

T-UES  
1501  
R383  
2000  
EJ. 2

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
INGENIERIA CIVIL**



**RELLENO SANITARIO MANUAL, UN ESTUDIO  
DE FACTIBILIDAD PARA EL MUNICIPIO DE  
SAN FRANCISCO GOTERA,  
DEPARTAMENTO DE MORAZAN.**

PRESENTADO POR:

**HUGO LEONEL BONILLA CHICAS  
MELVIN DOUGLAS GUATEMALA GUEVARA  
ENGELBERTO PEREZ ROMERO PINEDA  
RONALD ISMAEL TREJO CABRERA**

15102088

PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

15102088

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DEL 2000.



4830

*Recibido el 15 febrero 2009*



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR A**

:

**DRA. MARIA ISABEL RODRIGUEZ**

**SECRETARIA GENERAL :**

**LIC. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**DECANO**

:

**ING. ALVARO ANTONIO AGUILAR ORANTES**

**SECRETARIO**

:

**ING. SAUL ALFONSO GRANADOS**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**DIRECTOR**

:

**ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURAN**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Título :**

**RELLENO SANITARIO MANUAL, UN ESTUDIO  
DE FACTIBILIDAD PARA EL MUNICIPIO DE  
SAN FRANCISCO GOTERA,  
DEPARTAMENTO DE MORAZAN.**

**Presentado por :**

**HUGO LEONEL BONILLA CHICAS  
MELVIN DOUGLAS GUATEMALA GUEVARA  
ENGELBERTO PEREZ ROMERO PINEDA  
RONALD ISMAEL TREJO CABRERA**

**Trabajo de Graduación aprobado por:**

**Coordinador :**

**ING. JUAN GUILLERMO UMAÑA GRANADOS**

**Asesores :**

**ING. EDWIN SANTIAGO ESCOBAR RIVAS**

**ING. RICARDO ERNESTO HERRERA MIRON**

**San Salvador, Febrero del 2000**

**Trabajo de Graduación aprobado por:**

**Coordinador :**




**ING. JUAN GUILLERMO UMAÑA GRANADOS**

**Asesor :**



**ING. EDWIN SANTIAGO ESCOBAR RIVAS**

**Asesor :**



**ING. RICARDO ERNESTO HERRERA MIRON**

**FAC. DE ING. Y ARQ. -- UES**



**ESCUELA DE  
INGENIERIA CIVIL**

## **DEDICATORIA ESPECIAL**

Dedicamos la conclusión de este estudio, con mucho agradecimiento a la Organización Panamericana de la Salud (O. P. S.), institución que apoya y promueve proyectos y/o programas de salud y saneamiento ambiental, y que tuvo a bien financiar parte de los estudios necesarios para poder desarrollar la investigación; a través de su representante para El Salvador el Dr. Horacio Toro Ocampo.

También agradecemos de manera muy especial al Ing. Juan Guillermo Umaña Granados, quien nos colaboró como Coordinador y Asesor de tesis, a pesar de sus múltiples ocupaciones debido a sus actividades profesionales, además de su gran aporte de material bibliográfico y recomendaciones en aspectos técnicos, por su gran experiencia y preparación en el área de Ingeniería Sanitaria; ya que sin su ayuda no hubiera sido posible la conclusión de éste trabajo de graduación.

## **DEDICATORIA**

**A DIOS TODO PODEROSO:** Por enseñarme lo que es el esfuerzo y la perseverancia, dos cosas importantes que se deben tomar en cuenta para el desarrollo de un objetivo en general. También por haberme escuchado y brindado entendimiento en todo momento; para que pudiera librar todas las dificultades que durante este tiempo se presentaron, sin perder la esperanza de llegar a disfrutar este momento de mi carrera.

**A MI PADRE:** JOSE LUIS CHICAS; quién con su fé, esfuerzo, cariño y sacrificio me ayudó a llegar hasta el final de mi carrera.

**A MI MADRE:** MARIA BONILLA; por haberme brindado todo su amor y apoyo en aquellos momentos que más lo necesité, y por toda su fé, esfuerzo y sacrificios que hizo, para que pudiera culminar mis estudios académicos; y para ella dedico este triunfo de mi carrera.

**A MIS HERMANOS:** JAIME NELSON, FAVIO HERMES Y HECTOR ARTURO; por haberme brindado su apoyo y alentarme a seguir adelante.

**A LA ING. DAYSI DEL CARMEN ACOSTA ORELLANA;** por su apoyo incondicional y brindarme toda la ayuda que le fue posible.

**EN GENERAL:** A todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible que alcanzara la meta.

HUGO LEONEL

## **DEDICATORIA**

**A DIOS:** por estar conmigo en todo momento y permitirme terminar la Carrera

**A MIS PADRES:** **REMBERTO GUATEMALA Y MARIA BERTILA DE GUATEMALA**, por todos sus desvelos y sacrificio; nunca podré compensarles

**A MIS HERMANOS:** **TIN, SIFRIDO, TOÑO, NORA, IRVIN, ALFREDO, ANGELA, Y ABDUL;** por su apoyo incondicional

**A MIS SOBRINOS:** **KIKO Y EDY;** con especial cariño.

**A MI NOVIA:** **Ing. ELBA MIRTALA SORTO GARCIA**, por sus oportunos consejos, comprensión, sabiduría y ayudarme siempre a no olvidarme de Dios quién lo creó todo.

**A todas aquellas personas que de una u otra manera me ayudaron a alcanzar este triunfo.**

MELVIN DOUGLAS

## **DEDICATORIA**

**A NUESTRO PADRE CELESTIAL:** Por darnos la vida y permitir que terminara mi carrera profesional propuesta.

**A MIS PADRES:** ROMULO ROMERO PINEDA (Q.D.D.G.), por guiarme durante estuvo con nosotros, y a DONATILA PEREZ CRUZ, por su sacrificio, sus consejos y amor que siempre me ha brindado como verdadera madre que ha sido durante toda mi vida.

**A MIS HERMANOS:** NATALIA (Q.D.D.G.), REYNALDÍ, TRÁNCITO, SANDRA, CLARIBEL, HERNÁN, MAXIMILIANO, ERMES EVELIO (Q.D.D.G.), LISANDRO, ALCIDES, NOEL Y URÍAS, por compartir mis ideas y apoyo económico incondicional que me dieron como estudiante.

**A MI HIJO Y SRA:** RONALD ENGELBERTO, con especial cariño, por llenarme de alegría y felicidad para continuar mi carrera y RUTH NOEMI, por comprenderme y acompañarme en los momentos más difíciles como una compañera de vida incomparable.

**A TODOS MIS SOBRINOS Y TIOS,** por que ellos permanecieron y formaron parte como motivación para seguir adelante.

**A TODOS MIS AMIGOS Y AMISTADES,** que de alguna u otra manera contribuyeron para obtener mi sueño anhelado.

ENGELBERTO P.



## ***DEDICATORIA***

**A DIOS TODOPODEROSO:** Por sobre todas las cosas, por darme la oportunidad de estar vivo para concluir mi carrera.

**A MI ABUELA:** Juana Cabrera (Q. D. D. G.), por su amor y haberme aconsejado, en un momento de no abandonar mis estudios.

**A MI QUERIDA MADRE:** Blanca Lidia Cabrera, por todo su amor, esfuerzo y Sacrificio; y que gracias a ella no han sido en vano.

**A MIS HERMANOS:** Edwin Geovanny y Alexis Vlamidir, y sus esposas con cariño fraterno, por su apoyo oportuno.

**A MI FAMILIA:** A todos y cada uno de ellos, que de alguna manera han contribuido a alcanzar este objetivo.

**A MI NOVIA:** Claudia Patricia, por su amor, ayuda y comprensión; y sea extensiva a su muy apreciada familia.

***RONALD ISMAEL***

## INDICE GENERAL

DESCRIPCION	PAGINA
INTRODUCCION GENERAL . . . . .	i
CAPITULO I	
INTRODUCCION . . . . .	1
1.1 ANTECEDENTES . . . . .	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA . . . . .	4
1.3 OBJETIVOS GENERALES . . . . .	6
1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS . . . . .	7
1.5 ALCANCES . . . . .	8
1.5 DELIMITACIONES . . . . .	9
1.6 LIMITACIONES . . . . .	11
1.7 JUSTIFICACIONES . . . . .	13
CAPITULO II	
DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ASEO PUBLICO DE SAN FRANCISCO	
GOTERA . . . . .	15
2.1 GENERALIDADES . . . . .	16
2.2 COMPOSICION DE LOS DESECHOS SÓLIDOS . . . . .	25

2.3	ESTUDIO DE GENERACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS . . .	26
	2.3.1 PESO VOLUMETRICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS . . .	29
2.4	EL SERVICIO PUBLICO DEL ASEO URBANO ACTUAL . . .	31
	2.4.1 ALMACENAMIENTO . . . . .	31
	2.4.2 ZONAS Y RUTAS DE RECOLECCIÓN . . . . .	35
	2.4.3 TRANSPORTE . . . . .	45
	2.4.4 TRATAMIENTO . . . . .	46
	2.4.5 DISPOSICIÓN FINAL . . . . .	48
2.5	ASPECTOS FINANCIEROS DEL SISTEMA DE ASEO PUBLICO . . .	50
	2.5.1 COSTO POR TONELADA . . . . .	55
2.6	PUNTOS CRITICOS . . . . .	56

### CAPITULO III

	ESTUDIOS BÁSICOS . . . . .	59
3.1	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO . . .	60
	3.1.1 EL CLIMA . . . . .	61
	3.1.2 GEOMORFOLOGÍA Y DRENAJE DE LA REGIÓN . . . . .	64
	3.1.3 GEOLOGÍA . . . . .	68
	3.1.4 SUELOS . . . . .	69
	3.1.5 HIDROGRAFÍA . . . . .	72
	3.1.6 UNIDADES HIDROGEOLOGICAS Y SUS PROPIEDADES . . .	73

3.1.7	PROFUNDIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA . . . . .	77
3.2	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO . . . . .	79
3.2.1	DESCRIPCION FÍSICA . . . . .	79
3.2.2	DESCRIPCION TECNICA . . . . .	82
3.3	ESTUDIO DE MECÁNICAS DE SUELOS . . . . .	85
3.4	ESTUDIO DE PERMEABILIDAD . . . . .	87
3.4.1	GENERALIDADES . . . . .	87
3.4.2	DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD . . . . .	88
3.4.3	PRUEBA DE PERMEABILIDAD DE CAMPO . . . . .	89
3.4.4	PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE PERMEABILIDAD . . . . .	90
3.4.5	ANALISIS DE RESULTADOS . . . . .	97

#### CAPITULO I V

	DISEÑO Y ANALISIS DE COSTOS DEL RELLENO SANITARIO . . . . .	99
4.1	DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO . . . . .	100
4.1.1	CALCULO DEL VOLUMEN NECESARIO . . . . .	100
4.1.2	CALCULO DEL AREA REQUERIDA . . . . .	103
4.1.3	SELECCIÓN DEL METODO . . . . .	113
4.1.4	CALCULO DE LA VIDA UTIL . . . . .	116
4.1.5	CALCULO Y DISEÑO DE LA CELDA DIARIA . . . . .	117
4.1.6	CONFIGURACION Y PROGRAMACION DE TERRAZAS . . . . .	120

4.1.7	CALCULO DE LA MANO DE OBRA . . . . .	125
4.2	DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE . . . . .	129
4.2.1	DRENAJE PLUVIAL . . . . .	138
4.2.2	DRENAJE DE LIQUIDOS PERCOLADOS . . . . .	140
4.2.2.1	LAGUNAS DE ESTABILIZACION . . . . .	149
4.2.3	DRENAJE DE GASES. . . . .	151
4.3	DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS. . . . .	153
4.3.1	CERCA PERIMETRAL . . . . .	156
4.3.2	OFICINA ADMINISTRATIVA. . . . .	156
4.3.3	SERVICIOS SANITARIOS. . . . .	162
4.3.4	VIAS DE ACCESO INTERNAS . . . . .	166
4.3.5	ROTULO DE IDENTIFICACION DEL PROYECTO. . . . .	166
4.4	ANALISIS DE COSTOS . . . . .	170
4.4.1	COSTOS DE INVERSION. . . . .	170
4.4.2	COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO . . . . .	173

## CAPITULO V

	ASPECTOS AMBIENTALES . . . . .	176
5.1	GENERALIDADES . . . . .	177
5.2	ASPECTOS AMBIENTALES SIN PROYECTO . . . . .	178
5.2.1	ASPECTOS DE MAYOR IMPORTANCIA . . . . .	180

5.3	ASPECTOS AMBIENTALES CON PROYECTO . . . . .	183
5.3.1	ANALISIS CUALITATIVO POR MATRICES . . . . .	184

## CAPITULO VI

	GUIA PARA OPERACION Y MANTENIMIENTO . . . . .	206
6.1	OPERACIÓN . . . . .	207
6.1.1	FRENTE DE TRABAJO . . . . .	207
6.1.2	MATERIAL DE COBERTURA . . . . .	209
6.1.3	COMPACTACION . . . . .	211
6.1.4	VIAS DE ACCESO Y PROCEDIMIENTO DE DESCARGA . . . . .	213
6.1.5	OPERACIÓN EN PERIODO DE LLUVIA . . . . .	216
6.1.6	HERRAMIENTAS . . . . .	218
6.1.7	SEGURIDAD DE TRABAJO . . . . .	222
	6.1.7.1 REGLAMENTO INTERNO SOBRE LA SEGURIDAD PARA LA RECOLECCIÓN Y DISPOSICION DE LA BASURA . . . . .	224
6.2	MANTENIMIENTO . . . . .	229
6.2.1	CONTROL DE VECTORES . . . . .	229
6.2.2	CONTROL DE GASES EXPLOSIVOS . . . . .	231
6.2.3	CONTROL DE INCENDIOS . . . . .	231
6.2.4	CONTROL DEL POLVO . . . . .	232

6.2.5	CONTROL DEL MATERIAL DISPERSO . . . . .	233
6.2.6	CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES . . . . .	236
6.2.7	CONTROL DE DESECHOS PELIGROSOS . . . . .	236
6.2.8	MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA . . . . .	239
	6.2.8.1 PARAMETROS DE ANALISIS DE LA CALIDAD DEL	
	AGUA . . . . .	240
6.2.9	CONTROL DE HURGADORES DE BASURA . . . . .	241
6.2.10	CONTROL DE OPERACIONES . . . . .	243

## CAPITULO VII

	CLAUSURA Y USO FINAL DEL RELLENO SANITARIO . . . . .	244
7.1	CLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO . . . . .	245
	7.1.1 ACABADO FINAL Y ASENTAMIENTO . . . . .	246
	7.1.2 CRITERIOS PARA LA CLAUSURA . . . . .	247
7.2	EDUCACION AL PUBLICO . . . . .	249
	7.2.1 PARTICIPACION DE LA CIUDADANÍA ORGANIZADA . . . . .	249
	7.2.2 ALGUNOS CONSEJOS PARA LOS CIUDADANOS . . . . .	251
	7.2.3 PROGRAMA PARA EL MEJORAMIENTO DEL ASEO	
	PUBLICO DE LA CIUDAD . . . . .	252
	7.2.3.1 SEPARACION DE MATERIALES . . . . .	258
7.3	USO FINAL DEL RELLENO SANITARIO . . . . .	264

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. . . . .	266
8.1 CONCLUSIONES . . . . .	267
8.2 RECOMENDACIONES . . . . .	269
BIBLIOGRAFIA . . . . .	272
ANEXOS . . . . .	275



## **INTRODUCCION GENERAL.**

El contenido del presente trabajo consiste, en la elaboración de un estudio de factibilidad para un relleno sanitario manual, en el municipio de San Francisco Gotera en el departamento de Morazán.

