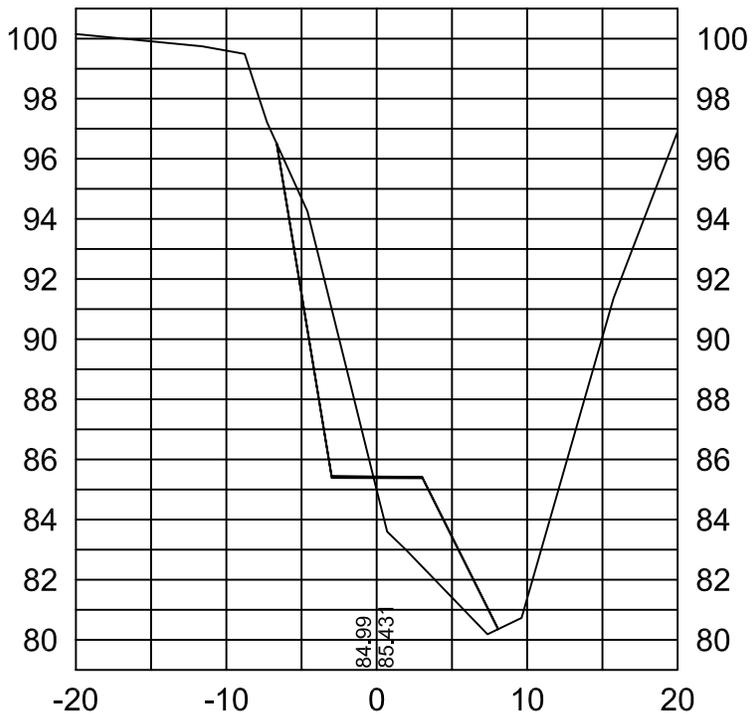
0+100

L_c



0+110

L_c



SECCIONES TRANSVERSALES

ESC. 1 / 500



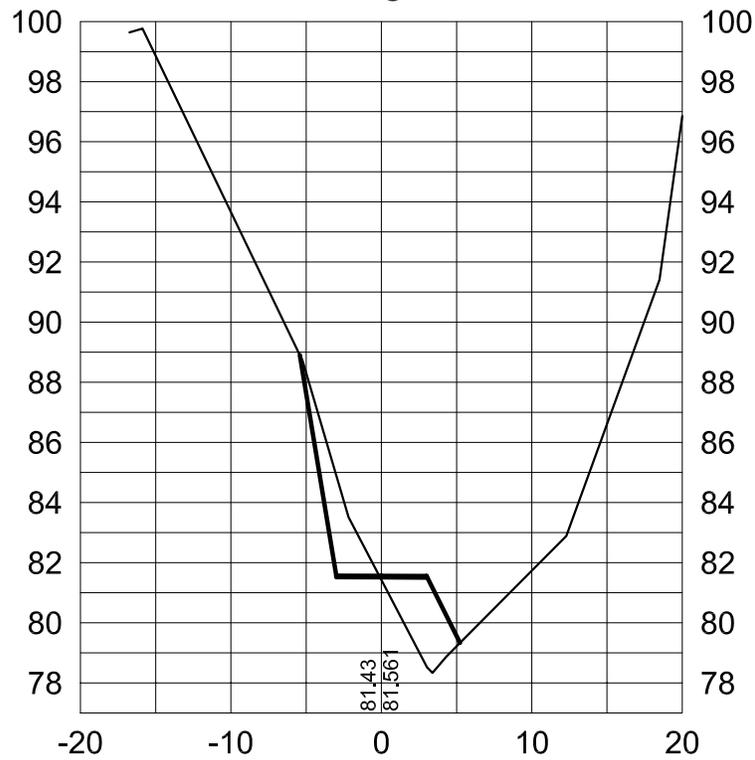
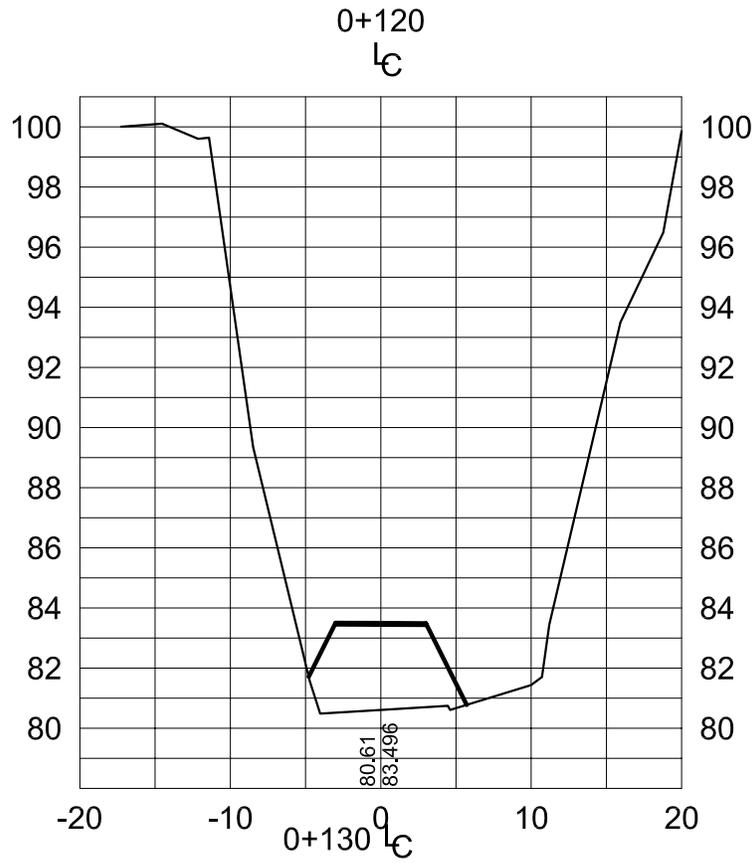
Diseño: Fredy Figueroa
 Municipio: Sumpango
 Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
 Plano: SECCIONES TRANSVERSALES