Entendiéndose por factibilidad, la viabilidad del proyecto desde los puntos de vista ambientales y constructivos.

El proyecto se realizará en un terreno ubicado a 6 kms. Al sur de la ciudad, lugar conocido como Cantón El Triunfo, Caserío Los Gómez, el cual fue calificado por Inspectores de Salud de la Departamental de Salud de Morazán con sede en San Francisco Gotera.

El contenido completo del trabajo, es de 8 capítulos que se describen de la siguiente manera:

El capítulo I contiene, los componentes básicos para introducir al lector en la problemática actual, de disposición final a que se enfrenta la municipalidad de San Francisco Gotera; entre los que podemos mencionar: Antecedentes de cómo se ha manejado la basura a nivel departamental y nacional, los objetivos que se pretenden

alcanzar con el desarrollo de la investigación, así como los alcances y limitaciones del estudio, y por ultimo la justificación del desarrollo de la investigación.

En el capítulo II, se a desarrollado un diagnostico del sistema de aseo público de la ciudad de San Francisco Gotera, en donde se hace una descripción completa de aspectos tales como: generación, almacenamiento, recolección, transporte, barrido de calles y disposición final; así como el calculo de las coberturas de recolección y barrido. Además se incluyen aspectos financieros como las tasas de cobro, ingresos y egresos por la prestación del servicio, y finalizando el capítulo con una serie de aspectos denominados puntos críticos, con los que actualmente presta el servicio la municipalidad.

En el capítulo III, se presentan los estudios básicos necesarios para conocer y evaluar las características propias del lugar en donde se pretende desarrollar el proyecto; comenzando con la descripción de la zona de estudio, utilizando como base el Plan Maestro para el Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos de la región hidrográfica "H", donde se encuentra ubicada la cuenca del terreno en estudio. También se realizó un levantamiento topográfico del lugar en planimetría y altimetría, para conocer la configuración topográfica del terreno y en base a esto escoger el método adecuado para el diseño del relleno.

Dentro de este capítulo también se realizo un estudio de mecánica de suelos con el objeto de conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo como por ejemplo:

estratigrafía del sub-suelo, capacidades de carga y resistencia a la penetración, contenidos naturales de humedad y clasificación del suelo, además se realizaron pruebas de permeabilidad a través de dos pozos a cielo abierto, con el fin de determinar la tasa de infiltración del suelo y poder clasificar su tipo de permeabilidad, parámetro que servirá para determinar si es necesaria la impermeabilización de la superficie de las terrazas.

El capítulo IV consiste en toda la etapa de diseño y también el análisis de costos de inversión y operación. Y este capítulo es el eje del proyecto por que en base a este se realizará toda la infraestructura de la obra. Comenzamos el capítulo con la selección del método adecuado para el diseño del relleno sanitario, que para nuestro caso particular utilizaremos el método del Área debido a la configuración topográfica inicial del terreno. Se calcula la capacidad volumétrica del terreno así como la proyección de producción de desechos para varios años, con el objeto de determinar la vida útil que puede proporcionar el proyecto; además se presenta el diseño de las obras complementarias (canaleta perimetral, cerca perimetral, bodega, servicio sanitario); así como las obras para evacuar los gases producto de la descomposición de la basura y evacuación de líquidos lixiviados, los cuales serán llevados hacia unas lagunas de estabilización, diseñadas en la sección 4.2.2.1. Por último tenemos el presupuesto del proyecto, donde se calculan los costos de inversión, así como los costos de operación a lo largo de la vida útil del proyecto.

En el capítulo V, presentamos un análisis de los aspectos ambientales sin proyecto, es decir las condiciones actuales del medio ambiente en el área del relleno y

también de las condiciones ambientales con proyecto, esto realizado a través del método del cribado ambiental donde presentamos una serie de matrices con las actividades básicas del proyecto, y la forma de cómo podrían ser afectadas clasificando los cambios como: potencial, circunstancial o incierto. Al final presentamos un cuadro resumen de los impactos ambientales y las medidas de mitigación recomendadas para reducir sus efectos.

El capítulo VI contiene, una guía para la correcta operación y mantenimiento del relleno sanitario manual, a lo largo de su vida útil enunciando los puntos esenciales tales como: frente de trabajo, material de cobertura, compactación, para la seguridad en el trabajo se propone un reglamento interno de seguridad en lo referente a recolección y transporte. En mantenimiento se dan una serie de recomendaciones para controlar aspectos tales como: vectores, gases explosivos, incendios, polvo, material disperso, no permitir el ingreso de desechos peligrosos, hurgadores de basura, y el monitoreo de la calidad de las aguas donde se presentan los parámetros a evaluar y la frecuencia de cuando hacerlo.

El capítulo VII, comprende la clausura y uso final del relleno sanitario así como los criterios necesarios a evaluar para cerrarlo; también presentamos una sección de educación al público en aspectos tales como: recuperación y reciclaje, y una propuesta de uso final del terreno recuperado cuando el relleno sanitario se haya estabilizado y no represente un peligro para la salud y el bienestar de la ciudadanía.

Por ultimo tenemos el capitulo VIII, que contiene las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo. Colocando también como anexos todo material que sirva para la mejor comprensión del contenido de los capítulos y/o documentar mejor el trabajo.

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

## ANTECEDENTES.

El relleno sanitario es una obra de saneamiento básico que tuvo su origen en los países desarrollados con el objeto de solucionar el problema de la disposición final de los desechos sólidos.

En América Latina, fue en los países de Argentina (1,976), Colombia (1,989) y Perú (1,992) en donde se iniciaron proyectos de este tipo, obteniéndose resultados favorables y exitosos, específicamente en la ciudad de Lima, construyendo rellenos sanitarios desarrollados por el Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente.

En El Salvador, el interés por solucionar el problema data desde el año de 1,854 y es hasta 1,977 que se implementa la modalidad de rellenos sanitarios mecanizados, que por su alto costo de mano de obra y maquinaria para la operación y mantenimiento, ésta forma de disposición final de los desechos sólidos fue descartada; luego, en 1,992 se recomienda la construcción de relleno sanitario manual en Sensuntepeque promovido por la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.) a través de los programas de Salud Ambiental.

Históricamente, la Salud Pública ha sido la principal motivación para el manejo y disposición final de los desechos sólidos producidos por las ciudades de nuestro país.

Frecuentemente el material de desecho contiene objetos que son potencialmente peligrosos, tales como el vidrio quebrado y metales oxidados entre otros. Además, los residuos alimenticios son atracción de ratas, moscas y otros vectores transmisores de enfermedades. Siendo este aspecto la causa principal para que las municipalidades actuales hagan esfuerzos para manejar y disponer los desechos sólidos.

Para darle un tratamiento y una solución integral y de largo plazo al manejo de los desechos sólidos, la Alcaldía Municipal de la ciudad de San Francisco Gotera en el Departamento de Morazán está interesada en realizar acciones que van desde el mejoramiento del proceso de recolección de la basura hasta la construcción de un relleno sanitario.

Ante ésta problemática, la actual administración de la Alcaldía de San Francisco Gotera está gestionando estudios de factibilidad y financiamiento para llevar a cabo el proyecto de la construcción de un relleno sanitario manual con el objeto de dar solución a la disposición final de la basura y reducir la contaminación ambiental en la zona.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La inadecuada disposición de los desechos sólidos tiene una trayectoria de contaminación en nuestro medio. Es notorio observar que los botaderos de basura ilegales acarrear problemas de contaminación, oscilando éstos desde los malos olores provenientes de los desechos en descomposición hasta el humo y las emanaciones ocasionadas por las frecuentes quemas de basuras en los sitios de descargas.

Actualmente la mayoría de los municipios de nuestro país, y en particular el municipio de San Francisco Gotera, en el Departamento de Morazán, produce cantidades excesivas de basura debido al acelerado ritmo del crecimiento de la población y a su aglomeración en zonas urbanas ocurrida en los últimos años.

Dichas cantidades de desechos sólidos son generadas por las diferentes actividades que se desarrollan en las comunidades tanto de origen doméstico, comercial, y otros, por lo que constituye una difícil tarea para la municipalidad al tratar de solucionar el problema precisamente por no contar con un sistema eficiente de manejo y tratamiento de los desechos sólidos.

El problema persiste básicamente por la falta de conocimientos técnicos, condiciones económicas de la municipalidad y el sistema administrativo, lo que conlleva

a disponer sus desechos en botaderos a cielo abiertos, propiciando de ésta forma malos olores, focos de contaminación que generan hábitat de vectores transmisores de enfermedades, ocasionando éste procedimiento un grave problema de contaminación para el medio ambiente, lo que pone en peligro la salud de la población; y específicamente la de las personas que se dedican a segregar y comercializar los residuos, realizando tales actividades en condiciones de altos riesgos para la salud.

La municipalidad de San Francisco Gotera, necesita resolver el problema, por lo que ha solicitado a la Universidad de El Salvador, a través de la Escuela de Ingeniería Civil, apoyo técnico con el objeto de realizar estudios que faciliten la construcción de un relleno sanitario manual; dichos estudios serán financiados en parte por la Organización Panamericana de la Salud (O. P. S.) ya que por su costo relativamente bajo y que necesita poco mantenimiento y conocimiento técnico para operarlo, es el método de disposición final que mejor se adapta a nuestras municipalidades.

### **OBJETIVOS GENERALES.**

- 1) Realizar un estudio de factibilidad y diseño de un relleno sanitario manual para la disposición final de los desechos sólidos, generados por el municipio de San Francisco Gotera, de acuerdo a los lineamientos establecidos por la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.).
  
- 2) Contribuir a la eliminación de focos de contaminación originados por la inadecuada disposición final de los desechos sólidos de la ciudad de San Francisco Gotera.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- 1) Efectuar un diagnóstico del sistema de manejo de desechos sólidos actual de la municipalidad de San Francisco Gotera, determinando: Composición, generación, peso volumétrico y evaluación de rutas de los desechos sólidos.
- 2) Realizar los estudios básicos necesarios para diseñar el relleno sanitario manual.
- 3) Determinar los costos de inversión del relleno sanitario, así como los costos de operación y mantenimiento estableciendo el costo por tonelada y el costo de tratamiento de desechos por vivienda.
- 4) Presentar las recomendaciones de operación y mantenimiento, tomando en cuenta las condiciones locales para el buen funcionamiento del relleno sanitario.

### ALCANCES.

- 1) Se presentará el diseño preliminar para la construcción del relleno sanitario manual, para el municipio de San Francisco Gotera, el cuál, deberá absorber los desechos sólidos generados por el municipio en un período de al menos 17 años.
- 2) Proporcionar un instrumento de gestión financiera a la Alcaldía de San Francisco Gotera, a través de este documento en donde se presentan los estudios de factibilidad de construcción del relleno sanitario manual.
- 3) Promover la técnica de disposición final (relleno sanitario manual) de los desechos sólidos, aplicando los lineamientos de la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S), con el fin de que sirva como alternativa de solución para otros municipios.

## **DELIMITACIONES.**

### **DELIMITACION CONCEPTUAL.**

- 1) La factibilidad de construcción de un relleno sanitario para el municipio de San Francisco Gotera, se elaborará en base de técnicas y procedimientos propuestos por la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.), en concordancia con la ley del medio ambiente vigente.
  
- 2) El diagnóstico del sistema de manejo de desechos sólidos actual de la municipalidad, contemplará un estudio acerca de los gastos e ingresos que tiene dicha municipalidad para la recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos.

### **DELIMITACIÓN ESPACIAL.**

- ❖ El estudio se realizará en el municipio de San Francisco Gotera, en el Departamento de Morazán.

**DELIMITACION GEOGRÁFICA.**

- ❖ La investigación se realizará en el área urbana de la ciudad de San Francisco Gotera.

**DELIMITACION TEMPORAL.**

- ❖ El tiempo que se estima para el estudio completo es de un año a partir del mes de febrero de 1999 hasta febrero del 2000.

### LIMITACIONES.

- 1) No se dispone de las instalaciones adecuadas (Báscula para pesar camiones) para determinar la densidad de los desechos sólidos, la producción total y la producción per cápita provenientes del municipio en estudio, por lo que el pesado de camiones para el estudio se realizará en la ciudad de San Miguel.
- 2) La población urbana de San Francisco Gotera, reportada por el Censo de 1,992 (efectuado por la Dirección General de Estadísticas y Censos) es inferior a la población registrada en la Alcaldía para ese año, lo que puede variar el cálculo de volúmenes de desechos sólidos generados actualmente por la ciudad.
- 3) Para realizar el estudio de factibilidad es necesario hacer una alta inversión, por tanto la investigación se desarrollará de acuerdo a las condiciones económicas de los involucrados y el apoyo de entidades que promueven este tipo de proyectos, como la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.), a través de los programas de salud ambiental y apoyo técnico de la Universidad de El Salvador.



- 4) La capacidad de gestión de compra y adquisición del terreno para la disposición final de los desechos sólidos por parte de la municipalidad de San Francisco Gotera, puede convertir el estudio de factibilidad de construcción del relleno sanitario manual en un proyecto concreto o en estudio académico.

## JUSTIFICACION.

Actualmente, la disposición final de los desechos sólidos recolectados en el municipio de San Francisco Gotera, se realiza en un sitio localizado a la orilla de la carretera que de ésta ciudad conduce a San Miguel, el cual no llena los requerimientos de operación y mantenimiento de un relleno sanitario convirtiéndose en un botadero a cielo abierto que contamina los recursos, agua, suelo, aire, afectando la calidad de vida de la flora, fauna y habitantes de la zona.

El recurso agua es afectado por la contaminación directa del río San Francisco, debido a que los líquidos lixiviados (jugo concentrado por la descomposición de los desechos sólidos) son descargados sin ningún tratamiento al río, convirtiéndose en un factor de riesgo para la salud de los pobladores de los caseríos de San Pedro Río Seco Abajo, Hacienda los Encuentros y el cantón la Jagua, ubicados aguas abajo, que utilizan el río como fuente de abastecimiento para sus actividades cotidianas y para consumo animal y humano.

El suelo es contaminado por la infiltración que resulta de los líquidos lixiviados a través de los estratos, ya que, no existe ningún tipo de impermeabilización en la superficie del suelo, provocando una percolación hacia las aguas subterráneas y mantos

acuíferos. Además, genera desvalorización de las propiedades y áreas aledañas al botadero.

El recurso aire es contaminado, debido a la generación de humos que se dan por la quema de la basura, contaminando de ésta forma a la atmósfera, así como también ocasionando falta de visibilidad de los transportistas que circulan por la zona.

En general, el botadero a cielo abierto, causa problemas sociales y de salud; ya que existe una concentración de personas (pepenadores) en el lugar que buscan entre la basura los objetos reutilizables, así como concentración de animales y aves (perros, vacas, zopilotes, etc.) que propician accidentes de tránsito, deterioro estético y un lugar indeseable de transitar; y por consiguiente, es un lugar que sirve de reproducción de vectores (ratas, cucarachas, moscas, etc.) aumentando el riesgo de propagación de enfermedades contagiosas.

Por todos los efectos negativos antes mencionados se considera necesario realizar el presente estudio de factibilidad de construcción de un relleno sanitario manual, ya que es el método de disposición final que se adapta a nuestro país y a las condiciones locales, y que al final de su vida útil el terreno puede ser recuperado para áreas de reforestación, recreación y esparcimiento, excluyéndose el uso habitacional.

## **CAPITULO II**

# **DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ASEO PUBLICO DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA**

## **2.1 GENERALIDADES.**

El municipio de San Francisco Gotera pertenece al departamento de Morazán, y se encuentra ubicado a 168 Km. de San Salvador y 30 Km. de la ciudad de San Miguel. Está localizado a  $13^{\circ} 41' 37''$  de Latitud Norte y a  $88^{\circ} 06' 12''$  de Longitud Oeste con una altura media de 245 m.s.n.m; limitado al Oeste con el río San Francisco, al Norponiente con el municipio de Chilanga y al Nor-orienté con el municipio de Lolotiquillo; al Oriente con el municipio de Sociedad, al Sur-orienté con el municipio de Jocoro, al Sur con los municipios de San Carlos y Divisadero y al Sur-poniente con los municipios de Sensembra y Yamabal, como se muestra en la figura No. 1.

Los productos agrícolas más comunes son: maíz, maicillo, frijol, henequén, verduras y frutas. Hay crianza de ganado vacuno y porcino; prospera la horticultura, la avicultura y la apicultura. Sus principales industrias son: elaboración de productos lácteos, fábrica de tubos de cemento, bloques y tejas, así como ladrillos y tejas de barro.

### **2.1.1 Población y vivienda.**

Los datos de población, densidad y tendencias de crecimiento urbano tienen incidencia directa sobre la planificación de los sistemas de aseo público y a su vez es de importancia analizar el número de viviendas, comercio e industria para dimensionar el

# MUNICIPIO SAN FRANCISCO (GOTERA)

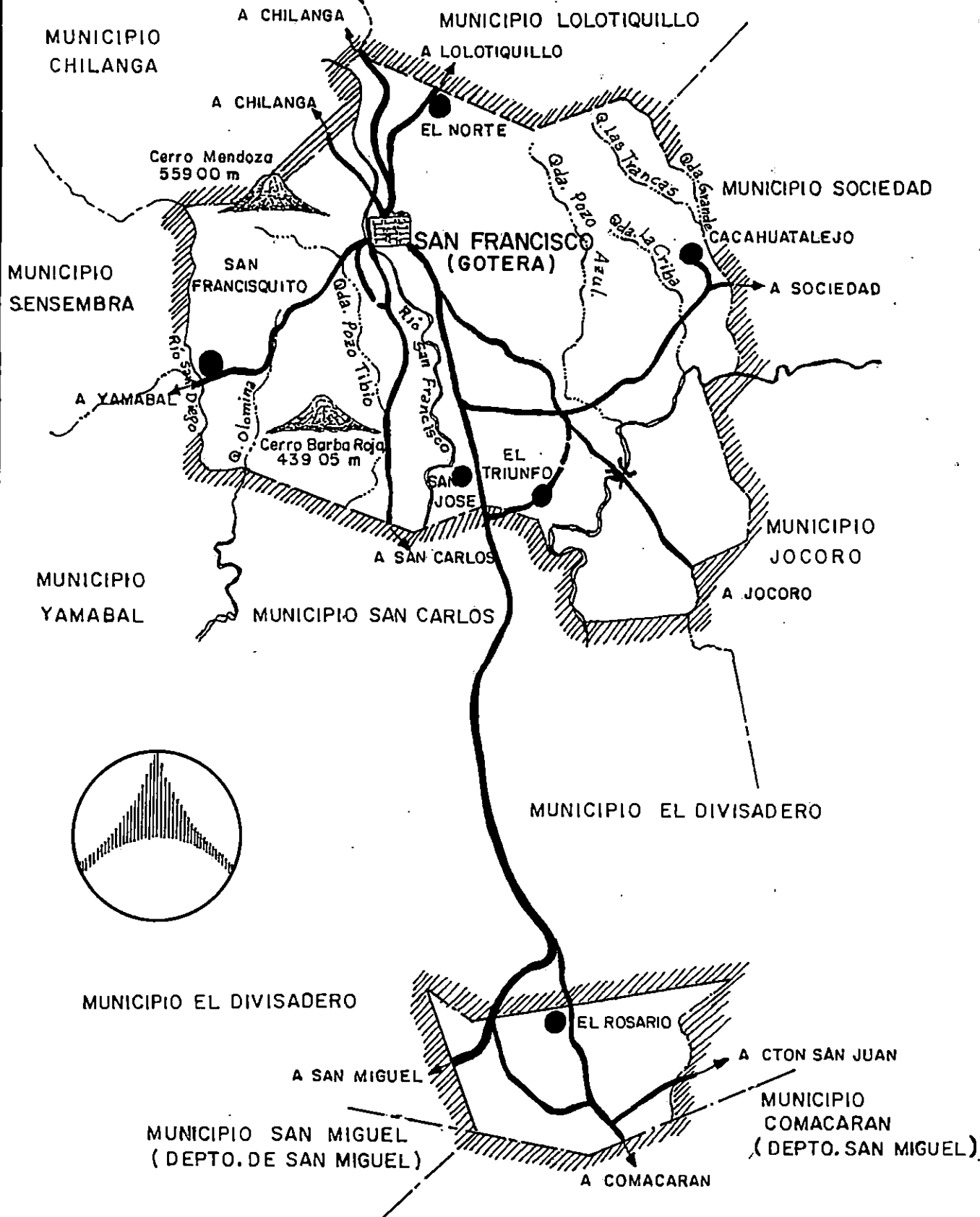


FIGURA 1. Ubicación y limitaciones de la ciudad de San Francisco Gotera.

movimiento comercial y su influencia en el estilo de vida de la población y nivel de consumo.

San Francisco Gotera, cuenta actualmente con una población total proyectada de 17,524 habitantes, tomándose como base el censo de 1992, el cual reportó para el área urbana una población de 12,659 habitantes y 2,375 viviendas, lo que hace una densidad de 5.3 habitantes/vivienda, y una densidad poblacional de 333 habitantes / Km<sup>2</sup> para el área urbana del municipio.

En la tabla No.1, se presentan los datos de población de los últimos dos censos a partir de los cuales se obtuvo la población actual proyectada para 1,999, según la fórmula:  $P_f = P_o (1 + r)^n$  que constituye el método de crecimiento geométrico.

Donde :

Pf : Población futura

Po : Población actual

r : Tasa de crecimiento

n : (tf - to) intervalo de años

Es importante mencionar que la ciudad cuenta con un mercado, un rastro municipal, los cuales son establecimientos importantes de identificar, por que se trata de instalaciones que generan diferentes tipos de desechos sólidos que tienen que ser atendidos por el servicio de aseo público de la municipalidad.

TABLA No.1. Poblaciones del censo de 1971 y 1992 y población proyectada para 1,999 del municipio de San Francisco Gotera.

POBLACIÓN CENSO 1971			POBLACIÓN CENSO 1992 / TASA DE CRECIMIENTO						POBLACION PROYECTADA 1999		
TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	TASA	URBANA	TASA	RURAL	TASA	TOTAL	URBANA	RURAL
9,933	4,772	5,161	19,887	3.36	12,659	4.76	7,228	1.62	25,065	17,524	7,541

Fuente : Dirección General de Estadísticas y Censos.

A continuación en la tabla No.2, se enumeran la cantidad de inmuebles de la ciudad según su uso.

TABLA No.2. Composición de inmuebles de la ciudad de San Francisco Gotera.

INMUEBLE	CANTIDAD
Establecimientos públicos y de servicio	43
Comercio	900
Viviendas	1585
Total	2,528

Fuente : Investigación de campo de grupo de tesis.

### 2.1.2 Marco legal.

El servicio de aseo público es prestado de acuerdo a las competencias municipales en lo concerniente a:

- Ordenanza municipal establecida por decreto No.1 de fecha 20 de Enero de 1,993, publicada en el Diario Oficial Tomo No.318 No.15 de fecha 22 de Enero de 1,993.



- Código municipal establecido por decreto No.274 de la Asamblea Legislativa, publicada en el Diario Oficial No. 23 Tomo No. 290 del 5 de febrero de 1,986.
- Código de Salud publicado en el Diario O en el Tomo No. 299 del 11 de Mayo de 1,988 , refiriéndose en las secciones siete y diez al Saneamiento Urbano y Rural de los desechos sólidos.

Siendo en estos documentos en donde se encuentran las normas que regulan la prestación del servicio de aseo público, y que han sido adoptadas por la Municipalidad de San Francisco Gotera.

### **2.1.3 Descripción del modelo de gestión de aseo público.**

El servicio de aseo público es prestado por Administración de la Alcaldía municipal, dentro de este servicio se incluye lo que comprende la recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos generados por la ciudad. Actualmente la administración de estos servicios está enmarcada dentro de la Sección de Servicios Varios, ya que, no existe una dependencia específica y bien estructurada dentro de las secciones del organigrama de la municipalidad.

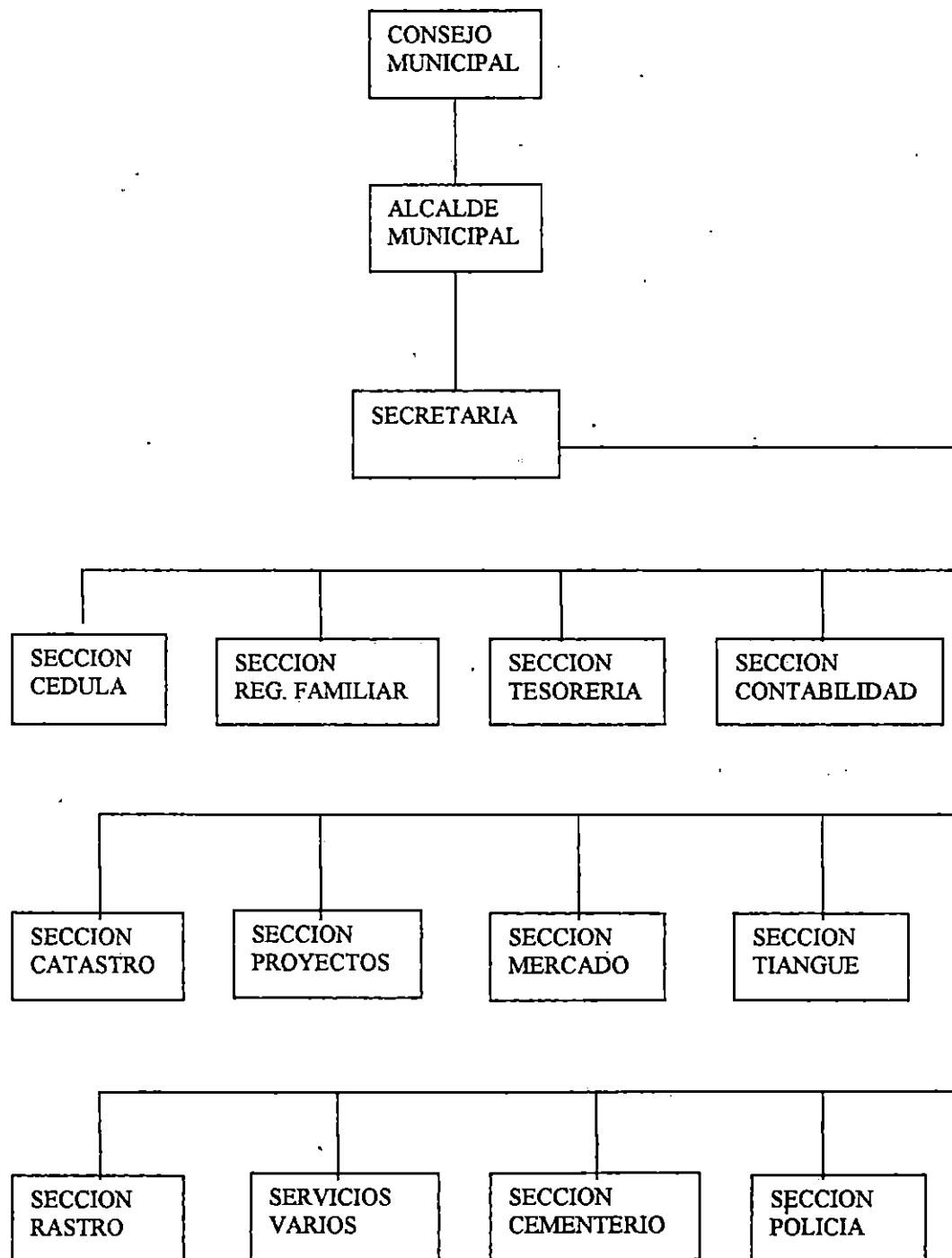
La recolección y transporte de los desechos sólidos se realiza utilizando dos unidades recolectoras, en las cuales cada una cuenta con una cuadrilla de cuatro personas compuestas por un motorista y tres auxiliares; quienes laboran en un horario de 5 a.m. hasta la 1 p.m.