Hoja

13

20



SECCIONES TRANSVERSALES

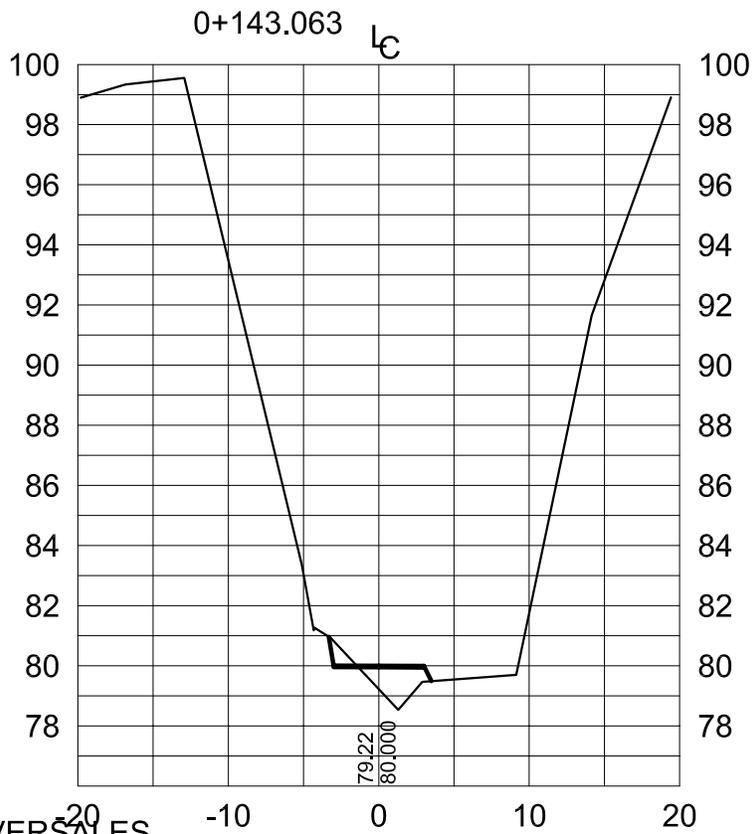
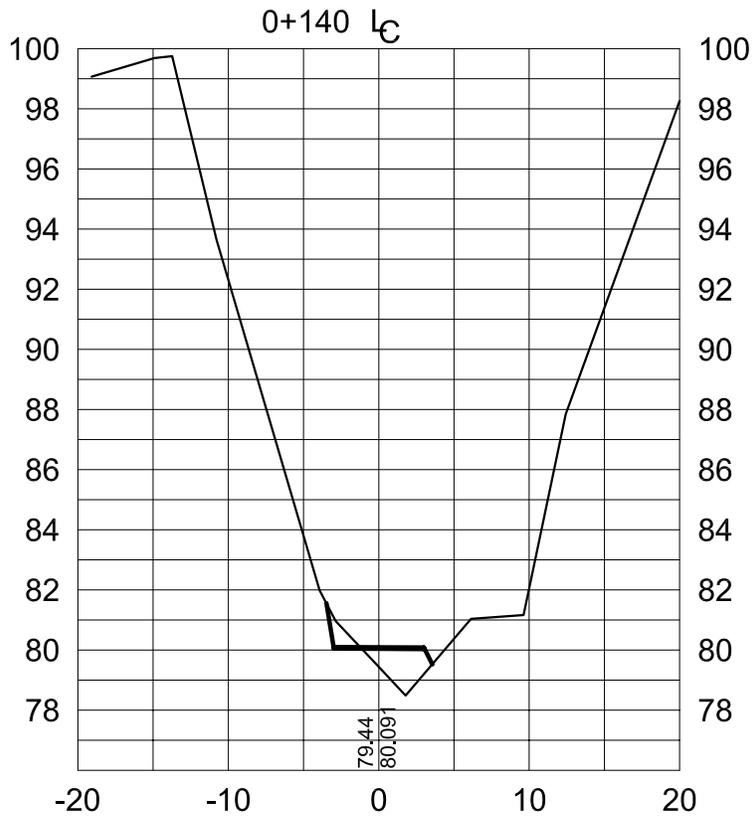
ESC. 1 / 500