El barrido de calles, también es prestado por la municipalidad en lo que es el servicio de aseo público, aunque éste solo es realizado en la zona del mercado y la zona aledaña (zona comercial). Para prestar este servicio, se cuenta con dos personas distribuidas una por cada zona, las cuales llevan a cabo el trabajo sin contar con un caporal o supervisor de la Sección de Servicios Públicos que los vigile.

En cuanto a la disposición final, sólo existe un botadero a cielo abierto ubicado a la orilla de la carretera que de San Francisco Gotera conduce a San Miguel, el cuál no recibe ningún tratamiento; está ubicado en un terreno que no es propiedad de la Alcaldía y que se encuentra en el municipio de San Carlos.

La estructura de organización de la municipalidad se presenta en la figura No.2, en donde se muestran todos los servicios que presta la alcaldía.

Figura No.2. ORGANIGRAMA DE LA ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO GOTERA.



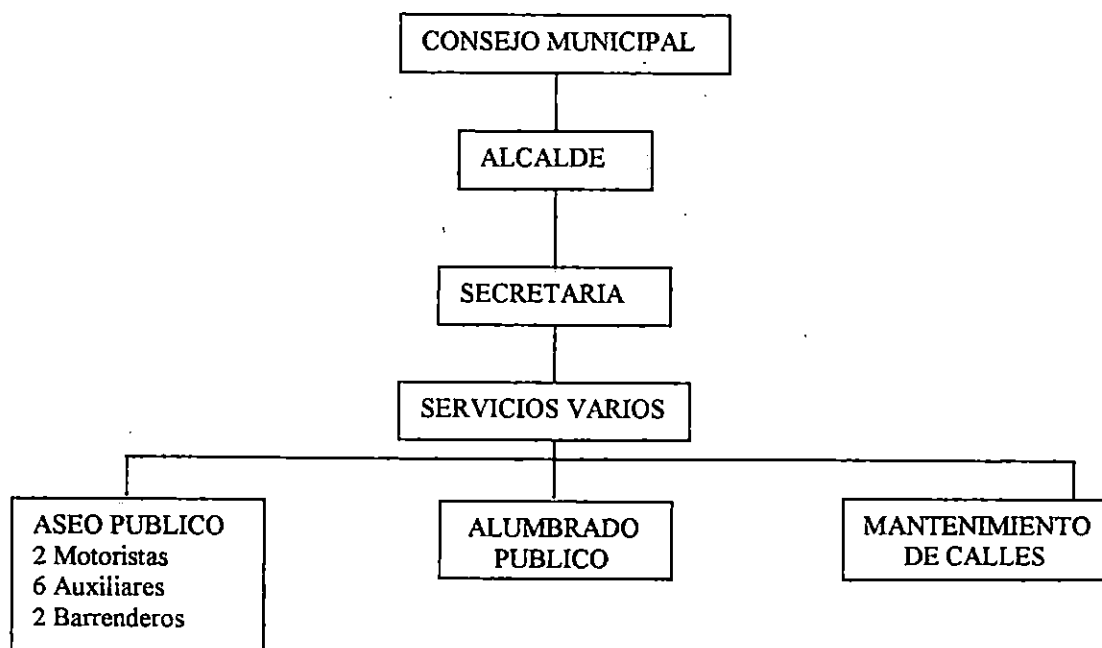
#### 2.1.4 Funciones de las dependencias y su relación con el servicio de aseo.

En cuanto a la organización del sistema de aseo público, por no tener una sección dentro del organigrama de la municipalidad y no contar con un responsable directo, la administración de éste servicio es llevada a cabo por la Sección de Servicios Varios.

En la figura No.3, se presenta el modelo actual de organización de la Alcaldía Municipal de San Francisco Gotera, con respecto al servicio de aseo público.

Los dos equipos de recolección con que cuenta la municipalidad, laboran cinco días a la semana atendiendo zonas específicas y descansando un día a la semana, además del día Domingo.

Figura No.3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL SERVICIO DE ASEO PUBLICO.



Son diez las personas catalogados como personal efectivo del área de aseo público. Dos motoristas, seis auxiliares y dos barrenderos.

Es importante señalar que la edad promedio de los trabajadores debe ser tal que no incida o afecte la eficiencia en el servicio. En la tabla No.3, se presenta un resumen de estos datos.

Tabla No.3. Recurso humano asignado a las labores del servicio de aseo.

SERVICIO	No. DE EMPLEADOS	EDAD PROMEDIO	OBSERVACIONES
Barrido	2	50	Ninguno supera los 60 años
Recolección	6	34	Ninguno supera los 60 años
Transporte	2	48	Edades entre los 40 y 50 años

Fuente : Grupo de tesis.

Los servicios de recolección y transporte, se realizan con horario de 5.00 a.m. hasta la 1.00 p.m. El barrido de calles se realiza con un horario de 4.00 a.m. hasta las 8.00 a.m. y de 1.00 p.m. hasta las 6.00 p.m.

## 2.2 COMPOSICION DE LOS DESECHOS SOLIDOS.

La composición física de los desechos sólidos es uno de los factores de mayor importancia desde el punto de vista del reciclaje o para la transformación en compost de dichos residuos. En el municipio de San Francisco Gotera se producen desechos de dos tipos por las mismas características de la ciudad, es decir, en un gran porcentaje del tipo residencial y en menor grado comercial.

Los desechos de tipo residencial varían dependiendo del clima y las estaciones del año debido al consumo de alimentos vegetales y frutas que son traídos de los pueblos y cantones aledaños; y los desechos de tipo comercial son producto de las actividades diarias que se dan por el comercio, las cuales pueden ser de mayor importancia desde el punto de vista económico ya que pueden ser reutilizados o reciclados (cartón y plástico).

Las muestras tomadas para el análisis de la composición de los desechos varían de un lugar a otro, así como en el tiempo y niveles de consumo de la localidad. Se realizó un estudio tomando una muestra de todos los desechos provenientes de la ciudad, luego de cuartearla se clasificaron, para después determinar el porcentaje en peso de cada uno de los grupos componentes; los resultados se presentan en la tabla No.4.

Tabla No.4. Composición de los desechos sólidos de la ciudad de San Francisco Gotera.

COMPONENTES	% EN PESO
Materia Orgánica	75.81
Papel y cartón	12.34
Plástico	8.93
Textiles	0.83
Madera	0.78
Metales	0.69
Vidrio	0.62

Fuente : Grupo de tesis.

### 2.3 ESTUDIO DE GENERACION DE LOS DESECHOS SOLIDOS.

Es importante determinar la generación de los desechos sólidos, por que sobre la base de esto es que se hace la planificación del sistema de aseo urbano, de lo cual depende la asignación de recursos y la cantidad de equipo, así como el dimensionamiento del sitio de disposición final.

En este estudio se realizó un análisis de peso-volumen, el cual consiste en pesar todas las cargas de los camiones y calcular el volumen que la basura ocupa en el camión; dicho procedimiento se realizó durante cinco días, pesándolos en el beneficio de Hato Nuevo en la ciudad de San Miguel (ver anexo No. 1). Para el equipo No 1, solo se pesó

el primer viaje, ya que, realiza dos al día; el peso del segundo viaje se estimó en base al volumen de basura que llevaba, ya que anteriormente se había calculado el volumen de cada unidad. El camión No 2, sólo realiza un viaje. El proceso del pesado de los camiones no se hizo en la ciudad de San Francisco Gotera, ya que como se menciona en las limitaciones no existía báscula en el lugar para poderlos pesar.

Los días que laboran los equipos en una semana son cinco, durante este tiempo se monitoreó el peso y el volumen de los desechos recolectados diariamente, para determinar la producción per cápita teniendo el número de viviendas por ruta de cada camión de las cuales provenían dichos desechos, y se obtuvieron los datos que se presentan en la tabla No.5 (donde se puede apreciar la ruta de cada camión, los pesos en toneladas y en kilogramos, frecuencia de recolección, los días no recolectados, los pesos diarios equivalentes, el número de vivienda y habitantes que atiende cada camión, y por último se determina la producción per cápita promedio.

El equipo No 1, corresponde al camión DODGE (compactador) que labora los días lunes, martes, miércoles, viernes y sábado; y equipo No 2 corresponde al camión MERCEDEZ BENZ (cama abierta) que labora los días lunes, martes miércoles, jueves y viernes.



Tabla No.5. Cálculo de la generación percápita promedio de los desechos sólidos de la ciudad de San Francisco Gotera.

Día De Pesa	Ruta	Peso (Ton)	Peso (Kg)	Frecuencia de recolección	Días de no recolección	Peso Diario Equival. (Kg)	Número de Viviendas	Número de Habitantes	Producción Percápita Kg/h/d	Total (Kg/d)
Lunes	1	4.03	4027.2	5 v/s	3	1342.4	953	5621	0.2388	1342.4
Lunes	1	4.04	4036.3	"	3	1345.4	926	5465	0.2462	1345.4
Lunes	2	7.27	7274.4	"	2	3637.1	1091	6438	0.5649	3637.1
Martes	1	4.00	4004.5	"	1	4004.5	953	5621	0.7124	4004.5
Martes	1	4.01	4013.6	"	1	4013.6	926	5465	0.7344	4013.6
Martes	2	7.25	7251.7	"	2	3625.9	1091	6438	0.5632	3625.9
Mierc.	1	4.04	4036.2	"	1	4036.2	953	5621	0.7181	4036.2
Mierc.	1	3.83	3832.2	"	1	3832.2	926	5465	0.7012	3832.2
Mierc.	2	3.00	2993.2	"	1	2993.2	1091	6438	0.4649	2993.2
Jueves	2	3.37	3369.6	"	1	3369.6	1091	6438	0.5234	3369.6
Viernes	1	4.82	4816.3	"	2	2408.2	953	5621	0.4284	2408.2
Viernes	1	4.68	4680.3	"	2	2340.2	926	5465	0.4282	2340.2
Viernes	2	4.12	4122.4	"	1	4122.4	1091	6438	0.6403	4122.4
Total	13	58.46	41,070.9			41,070.9		76,534		41,070.9

Fuente : Grupo de Tesis.

Recolección equivalente en 5 días =..... 41,070.9 kgs.

Habitantes servidos en 5 días =..... 76,534 habitante

Producción percápita =  $41,070.9 / 76,534$

**Producción percápita = 0.5366 Kg / hab / día**

Con ésta producción per cápita se puede obtener el valor de generación de desechos sólidos de toda la ciudad, a partir del dato de población proyectado para 1,999.

Producción del área urbana de San Francisco Gotera =  $17,524 \text{ hab} \times 0.5366 \text{ kg/hab/día}$

**Producción del área urbana de San Francisco Gotera = 9.40 Ton/día**

La producción de 9.40 ton/día, incluye los desechos provenientes del comercio, mercado y los de origen doméstico.

### **2.3.1 Peso volumétrico de los desechos sólidos.**

Para el dimensionamiento de los rellenos sanitarios, así como para determinar la cantidad y capacidad volumétrica de las unidades recolectoras, es necesario conocer el peso volumétrico de los desechos. En las tablas No.6 y No.7, se presentan los datos y resultados obtenidos en el proceso de pesado de los camiones; luego, conociendo el volumen de basura que llevan los camiones, se determinó el peso volumétrico de los desechos sólidos.

Debido a que el estudio se realizó en época lluviosa, los valores de densidad obtenidos de los desechos sólidos serán los máximos.

Tabla No.6. Cálculo de densidad promedio de los desechos sólidos para el equipo uno.

Viaje	Camión	Peso Bruto (kg)	Peso Bruto (Ton)	Peso Vacío (kg)	Peso Vacío (Ton)	Peso Neto (kg)	Peso Neto (Ton)	Vol. de Tolva (m <sup>3</sup> )	Peso Espec. (T/m <sup>3</sup> )	Fecha
1	Dodge	10004.5	10.00	5977.3	5.98	4027.2	4.03	11.5	0.3534	03-05-99
2	Dodge	10013.6	10.01	5977.3	5.98	4036.3	4.04	11.5	0.3515	03-05-99
3	Dodge	9981.9	9.98	5977.3	5.98	4004.5	4.00	11.5	0.3478	04-05-99
4	Dodge	9990.9	9.99	5977.3	5.98	4013.6	4.01	11.5	0.3487	04-05-99
5	Dodge	10013.6	10.01	5977.3	5.98	4036.3	4.04	11.5	0.3513	28-04-99
6	Dodge	9809.5	9.81	5977.3	5.98	3832.2	3.83	11.5	0.3330	28-04-99
7	Dodge	10793.6	10.79	5977.3	5.98	4816.3	4.82	11.5	0.4191	30-04-99
8	Dodge	10657.6	10.66	5977.3	5.98	4680.3	4.68	11.5	0.4070	30-04-99
Promedio									0.3640	

Fuente : Grupo de tesis.

**Peso específico promedio = 0.3640 ton / m<sup>3</sup>**

Tabla No.7. Cálculo de densidad promedio de los desechos sólidos para el equipo dos.

Viaje	Camión	Peso Bruto (kg)	Peso Bruto (Ton)	Peso Vacío (kg)	Peso Vacío (Ton)	Peso Neto (kg)	Peso Neto (Ton)	Vol. de Tolva (m <sup>3</sup> )	Peso Espec. (T/m <sup>3</sup> )	Fecha
1	Mercedes	12752.8	12.75	5478.4	5.48	7274.4	7.27	20.0	0.3635	03-05-99
2	Mercedes	12730.2	12.73	5478.4	5.48	7251.8	7.25	20.0	0.3816	04-05-99
3	Mercedes	8471.7	8.47	5478.4	5.48	2993.3	2.99	15.0	0.2451	28-04-99
4	Mercedes	8848.1	8.85	5478.4	5.48	3369.6	3.37	15.0	0.2247	29-04-99
5	Mercedes	9600.9	9.60	5478.4	5.48	4122.5	4.12	15.0	0.2747	30-04-99
Promedio									0.2979	

Fuente : Grupo de tesis.

**Peso específico promedio = 0.2979 ton / m<sup>3</sup>**

## **2.4 EL SERVICIO PUBLICO DE ASEO URBANO ACTUAL.**

### **2.4.1 Almacenamiento.**

Los desechos sólidos que se generan en el municipio de San Francisco Gotera, son generalmente de dos tipos:

- 1) Los de origen doméstico.
- 2) Los provenientes de la actividad comercial.

En ambos casos es responsabilidad directa de la población o del productor de los desechos, mantenerlos en un lugar en el que no causen contaminación en el medio problemas sanitarios o de bienestar, hasta que sean entregados al servicio de recolección.

#### **2.4.1.1 Características de los recipientes.**

Las características que deben presentar los recipientes para almacenar los desechos sólidos, dependen específicamente del tipo de desecho que se va almacenar y de la cantidad necesaria a depositar, según sea la frecuencia de recolección en la zona.

##### **2.4.1.1.1 Recipientes de uso domiciliario.**

Los recipientes usados por la población de San Francisco Gotera para entregar sus desechos sólidos al servicio de aseo público, son diversos, entre los cuales podemos

mencionar: cajas de cartón, depósitos plásticos y metálicos, y generalmente en bolsas plásticas (ver anexo No. 2). Es recomendable que los recipientes de uso domiciliario sean pequeños con capacidad aproximada de 100 litros para su fácil manipulación, deben de estar provistos de asas, con tapadera y de preferencia de forma tronco cónica para facilitar el vaciado; además deben ser resistentes y a prueba de agua.

#### **2.4.1.1.2 Recipientes especiales.**

Los recipientes especiales usados por la ciudad de San Francisco Gotera, corresponden a los quince contenedores que se han construido en los lugares donde hay más demanda de la basura de la ciudad, (como se muestra en el plano No.1), de los cuales el más importante es el que está ubicado en el mercado municipal, ya que en éste se depositan todos los desechos generados por las diferentes actividades mercantiles que se desarrollan en las zonas aledañas al lugar.

Los catorce contenedores restantes, están distribuidos en el resto de la ciudad y en las colonias del radio urbano, generalmente en los lugares en donde se dificulta el acceso a los camiones recolectores o la frecuencia de recolección no es diaria.

Los contenedores han sido construidos con ladrillo de barro cocido, bloques saltex y otros de concreto armado; tienen una capacidad volumétrica promedio de 4.5 m<sup>3</sup>, (ver anexo 3).

El lugar preciso, donde se han construido los contenedores es a la orilla de la acera de las calles, con el fin de facilitar el proceso de recolección a los trabajadores, pero, a la vez ocasionan un aspecto desagradable y de contaminación, básicamente por que no hay un mantenimiento adecuado, ocasionando la proliferación de vectores y dificultad a los peatones de transitar, debido a que se ocupa todo el área destinado para la acera.

#### **2.4.1.2 Recomendaciones para el almacenamiento apropiado de los desechos sólidos.**

Para el correcto almacenamiento de los desechos sólidos se requiere de la selección de un recipiente el cual deberá tener las siguientes características:

##### **A. Tamaño y forma manejable.**

- 1- El tamaño dependerá del tipo de desecho (domiciliario, comercial o industrial).
- 2- Su forma deberá ser tronco cónica para su fácil vaciado.

##### **B. Material.**

- 1- Deberán ser resistentes, reutilizables, y fáciles de limpiar, entre ellos están los metálicos y los plásticos.
- 2- Desechables, esto incluye bolsas y sacos plásticos.

C. Que resguarde bien el contenido de:

- 1- La intemperie.
- 2- El derrame de líquidos.
- 3- El ingreso de vectores.

D. Provistos de asas adecuadas (los reutilizables).

#### **2.4.1.3 Manejo domiciliario de los desechos sólidos.**

La forma de manejar y almacenar la basura en las viviendas de San Francisco Gotera, se obtuvo de la información recolectada en el V Censo de Población y IV de Vivienda realizado el 27 de septiembre de 1,992.

Los datos son producto de encuestas realizadas a las personas y se estableció el número de viviendas que tienen acceso a algún tipo de sistema de recolección dentro del área urbana o periurbana y las personas que optan por eliminar sus desechos ya sea quemándolos, enterrándolos o depositándolos en cualquier lugar, los resultados se presentan en la tabla No.8.

Tabla No.8. Manejo domiciliario de los desechos sólidos del área urbana del municipio de San Francisco Gotera.

MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS	PORCENTAJE DE VIVIENDAS
Servicio Municipal	48.93
Servicio Particular	0.97
Quema	25.14
Entierra	2.69
Cualquier Lugar	22.27
Total	100.0

Fuente : Censo de Población de 1,992.

La información presentada en la tabla anterior, refleja la actitud que tienen las personas en cuanto al manejo de los desechos sólidos y no lo que realmente hacen en la práctica, para la disposición final de los desechos.

#### 2.4.2 ZONAS Y RUTAS DE RECOLECCION.

El servicio de recolección y transporte se realiza utilizando dos unidades recolectoras, una de cama abierta y otro tipo compactador, como se muestra en la tabla No.9.

Cada unidad está equipada por una cuadrilla de cuatro trabajadores, compuestas por un motorista y tres auxiliares, de los cuales dos van recolectando y uno acomoda los



desechos sólidos arriba del camión. Los recorridos de las rutas de recolección se hacen a baja velocidad durante cinco días a la semana y con un horario de 5.00 a.m. hasta la 1.00 p.m.

Tabla No.9. Inventario de unidades recolectoras. Municipio de San Francisco Gotera.

CANTIDAD	MARCA	VOLUMEN	DESCARGA	AÑO	ESTADO	OBSERVACION
1	Dodge	11.5 m <sup>3</sup>	Mecánica	1993	Bueno	Compactador
1	Mercedes Benz	23.5 m <sup>3</sup>	Manual	1985	Bueno	Caja Abierta

Fuente : Sr. Vicente Ramírez, Secretario Municipal.

En la tabla No.10, se muestra la distribución del número de viviendas por sector de recolección, cada sector es atendido por una sola unidad.

Tabla No.10. Número de viviendas por ruta de recolección.

SECTOR	NUMERO DE VIVIENDAS	OBSERVACIONES
1	1,879	Aquí se incluyen los desechos domiciliars, comercio, mercado y todos los contenedores.
2	1,091	

Fuente : Sección de Catastro Municipal..

La modalidad de recolección de casa por casa se presta en un 90 % del área de la ciudad. El resto se recolecta de los quince contenedores ubicados en diferentes puntos de la ciudad y que se detallan en el plano anexo No.1, de rutas de recolección.

Los desechos sólidos que se generan en el mercado y los provenientes de la actividad comercial, son recolectados juntos con los de origen domiciliario; dicha recolección es efectuada por el camión recolector que atiende al sector uno de la ciudad. Otro detalle importante es que el camión de cama abierta trabaja realizando sólo un viaje por día y que en ocasiones es utilizado en otro tipo de tareas de la comunidad.

El sector uno, atendido por el camión Dodge, comprende la recolección de los desechos sólidos provenientes de los barrios: El Calvario, La Cruz, El Centro, La Soledad y Las Flores; inclusive el mercado y parte de los desechos que se generan en el hospital, se dice en parte porque los desechos considerados peligrosos son tratados internamente por dicho centro, de la siguiente manera: Para la recolección se utilizan bolsas de plásticos de color rojo para los desechos considerados peligrosos y color negro para los desechos ordinarios y; en cuanto a disposición final, se excavan fosas de 0.6 por 0.6 metros de sección por 2.0 metros de profundidad, dándoles cobertura diaria con una capa de tierra, dichas fosas se excavan dentro de las instalaciones del hospital.

El sector dos, atendido por el camión Mercedes Benz, comprende la recolección de los desechos provenientes de las colonias ubicadas en la periferia de la ciudad como son: Colonia Centenario, Los Almendros, Morazán, Gracias a Dios y Colonia Las Flores I y II.

Para realizar las tareas de recolección, la alcaldía provee a cada auxiliar del siguiente equipo:

- Un par de guantes
- Un guacal metálico
- Un rastrillo metálico

Además de un uniforme completo, que también es proporcionado a los motoristas, todo el equipo se proporciona dos veces al año.

#### 2.4.2.1.1 Frecuencia de Recolección.

La frecuencia y el número de viajes para efectuar la recolección se muestra en la tabla No.11, que se presenta a continuación:

Tabla No.11. Frecuencia de Recolección y número de viajes por semana.

Camión	Sector	Días de recolección							Viajes semana	Volumen por día	Tiempo descarga	Recolección semanal		Ton/prom./día recolectada
		L	M	M	J	V	S	M <sup>3</sup>				Ton		
Dodge	1	2	2	2	-	2	2	10	11.5	5 min.	68.87	23.32	4.66	
Mercedes Benz	2	1	1	1	1	1	-	5	23.5	30 min	52.42	17.75	3.55	
Totales	2	3	3	3	1	3	2	15	35.0	-----	121.29	41.07	8.21	

Fuente: Grupo de tesis.

### 2.4.2.1.2 Tiempo de recolección.

Los tiempos de recolección se tomaron para las dos unidades que prestan el servicio, chequeándoles solamente el primer viaje; ya que el equipo uno realiza dos viajes al día y en algunas ocasiones hasta tres viajes; en tanto que el equipo dos realiza solamente un viaje diario.

En la siguiente tabla, se presenta la distribución de tiempo de recolección en porcentaje de tiempo de un viaje completo, de un total de 4 horas con 15 minutos.

Para obtener estos datos, se midieron los tiempos de trabajo para cada unidad, durante un periodo de una semana; luego, se sacó un promedio de las dos unidades, obteniéndose los resultados de la tabla No.12.

Tabla No.12. Distribución del tiempo para un viaje completo de recolección.

TIEMPO	HORAS	PORCENTAJE
Tiempo de recolección	2.80	65.88
Tiempo de no recolección	0.95	22.36
Tiempo de descarga	0.17	3.92
Tiempo de ida y vuelta	0.33	7.84
Total	4.25	100.00

Fuente: Grupo de tesis.

### 2.4.2.1.3 Cobertura de recolección.

Según la información obtenida en la recolección de los desechos sólidos, durante cinco días en un período de una semana y con la producción diaria del área urbana de San Francisco Gotera, encontramos la cobertura de recolección real del servicio.

$$\text{Cobertura de recolección real} = \frac{\text{Recolección diaria promedio} \times (5/7)}{\text{Producción diaria urbana}}$$

$$\begin{aligned} \text{Recolección diaria} &= 4.03 + 4.04 + 7.27 + 4.00 + 4.01 + 7.25 + 4.04 + 3.83 + 3.00 \\ &\quad + 3.37 + 4.82 + 4.68 + 4.12 \\ &= 58.46 \text{ ton} / 5 \text{ días de recolección} \\ &= 11.69 \text{ ton} / \text{ día} \end{aligned}$$

$$\text{Cobertura de recolección real} = \frac{11.69 \text{ ton/día} \times (5/7) \times 100}{9.40 \text{ ton/día}}$$

$$\text{Cobertura de recolección real} = 88.84\%$$

CALCULO DE CAMIONES NECESARIOS PARA ALCANZAR LA COBERTURA DEL 100%.

$$\text{No. de Camiones} = \frac{\text{DS} \times \text{POB} \times \text{PPC} \times \text{COB} \times \text{FAR}}{\text{FCV} \times \text{V} \times \text{D} \times \text{NV} \times \text{NRS}}$$

Donde:

$$\text{DS} = \text{Número de días de la semana} \dots\dots\dots = 7 \text{ días}$$

$$\text{POB} : \text{Población total urbana} \dots\dots\dots = 17,524 \text{ habitantes}$$

PPC : Producción per cápita de basura .....	= 0.5366 kg/hab/día
COB : Cobertura de población servida .....	= 100%(1)
FAR : Factor de reserva por mayor generación .....	= 1.2 (1.1 – 1.3)
FCV : Factor de capacidad volumétrica .....	= 0.9 (0.85 – 0.95)
V : Capacidad volumétrica del camión.....	= 17.50 m <sup>3</sup>
D : Densidad de los desechos sólidos.....	= 338.6 kg/m <sup>3</sup>
NV : Número de viajes por día .....	= 2 viajes
NRS : Número de días de recolección por semana .....	= 5 d

$$\text{Número de camiones} = \frac{7 \times 17,524 \times 0.5366 \times 1.0 \times 1.2}{0.9 \times 17.50 \times 338.6 \times 2.0 \times 5.0}$$

**Número de camiones necesarios = 1.48 camiones**

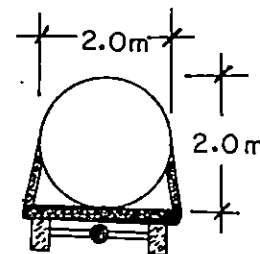
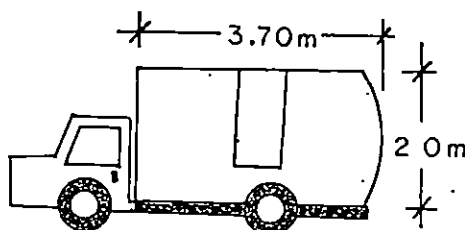
Se necesitan 1.48 camiones (actualmente la municipalidad cuenta con dos unidades) con capacidad volumétrica de 17.5 m<sup>3</sup> (8 toneladas), para cubrir un 100% de la población urbana actual del municipio.

Por tanto podemos concluir del cálculo anterior, que las unidades con que cuenta la municipalidad son suficientes para alcanzar esta cobertura (100%) en el servicio. Las características de las unidades recolectoras se muestran en la figura No.3.

Equipo No.1

Camión Dodge

Volumen =  $11.5 \text{ m}^3$



Equipo No. 2

Camión Mercedes Benz

Volumen =  $23.5 \text{ m}^3$

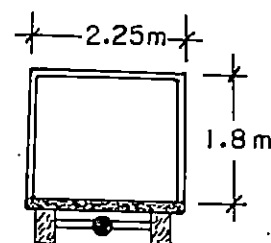
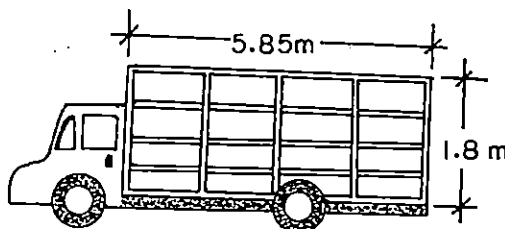


Figura No.3. Dimensiones de las unidades recolectoras.

En la tabla No.13, se muestran los datos obtenidos en el monitoreo del peso de los camiones, presentados como pesos diarios equivalentes mediante los cuales obtuvimos los indicadores de eficiencia de la ciudad de San Francisco Gotera.

Tabla No.13. Promedio de producción diaria recolectada.