Diseño: Fredy Figueroa
 Municipio: Sumpango
 Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
 Plano: SECCIONES TRANSVERSALES

Hoja
 14 / 20



SECCIONES TRANSVERSALES

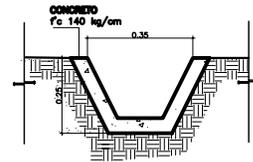
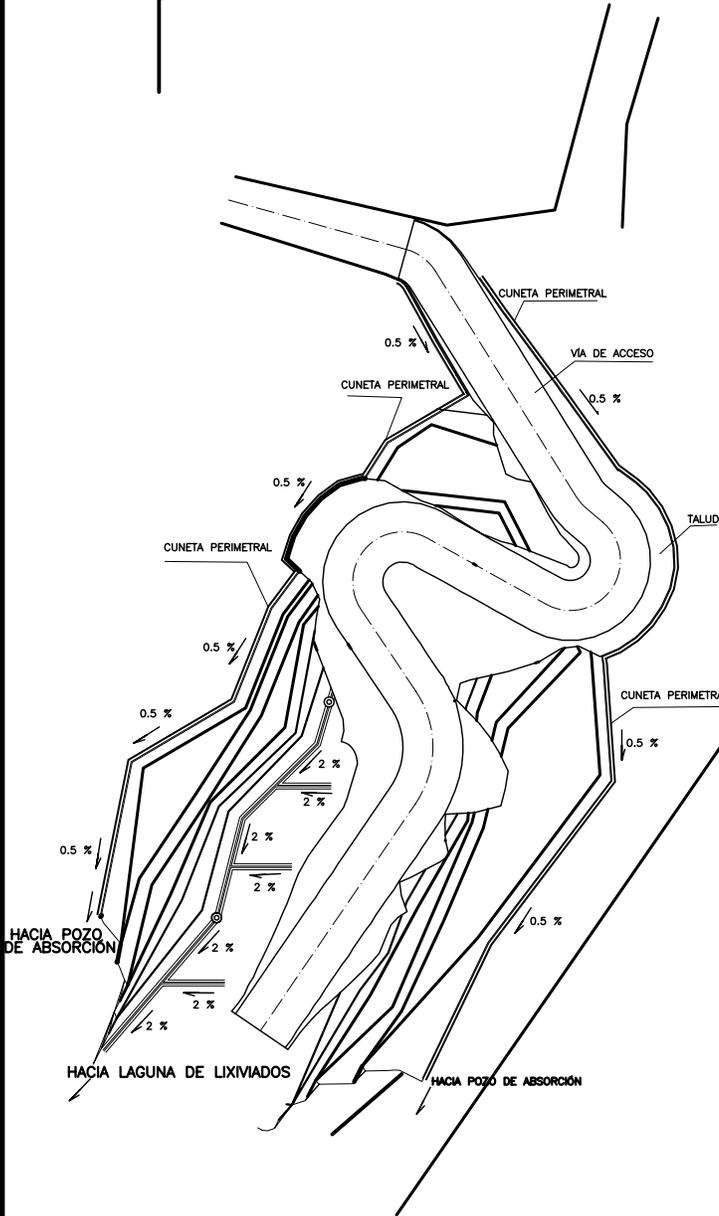
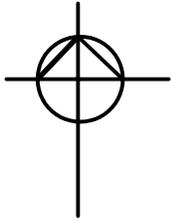
ESC. 1 / 500