DIA	(kg/día) equivalente	(ton/día) equivalente
LUNES	6,324.90	6.325
MARTES	11,644.00	11.644
MIERCOLES	10,861.60	10.861
JUEVES	3,369.60	3.369
VIERNES	8,870.80	8.871
Promedio	8,214.18	8.214

Fuente : Grupo de tesis.

Toneladas equivalentes recolectadas por día	= 8.214 x 7/5	= 11.499 ton/día
Tonelada recolectada por trabajador/día	= 11.499/8 trab.	= 1.44 ton/trab/día
Habitantes servidos por trabajador	= 1.44x100/0.5366	= 2,659 hab/trab/día
Trabajadores por cada 1000 habitantes	= 1000/2679	= 0.37 trab/1000h.
Habitantes servidos por camión	= 17,524/2 cami.	= 8,762 hab/camión
Barrido de calle (km/barrendero)	= 1 km/2 barren.	= 0.5 km/barrendero

#### 2.4.2.1.4 Barrido de Calles.

El barrido de calles es realizado por dos personas, las cuales ya tienen asignada su zona de trabajo (ver tabla No.14); dicha actividad es realizada en un horario interrumpido de 4:00 a.m. a 8:00 a.m. y de 1:00 p.m. a 6:00 p.m. durante todos los días de la semana.

Este servicio se presta en la zona del mercado municipal y sus calles aledañas; es decir, la zona comercial de la ciudad. Los desechos recolectados en el proceso de barrido son descargados por los barrenderos en un contenedor de concreto ubicado en el mercado municipal de donde son retirados por uno de los camiones recolectores.



Tabla No.14. Distribución de barrido de calles.

PERSONAL	DISTANCIA A CUBRIR	OBSERVACIONES
Barredor A (1)	200 metros	Area de mercado
Barredor B (1)	800 metros	Area de centros comerciales

Fuente : Sr. Edwin Arnoldo Castro. Administrador de mercados.

#### 2.4.2.1.3.1 Cobertura del servicio de barrido de calles.

La cobertura de este servicio es de 10 cuadras, de las cuales dos corresponden a la zona del mercado y el resto es el área del centro de la ciudad y su zona comercial, siendo el resultado de un 17.54 % de cobertura total de la ciudad, lo que resulta un valor de 0.114 Barrendero por cada 1000 habitantes, equivalente a (2 barrenderos / 17,524 habitantes urbanos) x 1,000 habitantes.

Se observa que la prestación del servicio de barrido de calles es muy deficiente, generando una baja cobertura y que además no es prestado en los barrios de la zona céntrica de la ciudad, lo que hace necesario ampliar las rutas de barrido de calles analizando un plano actualizado de la ciudad. Como se muestra en la tabla No. 15.

Tabla No.15. Zonas de barrido de calles.

BARREDOR	ZONA	RECORRIDO
A	1	Mercado desde la 1ª Av. Sur sobre la 1ª calle poniente hasta la 3ª Av. Nte. Y la 1ª Av. Sur desde la calle Joaquín Rodezno a la 1ª calle Pte.
B	2	Calle Joaquín Rodezno, desde la 1ª Av. Sur; la 1ª calle Pte. Desde la 1ª Av. Sur hasta la 2ª Av. Norte incluyendo el pasaje 10 de mayo y la avenida Morazán desde la 2ª calle Ote.

Fuente: Sr. Edwin Castro. Administrador de mercados.

#### 2.4.2.1.3.2 Equipo de barrido.

El equipo que utiliza cada barrendero consiste en una pala, carretilla de mano (de las que se utilizan en construcción), con capacidad volumétrica de 0.1 m<sup>3</sup>, escoba y rastrillo metálico. Los desechos recolectados en el barrido son descargados en el contenedor que se encuentra ubicado a la salida del mercado de donde son retirados por el equipo de recolección número uno.

#### 2.4.3 Transporte.

El equipo con que se transportan los desechos sólidos al botadero es a través de dos unidades, siendo el equipo uno un camión de tipo compactador que realiza dos viajes diarios y en ocasiones que se ha producido más basura realiza hasta tres viajes;

mientras que el equipo dos es un camión de cama abierta el cual realiza sólo un viaje diario.

Con estos viajes se cubre la necesidad de recolección de los desechos producidos en la ciudad como se demostró en el cálculo del número de camiones necesarios para la prestación del servicio. Dichos camiones realizan un total de quince viajes por semana sirviendo a los dos sectores en que se ha dividido la ciudad.

Durante cinco días trabajan las dos unidades descansando días diferentes cada camión; la unidad número uno descansa los días jueves y domingos, y la unidad número dos descansa los días sábados y domingos.

Los descansos de los días jueves y sábados son utilizados para el chequeo de las unidades, así como también la asistencia de los trabajadores al Seguro Social, ya que por estar expuestos a contraer enfermedades infecciosas es recomendable que estén en control médico permanente.

#### **2.4.4 Tratamiento.**

Actualmente el tratamiento que se le está dando a los desechos sólidos, es que durante el verano, el botadero es utilizado como crematorio (dándole fuego a la basura),

lo que genera una descarga al aire de cantidades excesivas de dióxido de carbono, cenizas y otros gases perjudiciales al hombre, animales y en general que contribuyen al deterioro del medio.

Durante la época lluviosa, los desechos son empujados hacia el fondo de una vaguada que se convierte en quebrada durante el invierno y que es parte de la microcuenca del río San Francisco, ya que en ésta época los desechos por su alto contenido de humedad no pueden ser quemados, generando de ésta forma una gran cantidad de líquidos percolados (lixiviados); se utiliza maquinaria pesada (tractor arrendado) para empujar los desechos, dicho tractor es alquilado por la Alcaldía con una frecuencia de tres veces al año, con un promedio de 7.5 horas por cada vez, a un costo de ¢500.00 por hora, produciendo un costo diario de ¢ 3,750.00 y anual de ¢ 11,250.00.

El lugar de disposición final se está manejando de manera deficiente ya que no hay ningún control de lixiviados, gases y escurrimiento superficial, no se cubren los desechos con tierra, ni tampoco se controla el número de personas (en su mayoría niños) que hurgan entre la basura los objetos a los cuales se les puede obtener algún tipo de beneficio, ya sea vendiéndolos o utilizándolos personalmente.

#### **2.4.5 Disposición final.**

La forma en que finalmente son depositados los desechos sólidos es el mismo estado en que se recolectan, es decir, no hay ningún tipo de tratamiento y clasificación para una posible reutilización.

El sitio que se utiliza para la disposición final, es un terreno rústico, ubicado a la orilla de la carretera (diez kilómetros antes de llegar a la ciudad de San Francisco Gotera) con vía de acceso pavimentada, a la altura del lugar conocido como Altos de la Presa, que se encuentra ubicado dentro de la jurisdicción del municipio de San Carlos. (ver anexo No. 4)

Este lugar es un botadero a cielo abierto ilegal, ya no existe un permiso del ministerio de salud, ni de la municipalidad a que pertenece para utilizarlo para dicho fin, lo cual provocaría problemas a la Alcaldía de Gotera si el municipio de San Carlos decide clausurarlo.

Constantemente a este botadero, llegan los desechos sólidos provenientes de los municipios de: Lolotiquillo, Chilanga, El Divisadero, Jocoro, San Carlos, Yoloaiquin y el municipio de San Francisco Gotera, el cual abre el espacio para seguir botando la basura.

Por la mala disposición final de los desechos sólidos, este botadero contamina directamente el río San Francisco con los líquidos lixiviados, además que afecta la visibilidad en la carretera y en algunas ocasiones llega a disminuir el ancho de rodaje.

El lugar en mención, en ningún momento podrá servir para implementar un relleno sanitario, ya que la alcaldía solicitó la colaboración del Ministro de Salud para calificar el sitio, el cuál no fue aprobado por tener fuentes de agua subterráneas y estar a una distancia aproximada de 300 metros pendiente abajo del río San Francisco; además de la generación de humos, concentración de personas (pepenadores) y animales que convierten el lugar en una zona de alto riesgo de contaminación por la misma proliferación de vectores transmisores de enfermedades.

#### **2.4.6 Desechos de rastro.**

El rastro municipal de San Francisco Gotera, cuenta con instalaciones amplias y en su parte posterior tiene un solar (área sin construir), y en una de sus esquinas se depositan los desechos (cachos, huesos, excretas, etc.) como producto de las actividades que se desarrollan en dichas instalaciones. Como se muestra en el anexo No. 5.

Las aguas residuales producidas por el aseo de las instalaciones, así como la sangre y excretas, son descargadas sin ningún tipo de tratamiento hacia una tubería que

desemboca directamente a la quebrada Agua Fría, la cual es lindero de las instalaciones; además, los desechos quedan expuestos al aire libre, que por sus malos olores atraen a gran número de aves (zopilotes) y animales (perros y gatos) que esparcen los desechos, constituyéndose en un lugar indeseable por los malos olores y contaminación a la zona.

## **2.5 ASPECTOS FINANCIEROS DEL SISTEMA DE ASEO DE SAN FRANCISCO GOTERA.**

### **2.5.1 Registro de los usuarios.**

El sistema contable con que cuenta la municipalidad es muy eficiente en lo referente al registro de los contribuyentes ya que cuando el ciudadano se presenta a la alcaldía a efectuar el pago de los servicios que le son prestados es cuestión de minutos para que le entreguen su recibo.

La alcaldía tiene registrado un total de 2,484 usuarios del servicio de aseo público de los cuales 1,585 son de tipo residencial y 900 de tipo comercial, lo que representa el 63.8% y 36.2% respectivamente.

Un aspecto importante de mencionar es que la información no se diseñó para el manejo de cuentas separadas por los servicios proporcionados y en el recibo de cobro se

incluyen los servicios de aseo, alumbrado público y mantenimiento de calles, lo cual hace difícil conocer los ingresos por servicio.

### **2.5.2 Facturación y cobranza.**

El sistema de cobro se realiza con una periodicidad mensual, pero hay que esperar a que el ciudadano se presente a la alcaldía a pagar el servicio o que lo solicite a domicilio; solamente en el caso de que exista mora por más de seis meses, se le notifica al moroso por medio de telegrama con el objetivo de ponerlo al día, imponiéndosele una multa mínima de \$25.00 por mora, más el 12 % de recargo anual según el tiempo de retraso del usuario.

En el área comercial de la ciudad, se presta el servicio de barrido de calles y no se cobra a los propietarios que poseen inmuebles en esa zona; si no que el único ingreso que percibe la Alcaldía es el cobro de un valor diferenciado a los vendedores que se ubican en el área pública y que éste depende del área que ocupen en la misma.



### 2.5.3 Tasas cobradas por el servicio.

Por la prestación del servicio de aseo público, la Alcaldía cobra una tasa de 0.06 centavos a los usuarios residenciales y 0.11 centavos a los usuarios comerciales por metro cuadrado de inmueble. En la tabla No. 16 se muestran los ingresos promedios mensuales y anuales que deberían percibir por el servicio.

Tabla No.16. Ingresos que deberían percibirse por servicio de aseo.

RUBRO	TIPO	M <sup>2</sup>	TASA Ctvs.	INGRESO MENSUAL ¢	INGRESO ANUAL ¢
RECOLECCION	HABITACIONAL	209,043.43	0.06	12,542.61	150,511.27
	COMERCIAL	111,848.77	0.11	12,303.36	147,640.38
TOTAL		320,892.20	----	24,845.97	298,151.65

Fuente: Sección de catastro y tesorería

### 2.5.4 Area administrativa.

Dentro del área administrativa, la Alcaldía cuenta con diez empleados, que representa el 22 % de los trabajadores totales de dicha institución, de los cuales seis son nombrados por ley de salarios y cuatro por contrato.

### 2.5.3 Area financiera del aseo público.

Por las prestaciones del servicio, se tiene una base estimada de cobro de ¢24,845.97 por mes, con un ingreso mensual promedio en el mismo rubro de ¢19,355.50 lo que representa el 77.90 % del ingreso mensual que se debería recibir, es decir, que en promedio mensual se deja de percibir un monto de ¢ 5,490.47.

Con información proporcionada por la Sección de Tesorería para el año de 1,998, la Alcaldía Municipal tuvo ingresos reales el valor de ¢ 232,266.03 y tuvo como egresos el monto de ¢ 426,541.83, por lo que resulta un déficit anual de ¢194,275.80 para este año.

#### COSTOS DIRECTOS DEL SERVICIO DE ASEO PUBLICO.

Los costos directos, constituyen los gastos en que incurre la municipalidad para la prestación del servicio de aseo público en lo que se refiere a recolección, almacenamiento, transporte y disposición final. En la tabla No. 17 se muestran los costos directos invertidos por la municipalidad de San Francisco Gotera, durante el año de 1,998.

Tabla No.17. Costos directos del servicio de aseo público para el año de 1,998.

RUBRO	COSTO POR AÑO (¢)
SALARIOS	155,496.00
ISSS	0.00
UNIFORMES	1800.00
HORAS EXTRAS	3530.72
SUPERNUMERARIOS	77,904.82
MANTENIMIENTO Y REPARACION DE VEHICULOS	6,081.00
REPUESTOS	6,760.76
LLANTAS	7,210.00
COMBUSTIBLES	35,545.73
HERRAMIENTAS	8,882.80
ALQUILER DE TRACTOR	11,250.00
PAGO A ISDEM (por camión compactador)	112,080.00
TOTAL	426,541.83

Fuente : Sección de Tesorería. Alcaldía Municipal de San Francisco Gotera.

#### COSTOS INDIRECTOS DEL SERVICIO DE ASEO PUBLICO.

Como se mencionó en la sección de área administrativa, el costo indirecto del servicio de aseo es del 22 % del costo total (¢1,541,837.40) de los empleados de la alcaldía, dándonos el valor de ¢ 339,204.23 de costo indirecto.

### 2.5.6 Costo por tonelada recolectada y transportada al botadero.

$$\begin{aligned} \text{Costo total} &= \text{Costo directo} + \text{Costo Indirecto} \\ &= \text{¢}426,541.83 + \text{¢}339,204.23 \end{aligned}$$

$$\text{Costo total} = \text{¢}765,746.06$$

$$\begin{aligned} \text{Recolección anual (recolección diaria equivalente por un año)} &= 11,499 \times 365 \text{ días} \\ &= 4,197.14 \text{ ton/año} \end{aligned}$$

$$\text{Costo actual por tonelada recolectada y transportada al botadero} = \frac{\text{¢} 765,746.06}{4,197.14}$$

$$\text{Costo actual por tonelada recolectada y transportada al botadero} = \text{¢}182.44 \text{ col / ton}$$

Se puede observar que el costo por tonelada para la prestación del servicio de recolección y transporte es de 182.44 col/ton equivalente a \$20.97 USD lo cual es aceptable ya que los costos de recolección y transportes varían dentro del rango de \$15.00 USD a \$40.00 USD en los países de la región; por otro lado si se implementa el relleno sanitario se debería cobrar una tasa por disposición final de los desechos.