Diseño: Fredy Figueroa
 Municipio: Sumpango
 Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
 Plano: SECCIONES TRANSVERSALES

Hoja 15 / 20



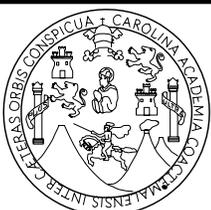
CUNETA PERIMETRAL
ESCALA 1 : 5

SIMBOLOGIA

	TUBERIA POLIETILENO ALTA DENSIDAD Ø 6"+ZANJA
	YEE A 45° PEAD
	TEE PEAD
	CODO PEAD
	INDICA PENDIENTE
	DRENAJE DE GASES
	CUNETA

PLANTA DRENAJE PLUVIAL

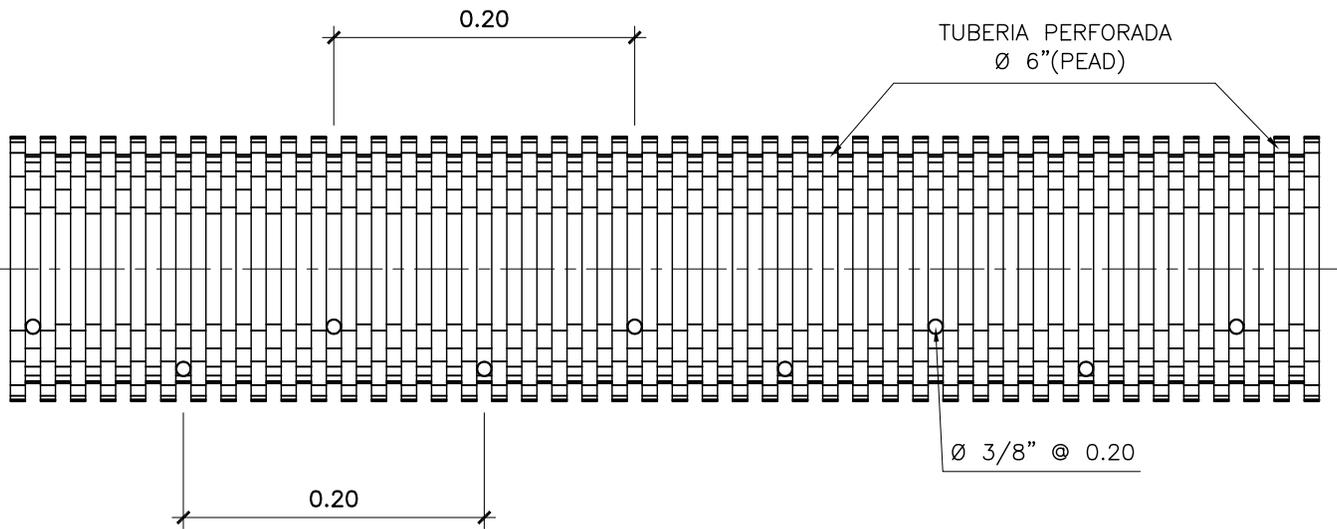
+ LIXIVIADOS ESCALA 1 : 750



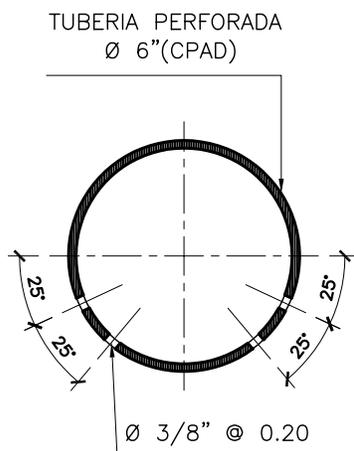
Diseño: Fredy Figueroa
Municipio: Sumpango
Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
Plano: **DRENAJE PLUVIAL Y LIXIVIADOS**