## **2.6 PUNTOS CRITICOS.**

### **2.6.1 Aspectos institucionales y legales.**

- 1) La sección de servicios varios es la encargada del aseo público ya que no existe una dependencia específica dentro del organigrama de la alcaldía.
- 2) La infraestructura para resguardo de los vehículos recolectores y la bodega de herramientas no son seguras.
- 3) No existe un registro detallado de mantenimiento de las unidades así como el estado en que se encuentran, consumo de combustibles y lubricantes.
- 4) No se cuenta con instalaciones para el aseo del personal al final de la jornada de trabajo.
- 5) El aseo público en la municipalidad no es un servicio sostenible, ya que la tasa de cobranza se hace por metro cuadrado de inmueble; además, de que no todos los contribuyentes están al día con sus pagos.

### **2.6.2 Aspectos financieros.**

- 1) El sistema de cobro (por medio de avisos) no permite captar el 100 % de los ingresos que debería percibir la alcaldía por la prestación del servicio.
- 2) La información contable no está diseñada para el cobro de cuentas separadas por lo que al contribuyente se le incluyen los servicios de aseo, alumbrado público y mantenimiento de calles en un sólo recibo.

### **2.6.3 Aspectos técnicos.**

- 1) Debido a que no existe una sección de aseo, no se planifica técnicamente la prestación del servicio, además no se controla el rendimiento de los trabajadores como tampoco hay indicadores de eficiencia y se desconocen las características de los desechos.
- 2) Es necesario ampliar las rutas de barrido de calles, por medio del análisis de un plano actualizado de la ciudad.
- 3) No existe diseño de ruta y éstas se hacen según el criterio del motorista ya que en la alcaldía sólo se han dado las zonas y los días de recolección.
- 4) El botadero actual está ubicado en un lugar altamente desfavorable ya que no se controlan los lixiviados, gases y escorrentía superficial, ni se cubren los desechos

con tierra para evitar la proliferación de vectores.

A continuación, se presenta el resumen de indicadores en la tabla No.18, que ha sido elaborada en base a los análisis hechos en el Diagnóstico del sistema de Aseo Público de la ciudad de San Francisco Gotera.

**Tabla No. 18. Resumen de indicadores de la ciudad de San Francisco Gotera.**

INDICADOR	UNIDAD	VALOR DEL PARAMETRO	RANGO ACEPTABLE
Población total para 1999	Habitantes	25,065	
Tasa de crecimiento del municipio	%	3.36	
Población urbana para 1999	Habitantes	17,524	
Tasa de crecimiento urbano	%	4.76	
Densidad poblacional del municipio/km <sup>2</sup>	Hab/km <sup>2</sup>	333	
Densidad poblacional (Vivienda Urbana)	Hab/viv	5.30	
Producción per cápita	Kg/hab/día	0.5366	
Producción total	Ton/día	9.40	
Peso volumétrico	Ton/m <sup>3</sup>	0.3386	(0.20-0.35)
Toneladas equivalentes recolectadas	Ton/día	11.499	
Toneladas recolectadas por trabajador	Ton/trab/día	1.44	(2.0-4.0)
Trabajadores por 1000 habitantes servidos	Ton/1000 hab	0.37	(0.2-0.4)
Tiempo utilizado en no-recolección	%	22.36	Menor de 40
Barrido de calles	Km/barrendero	0.5	(1-2)
Cantidad de barrenderos	Barr/1000 hab	0.114	(0.4-0.8)
Cobertura de recolección	%	88.84	(80-100)
Cuadrillas por camión	Trabajadores	4	(4-5)
Habitantes servidos por camión	Hab/camión	8762	(7,000-15000)
Costo por tonelada recolectada	Colones/ton	182.44	(130-350)

Fuente: Diagnóstico de Chalchuapa por Ing. Juan Guillermo Umaña Granados.

**CAPITULO III**  
**ESTUDIOS BASICOS**



### 3.1 UBICACION Y DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El área de estudio se localiza en la zona oriental de la república de El Salvador, específicamente en la zona sur del Departamento de Morazán.

Esta área está ubicada dentro de la denominada Región Hidrográfica "H" comprendida específicamente en la cuenca: "Alto Grande de San Miguel" en la cual se encuentran los ríos San Francisco y río Seco con un área de drenaje de 425.6 km<sup>2</sup>, distribuidos en 108.6 km<sup>2</sup> del río San Francisco y 317.0 km<sup>2</sup> del río Seco. En su totalidad la zona de estudio está ubicada en el Departamento de Morazán, entre las coordenadas 13°41'37" Latitud Norte y 88° 06' 12" Longitud Oeste.

La región tiene como red de comunicación vial la CA-7 ó Ruta Militar, que une San Francisco Gotera con San Miguel y Santa Rosa de Lima, la cual cruza por el centro y con orientación de Norte a Sur, y la Nor-oriente una carretera sin pavimentar transitable todo el año que conduce a Lolotiquillo, así como también al Sur-poniente otra carretera del mismo tipo que conduce hacia Sensembra, Yamabal y Guatajiagua.

Los límites naturales del Departamento donde se encuentra San Francisco Gotera son el Río Negro por el Norte fronterizo con Honduras, hacia el Este con el Departamento de La Unión y San Miguel, hacia el Oeste con San Miguel, hacia el Noroeste con Cabañas, teniendo como línea divisoria el Río Lempa.

### 3.1.1 El clima.

Las características climáticas de la zona de estudio, determinadas por las condiciones topográficas, y por las precipitaciones atmosféricas, conforman las diferentes zonas delimitadas por las elevaciones existentes. ( En tabla No.19, se presenta la información climatológica de la región hidrográfica H).

Por la debilidad de la red meteorológica no ha sido posible completar y actualizar el cuadro histórico de las excursiones técnicas realizadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de las diferentes zonas, siendo los datos de precipitación la información más completa.<sup>1</sup>

De acuerdo a la clasificación de KOPPER, SAPPER Y LAVER, que consideran que la mejor expresión de los efectos del clima es la vegetación nativa generalmente asociada con la elevación del terreno sobre el nivel del mar, se identifican tres zonas climáticas; las cuales describimos a continuación y que se encuentran en toda la región hidrográfica H, siendo la de mayor interés la zona uno, por estar en el rango de elevación en la que se encuentra el terreno en estudio.

- 1) SABANA TROPICAL CALIENTE o tierra caliente comprende las elevaciones de 0 a 800 m.s.n.m. esta zona se encuentra en todo el Departamento de Morazán, las cuales presentan temperaturas de 28 a 25.5 °C con precipitación media anual de

---

<sup>1</sup> Ver. Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos. Pag. No.12

1800 mm. Que en sitios específicos puede descender a 1600 mm. De acuerdo a la clasificación de HOLDRIGE ésta área corresponde a la zona de vida denominada bosque húmedo sub-tropical (BHST).

- 2) SABANA TROPICAL CALUROSA o tierra templada incluye las áreas comprendidas entre 800 y 1200 m.s.n.m., se limita a la cima del Cacahuatique, parte del norte de Perquín (Llano Balidadero, El Muerto, cerro Tizate), Sociedad (cantón el Tablón, cerro Tizate), Torola (Azacualpa), San Fernando, Jocoaitique, Arambala y Joateca. Las variaciones anuales de temperatura son de 20 a 22 °C y disminuye con la altura a razón de 0.6 °C/100m, la precipitación media anual es del orden de los 2000 mm.
  
- 3) CLIMA TROPICAL DE ALTURA corresponde a las elevaciones de 1200 a 1800 m.s.n.m., áreas muy pequeñas las cuales se encuentran en los cerros de la Crucita, Garrobo, la Olomina, Perquín. La precipitación oscila entre 2000 a 2100 mm., con temperaturas anuales de 16°C. Sin posibilidades de helada en la estación seca.

Tabla No.19. Resumen de información climatológica de la región "H".

PERIODO CLIMATICO	ESTACION LLUVIOSA	ESTACION SECA
Duración	Mayo-Octubre	Noviembre-Abril
Viento circulación general	Viento dominante de 9.5 km/h y un máximo de 12.0 km/h con dirección dominante Sur variando a Sur-Oeste	Viento dominante de 10.5 km/hr y un máximo de 16 km/hr con dirección dominante Norte variando al Nor-Este.
Humedad relativa del aire	La humedad relativa media mensual es de 78.3 % con valores extremos de 84 y 77%.	Un promedio mensual de 69.9 % y extremos de 86 y 59 %.
Temperatura	La temperatura media mensual es de 24.5 °C, con extremos en Mayo de 26.5 y 23 °C y con extremos en Octubre de 32 y 21 °C.	Temperatura media mensual de 24.2 °C, con extremos de 27.7 y 21.3 °C en Abril y Diciembre respectivamente.
Luz solar	Promedio mensual de 7.50 hr/día, con extremos de 8.2 hr/día en Julio y 7.0 hr/día en Junio.	Promedio mensual de 9.2 hr/día, con extremos de 9.9 y 8.2 hr/día en Febrero y Noviembre respectivamente.
Precipitación	Valores extremos de 360 y 301 mm. En los meses de Septiembre y Junio y los mínimos de 193 y 206 mm. en Mayo y Julio.	La mayoría de días sin precipitación, solo algunas locales con valor de 45 y 41 mm. En los meses de Noviembre y Abril.
Fenómenos especiales	Temporales en los meses de Septiembre y Junio, canículas prolongadas en Mayo-Julio y Agosto con duración de hasta 60 días.	Lluvias de tipo convectivo, especialmente en la región media de la cuenca pero con lluvias menores de 1.0 mm.

Fuente: Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los recursos Hídricos.

### **3.1.2 Geomorfología y drenaje de la región.**

Es la zona más accidentada de todo el país (Plan Maestro Desarrollo de los Recursos Hídricos MAG-PNUD, 1981). Dividiéndose el departamento en las siguientes unidades:

- Montañas de Torola
- Montañas antepuestas de Cacahuatique
- Volcán Cacahuatique

#### **3.1.2.1 Montañas de Torola.**

Se denomina así al conjunto de cerros que se encuentran en la parte norte del Departamento y se prolonga hacia la república de Honduras conformando el parte aguas de la cuenca del río Torola. Las elevaciones más importantes son: cerro el Mono (2041 m.s.n.m.), cerro el Alumbrado (1800 m.s.n.m.), perteneciente a Honduras, el cerro Crucita (1500 m.s.n.m.) y el cerro Pericón (1330 m.s.n.m.).

Los cerros están formados por estratos de Morazán, que son rocas efusivas, básicas intermedias, piroclásticas ácidas, tobas ardientes y riolitas; en sí la estructura no ha sufrido mayor degradación, salvo en aquellas áreas donde la presión social es grande.

En toda el área la permeabilidad es prácticamente nula debido al tipo de roca con que está constituida y por lo tanto, tiene gran poder de escorrentía que se ve aumentado la alta precipitación de la zona (2049 mm/año, meteorología MAG 21 años de registro).

### **3.1.2.2 Montañas Antepuestas de Cacahuatique.**

Están formadas por una serie de conos y pequeños valles atrapados, lo que les da la forma de un terreno ondulado, contándose dentro de los puntos característicos los cerros: La Jojona, Picachito, Cristo, Cacahuatique. En su mayoría están constituidos por una mezcla de materiales de las formaciones Bálsamo y Morazán (Mioceno y Oligoceno, edad Terciaria respectivamente) con una predominancia de las últimas; existiendo tobas efusivas andesitas, piroclásticas, epiclásticas, así como tobas efusivas básicas intermedias ácidas, lo que les da un carácter de impermeabilidad.

Parte de esta unidad se encuentra en la cuenca baja del río Torola. Como resultante de los procesos erosivos del macizo del Cacahuatique y lugares aledaños, se puede encontrar en la parte baja de la cuenca del río Torola elementos retrabajados con poca permeabilidad por su alto grado de consolidación.

### 3.1.2.3 Volcán Cacahuatique.

Forma parte de la cuenca del río Torola, esta formado por materiales piroclásticos efusivos andesíticos-basálticos de la formación Bálsamo y presenta en su parte inferior rocas andesíticas y en la parte superior rocas basálticas. Como elemento apropiado para contribuir en las aguas subterráneas de las cuencas no ofrece las condiciones de permeabilidad óptimas clasificándose como un área de poca permeabilidad, lo que genera gran cantidad de escorrentía.

La relativamente buena cobertura vegetal mantiene el suelo existente y retiene un tanto de escorrentía aumentando la infiltración y por tanto mejorando relativamente la condición de permeabilidad.

La zona de estudio se encuentra dentro de la cuenca Alto Grande de San Miguel la cual está constituida por el área comprendida entre la región montañosa del Cacahuatique y la Carretera Panamericana, cerca de la ciudad de San Miguel. El drenaje es del tipo dendrítico, con cauces profundos y bien definidos con secciones transversales en forma de V, lo que demuestra la dureza del material sobre el cual corren. ( En tabla No.20, se presentan las características de los ríos de la zona en estudio respectivamente).

Dentro de ésta zona se encuentra el Cauce Principal o Agua Zarca y el cauce mas largo, el río Guayabal y San Francisco.

Tabla No.20. Principales características de los ríos de la región "H".

CUENCA	RIO	AREA DE DRENAJE (Km)	LONGITUD DE RECORRIDO (Km)	TIPO DE DRENAJE
Alto Grande de San Miguel	Villerías	225.7	29.0	Dendritico
	Las Cañas	137.1	27.0	Dendritico
	San Esteban	83.2	18.0	Dendritico
	San Diego	47.3	13.0	Dendritico
	<b>San Francisco</b>	<b>108.6</b>	<b>26.5</b>	<b>Dendritico</b>
	<b>Seco</b>	<b>317.0</b>	<b>36.0</b>	<b>Dendritico</b>
	Yamabal	57.2	20.0	Dendritico
	Taisihuat	97.9	21.0	Dendritico
Media del Grande de San Miguel	La Presa	56.3	13.0	Radial-dendrítico
	El Papalón	60.0	10.0	Dendrítico
	Huiscoyol	49.0	14.0	Dendrítico
	Desague-Laguna		15.0	Caprichoso
	San Juan			
	San Antonio	161.5	19.0	Dendrítico
	Hoja de sal	39.3	18.5	Dendrítico
	Brazo del Grande de San Miguel	24.0	12.0	Radial-dendrítico
Bajo Grande de San Miguel	Ereguayquín	133.3	20.0	Radial-dendrítico
	Zope	69.3	16.0	Radial-dendrítico

Fuente: Plan Maestro para el Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos.