Hoja
16
20



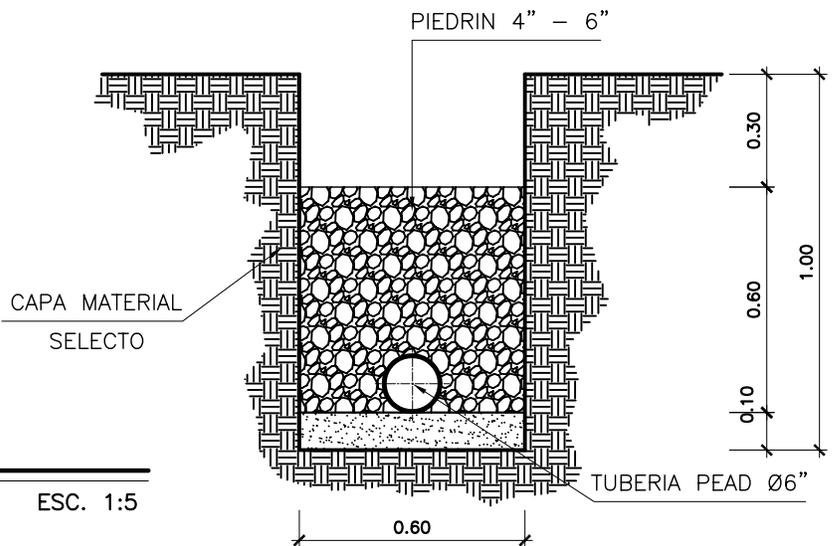
DETALLE DE TUBERIA PERFORADA TIPO POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD



DETALLE DE PERFORACION EN TUBERIA PEAD

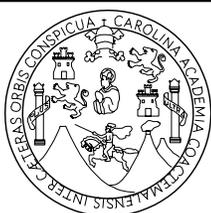
ESC. 1:5

ESC. 1:50



DETALLE DE INSTALACION DE TUBERIA EN ZANJA

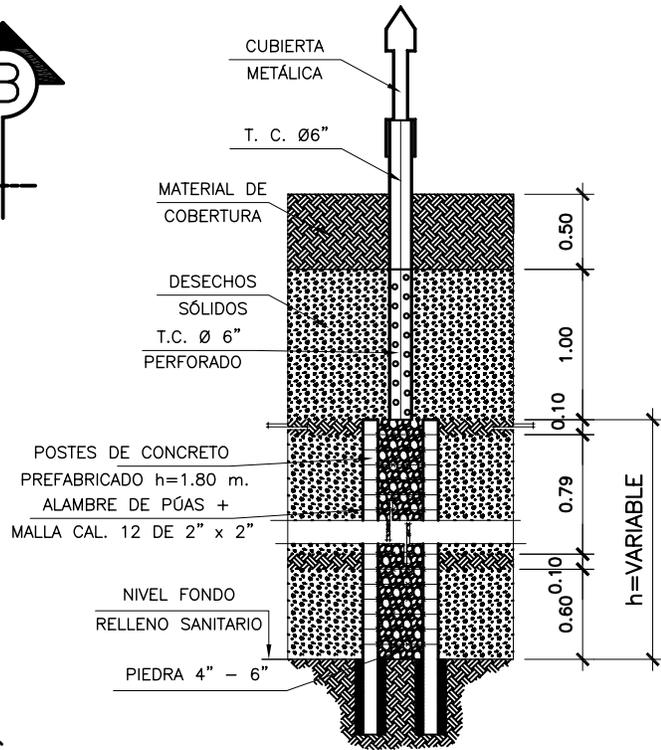
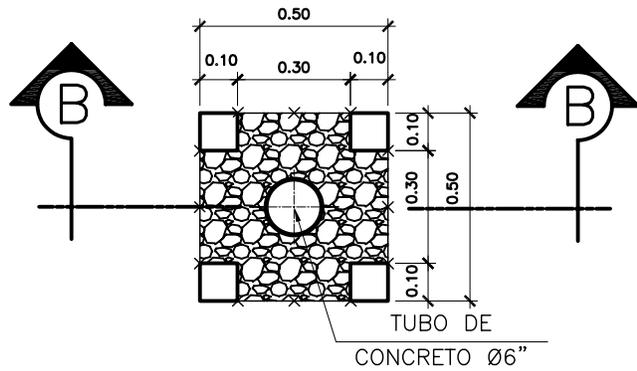
ESC. 1:20



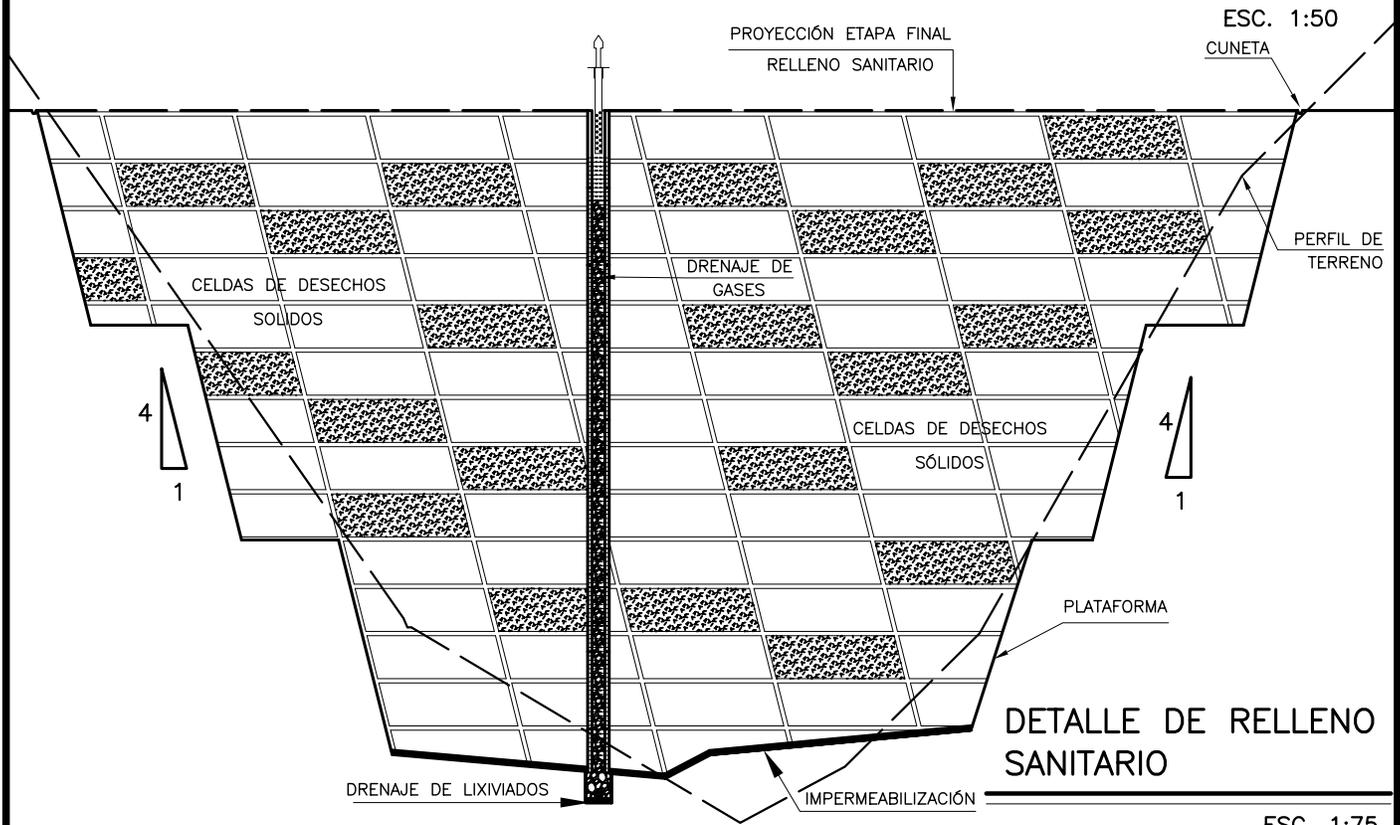
Diseño: Fredy Figueroa
 Municipio: Sumpango
 Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
 Plano: **DETALLES DRENAJE DE LIXVIADOS**

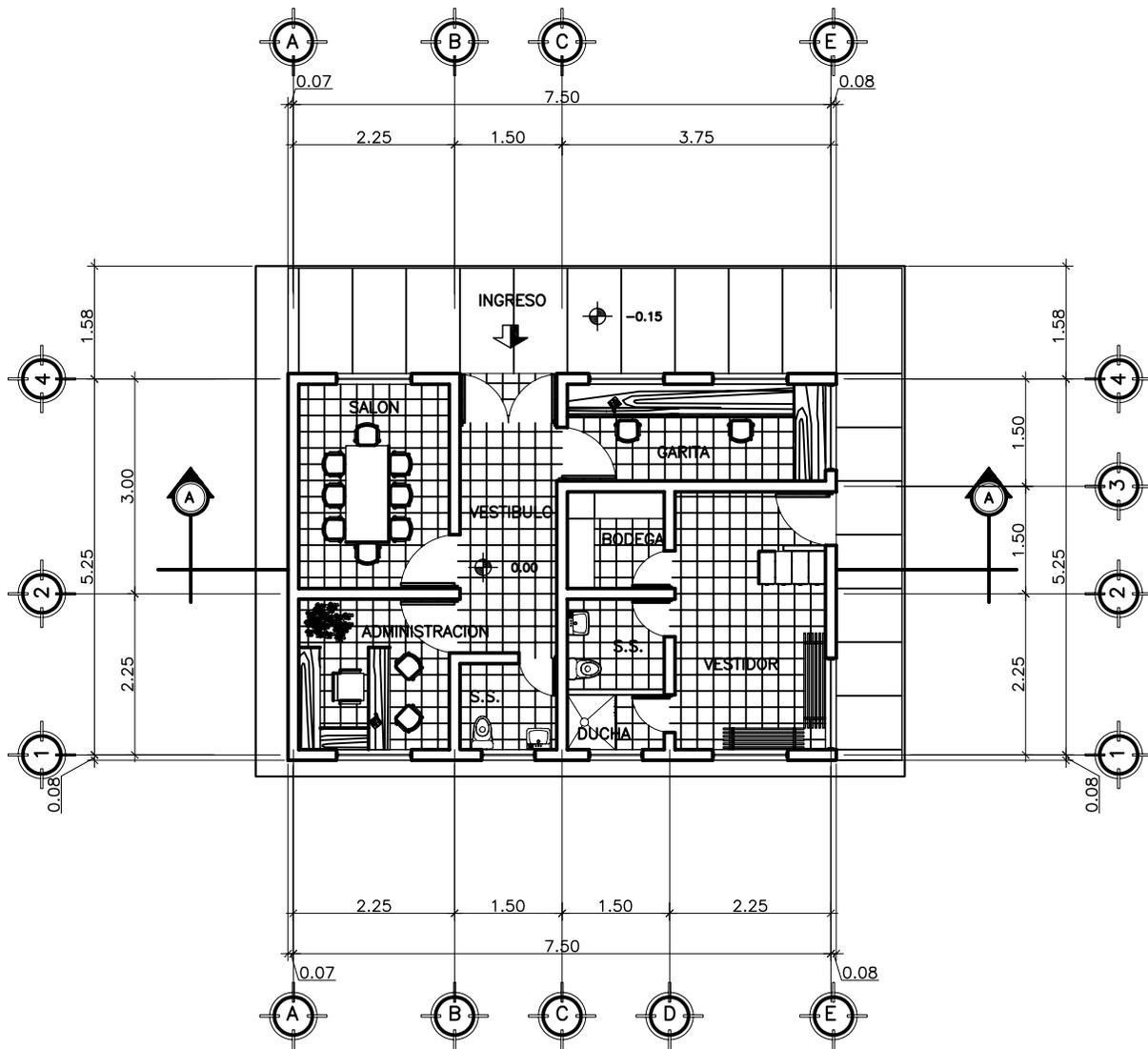
Hoja
 17 / 20



PLANTA Y SECCIÓN
DETALLE DE DRENAJE DE GASES

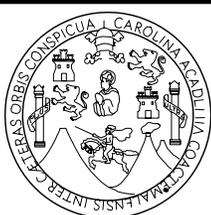


Diseño: Fredy Figueroa	Proyecto: Relleno Sanitario Manual	Hoja
Municipio: Sumpango	Plano:	18
Departamento: Sacatepequez	DETALLES DRENAJE DE GASES	20



PLANTA AMUEBLADA

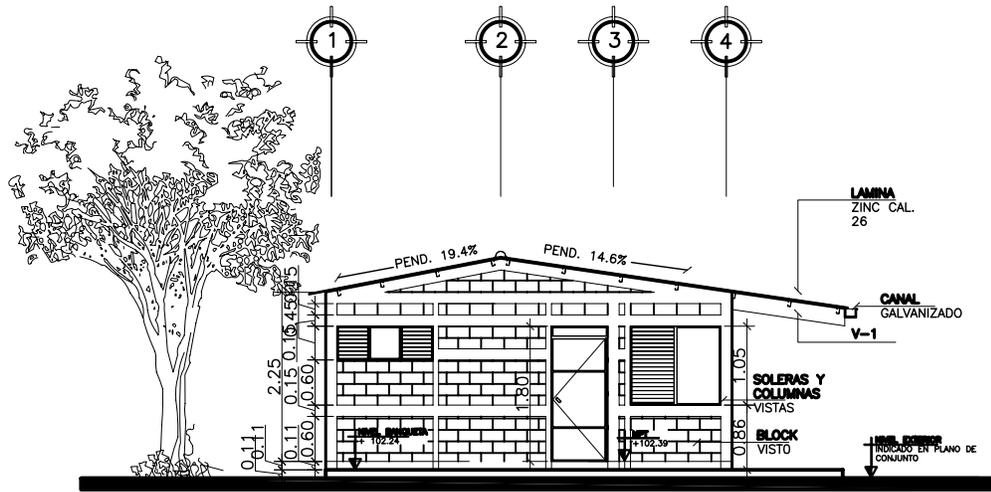
OFICINAS ADMINISTRATIVAS Y GARITA DE CONTROL ESCALA 1:75



Diseño: Fredy Figueroa
 Municipio: Sumpango
 Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
 Plano: **PLANTA AMUEBLADA**
ADMINISTRACIÓN + GARITA

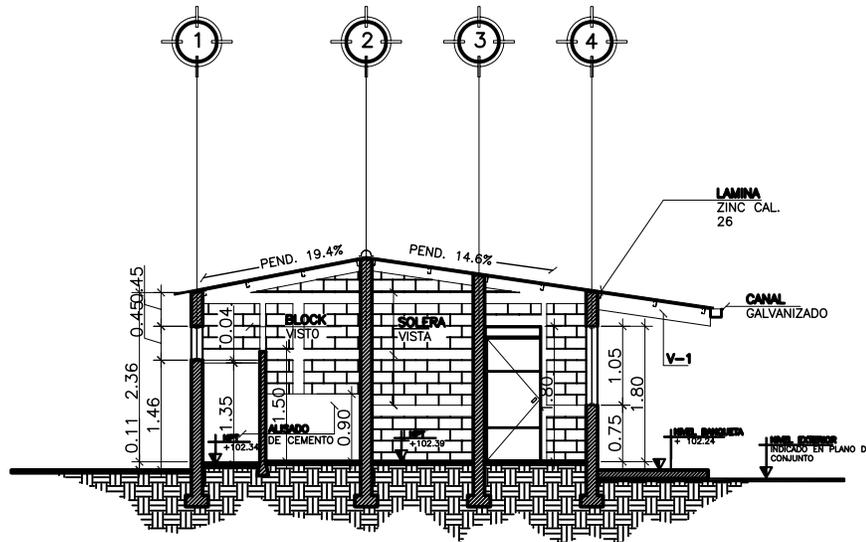
Hoja
 19 / 20



ELEVACION LATERAL IZQUIERDA

GARITA

ESCALA 1:75



SECCION A-A

GARITA

ESCALA 1:75



Diseño: Fredy Figueroa
 Municipio: Sumpango
 Departamento: Sacatepequez

Proyecto: Relleno Sanitario Manual
 Plano: **ELEVACIÓN + SECCIÓN**
GARITA + ADMINISTRACIÓN

Hoja
 20 / 20