### **3.1.3 Geología.**

El área de estudio está cubierta en un 92 % por rocas volcánicas de edad terciaria, media o cuaternaria; el 8 % restante del área está cubierta por sedimentos aluvionales plio-pleistoceno hasta recientes. En la zona de estudio se encuentran los materiales más antiguos pertenecientes a la formaciones Morazán, Chalatenango y Bálamo.

#### **➤ Formación Morazán.**

Las rocas de ésta formación pertenecen al terciario medio y constan de lavas y piroclásticos intermedios a ácidos e ignimbritas que afloran en la parte alta del río Torola al Oeste del volcán Cacahuatique, de edad oligocénica. Como se muestra en el mapa No. 1, de los anexos.

#### **➤ Formación Chalatenango.**

Están formadas por piroclásticos y lavas ácidas, tobas ardidas y fundidas pertenecientes al mioceno las cuales no han sido comprobadas en afloramientos mayores, ni en las partes centrales del país, ni cerca de la costa del pacífico, y están limitadas al norte respectivamente Nor-oeste de El Salvador.

➤ **Formación del Bálsamo.**

Esta formación pertenece al terciario superior, esta constituida por lavas básicas a intermedias, parcialmente convertidas en arcillas, intercaladas con tobas y aglomerados densos y piroclásticos que afloran en la parte norte y este de Morazán, perteneciente a la edad pliocénica. En el mapa No.1 de los anexos, se muestra la Geología de la zona.

**3.1.4 Suelos.**

De acuerdo al mapa pedológico de El Salvador, en la región de estudio (zona sur del departamento de Morazán), se encuentran 11 asociaciones de grandes grupos los cuales se muestran en el mapa No.2 de los anexos.

A continuación se da una breve descripción de las características de cada asociación:

- 1) **Suelos Regosoles y Aluviales. Entisoles.** Fase casi a nivel a ligeramente inclinada. Tierras aptas para la agricultura intensiva y mecanizada, la mayoría de estos suelos adecuados para el riego. Potencial agrícola muy alto.
- 2) **Suelos Aluviales y Grumosoles. Entisololes y Vertisoles.** Fase profunda y ligeramente a nivel, con adecuado control de las inundaciones, drenaje y riego; la

mayoría de las áreas pueden producir altos rendimientos de forrajes y arroz. Potencial agrícola moderado a alto con restricción.

- 3) **Andosoles y Regosoles. Inceptisoles y Entisoles.** Fases de onduladas a alomadas. La mayoría de éstos son apropiados para cultivos intensivos. Potencial agrícola alto a muy alto.
- 4) **Latosoles Arcillo Rojizos y Andosoles. Alfisoles e Inceptisoles.** Fases de cenizas volcánicas profundas, onduladas a alomadas. Estas tierras son apropiadas para la agricultura mecanizada. El potencial se clasifica agrícola como alto a muy alto.
- 5) **Regosoles, Latosoles Arcillo Rojizos y Andosoles. Entisoles, Alfisoles e Inceptisoles.** Fases alomadas y montañosas accidentadas. Estas tierras no son apropiadas para cultivos intensivos. Potencial agrícola alto a muy alto para cultivos adaptados.
- 6) **Latosoles Arcillo Rojizos, Alfisoles.** Fases de cenizas volcánicas profundas, de onduladas a fuertemente alomadas. Las tierras con pendiente moderadas son apropiadas para cultivos anuales adaptados (granos básicos). Las tierras con pendientes más fuertes para cultivos perennes. El potencial agrícola moderado muy alto.

- 7) **Latosoles Arcillo Rojizos y Litosoles. Alfisoles y grupos líticos.** Fases onduladas a fuertemente alomadas, de pedregosidad variable, mas del 40% del área es apta para el uso de maquinaria agrícola y el resto son aptas para pastizales, forestales y usos agrícolas limitados. El potencial agrícola se clasifica como moderadamente alto bajo, donde solo son cultivados algunos granos básicos.
  
- 8) **Litosoles y Regosoles. Entisoles y Grupos líticos.** Fase ondulada a montañosa a muy accidentada aptas en su mayoría, para forestales. Potencial agrícola moderadamente bajo.
  
- 9) **Latosoles Arcillo Rojizos y Litosoles. Alfisoles y Grupos líticos.** Fase pedregosa superficial, de ondulada a montañosa muy accidentada. La mayoría de las tierras no son aptas para cultivarse por métodos modernos. Potencial agrícola bajo a muy bajo.
  
- 10) **Grumosoles Litosoles y Latosoles Arcillo Rojizos. Vertisoles y Alfisoles.** Fase de casi a nivel a fuertemente alomadas. Areas apropiadas para pasto natural en su mayoría. Potencial agrícola bajo a muy bajo.
  
- 11) **Pantanos sujetos a las mareas, playas costeras y Suelos Aluviales. Entisoles.** Vegetación predominante de mangle. En las tierras con mejor drenaje se siembran cereales. Potencial agrícola limitado.

### 3.1.5 Hidrografía.

La magnitud de la escorrentía superficial y su distribución dependen de ciertas características físicas, geológicas y de cobertura vegetal, como la intensidad y duración de la precipitación de la región o cuenca que es objeto del estudio, y por la pendiente del terreno, la permeabilidad de los estratos existentes y la humedad existente en el suelo.

Tomando en cuenta estos criterios se dividió la región hidrográfica H, en tres partes o zonas: Alta, media y baja.

La zona alta o parte norte, constituida por las montañas Anamorós-Cacahuatique hasta la estación Villerías, está formada por materiales impermeables, lo que produce una alta escorrentía durante la época lluviosa, y una disminución considerable de caudales en la estación seca.

La zona media, se puede considerar entre la comprendida en las estaciones de Villerías y Vado Marín.

Está constituida en parte por materiales aluviales depositados y en parte por las faldas del volcán de San Miguel. En ésta zona comienza a aflorar el agua subterránea en las lagunas de San Juan, El Jocotal y Aramuaca; se nota un incremento considerable de caudal así como una constancia de los mismos durante la época seca.

La zona baja, está comprendida entre la estación Vado Marín y la Desembocadura.

En ésta área el río tiene poca pendiente, lo que permite el desbordamiento. Además lo superficial del nivel freático contribuye enormemente a mantener saturada la zona. En ésta área se mantiene el máximo rendimiento de la cuenca, siendo además una de las regiones más ricas en agua subterránea en toda la república. Como se muestra en el mapa No. 3.

La región se considera como un sistema cerrado y todo el afluente se puede limitar a escorrentía superficial y subterránea.

En general los ríos de Morazán son jóvenes, exceptuando el río Torola el cual puede considerarse como río en proceso de madurez.

Los suelos de Morazán en un 92% se consideran como áreas con mayor potencial para formación de escorrentía superficial y una mínima infiltración.

### **3.1.6 Unidades hidrogeológicas y sus propiedades.**

Sobre la base de las características hidrogeológicas de las rocas, tales como la capacidad para admitir, almacenar y transmitir agua se han agrupado las rocas que

presentan características hidrogeológicas similares, con el fin de elaborar un mapa que muestre las diferentes unidades hidrogeológicas, siendo éstas las siguientes:

- a) Sedimentos Aluvionales Recientes (Qal)
- b) Lavas y Piroclásticos Cuaternarios (Qv)
- c) Piroclásticos Cuaternarios (Qp)
- d) Aglomerados y Lavas Terciarias (Tla)
- e) Lavas Pleistocénicas-Pliocénicas (Qpp)

**a) Sedimentos Aluviales (Qal).**

Los sedimentos aluviales recientes cubren un área de 448 km<sup>2</sup>, localizándose en la parte media y baja de la cuenca del río Grande de San Miguel, consistiendo en piroclásticos retrabajados intercalados con sedimentos fluviales, de espesor y granulometría variada, tales como cantos rodados, gravas, arenas, limos y arcillas. Estos materiales se han originado principalmente por la acción de aguas meteóricas, las que a su vez lo han transportado y depositado en sus partes bajas.

**b) Lavas y Piroclásticos Cuaternarios (Qv).**

Las lavas cuaternarias (parcialmente cubiertas por piroclásticos) son las más jóvenes de la región, cubren una extensión de 209 km<sup>2</sup>, habiéndose originado en la cadena volcánica de San Miguel - Usulután.

Estos flujos de lava tienen un espesor que varía entre 9 y 30 mt, en algunos casos, son escoriaáceos, en otros fracturados o masivos su carácter petrográfico es basáltico o andesítico, encontrándose intercalados con materiales piroclásticos y sedimentos aluvionales.

**c) Piroclásticos Cuaternarios (Qp).**

Los materiales piroclásticos cuaternarios han sido expulsados por la cadena volcánica de San Miguel - Usulután durante el Pleistoceno y Oloceno, encontrándose en la parte media y baja de la cuenca del río Grande de San Miguel . Estos piroclásticos presentan una granulometría fina a gruesa consistiendo en polvo volcánico, cenizas y lapilli fino a grueso, los que, en parte se encuentran sueltos intercalados con tobas.

El carácter petrográfico de los materiales antes mencionados van de ácido a básico, riolítico, dasítico y andesítico.

**d) Aglomerados y Lavas Terciarias (Tla).**

Los aglomerados y lavas terciarias cubren un área de 1107 km<sup>2</sup>, encontrándose intercaladas con tobas brechadas a líticas, la hars y tobas fundidas. Estas rocas están meteorizadas, parcialmente descompuestas a arcillas, el carácter petrográfico



predominante de las corrientes de lava es básico basáltico - andesítico, aunque en la parte alta de la región afloran lavas ácidas en áreas muy limitadas.

**e) Lavas Pleistocénicas (Qpp).**

Esta unidad esta constituida por rocas pertenecientes al Pleistoceno-Plioceno consistiendo con lavas intercaladas con tobas y corrientes de lodo, la hars. Las rocas antes mencionadas se localizan en la parte Norte de la región y al Oeste de la misma. El carácter petrográfico de los flujos de lava va de básico a intermedio.

La unidad formada por lavas cuaternarias y piroclásticos presenta permeabilidad alta debido a que estas lavas son escoriaáceas y fracturadas y los piroclásticos son de granulometría gruesa, lo que hace que esta unidad tenga alta capacidad para admitir y transmitir volúmenes considerables de agua que van a recargar los acuíferos.

En los piroclásticos cuaternarios la permeabilidad es variable, lo que en parte depende de la granulometría de éstos, ya que cuando predominan los materiales gruesos y además se intercalan con materiales escoriaáceos, como sucede en las inmediaciones de la cadena volcánica de Usulután - San Miguel, la permeabilidad es alta y ésta es baja cuando predominan los materiales finos, polvo volcánico y cenizas, siendo la permeabilidad más baja cuando estos materiales se han descompuesto a arcilla.

La permeabilidad de los sedimentos aluvionales cuaternarios también dependen de la granulometría, como en los piroclásticos. Los sedimentos aluvionales ubicados al Sur y Este de la cadena volcánica constituyen zonas capaces de almacenar y transmitir volúmenes considerables de agua subterránea.

Las lavas del Pleistoceno-Plioceno presentan permeabilidad variada, dependiente de su fracturamiento, grado de descomposición o de que sus fracturas o diaclasas se encuentren rellenas por arcilla, lo que hace que la permeabilidad sea baja o nula. En general la permeabilidad en ésta unidad va de media a baja.

En los aglomerados y lavas terciarias la permeabilidad es baja o nula lo que se debe a que estos materiales en su mayor parte se encuentran en descomposición a arcilla, pudiéndose presentar cierta permeabilidad cuando las lavas se encuentran fracturadas, pero en general esta unidad se considera impermeable.

### **3.1.7 Profundidad del agua subterránea.**

#### **3.1.7.1 Superficie freática**

La fluctuación del nivel freático se obtuvo de hidrogramas de pozos de observación distribuidos en la cuenca media y baja del río Grande de San Miguel<sup>2</sup> en los que el servicio hidrológico efectúa mediciones periódicas.

---

<sup>2</sup> Plan Maestro de desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos. Pag. 34



En los hidrogramas de estos pozos ubicados en los valles se visualiza que nivel freático responde rápidamente a los cambios estacionales. Como se muestra en el mapa No.3 de los anexos.

### **3.1.7.2 Sentido de escurrimiento.**

El agua subterránea en la cuenca baja del río Grande de San Miguel fluye de la cadena volcánica con una dirección Norte-Sur y en la cuenca media fluye principalmente del volcán de San Miguel con una dirección Oeste-Este. En ambos casos parte del flujo del agua subterránea llega a los caudales de aguas superficiales, formando el flujo base de los ríos.

### **3.1.7.3 Agua subterránea.**

Información sobre las diferentes características del agua subterránea tales como la profundidad donde se encuentra el nivel de saturación, condiciones de presión, fluctuación del nivel freático, etc., solo se tiene en la parte ubicada al sur de la cadena volcánica cuaternaria Usulután-Vado Marín-El Delirio y de la parte ubicada al Este del volcán de San Miguel, que se denomina San Miguel-San Antonio Silva-Olomega.

En la zona de Usulután-Vado Marin-El Delirio el nivel de saturación o nivel freático es mayor al pie de la cadena volcánica donde se encuentra a una profundidad mayor a los 210 m.s.n.m., decreciendo en dirección al río Grande de San Miguel, encontrándose el nivel freático a 35 m.s.n.m.

En el área Sur-Oeste de San Miguel, la profundidad al nivel freático es mayor a 95 m.s.n.m. al pie del volcán de San Miguel, siendo menor de 65 m.s.n.m. en las inmediaciones de San Antonio Silva. La profundidad y el sentido del escurrimiento del agua subterránea se muestran en el mapa No.3 de los anexos.

## **3.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO**

### **3.2.1 Descripción física.**

Dentro de los estudios básicos que se realizaron al terreno, donde se pretende implementar el relleno sanitario, está el levantamiento topográfico. El cual es de mucha importancia ya que las características topográficas del terreno determinan el mejor método a utilizar para la construcción y operación del relleno sanitario, es decir la topografía limita el volumen aprovechable del lugar y sobre la base de esto aplicaremos el método que mejor nos convenga, ya que existen tres: método de trinchera, de área y de rampa.

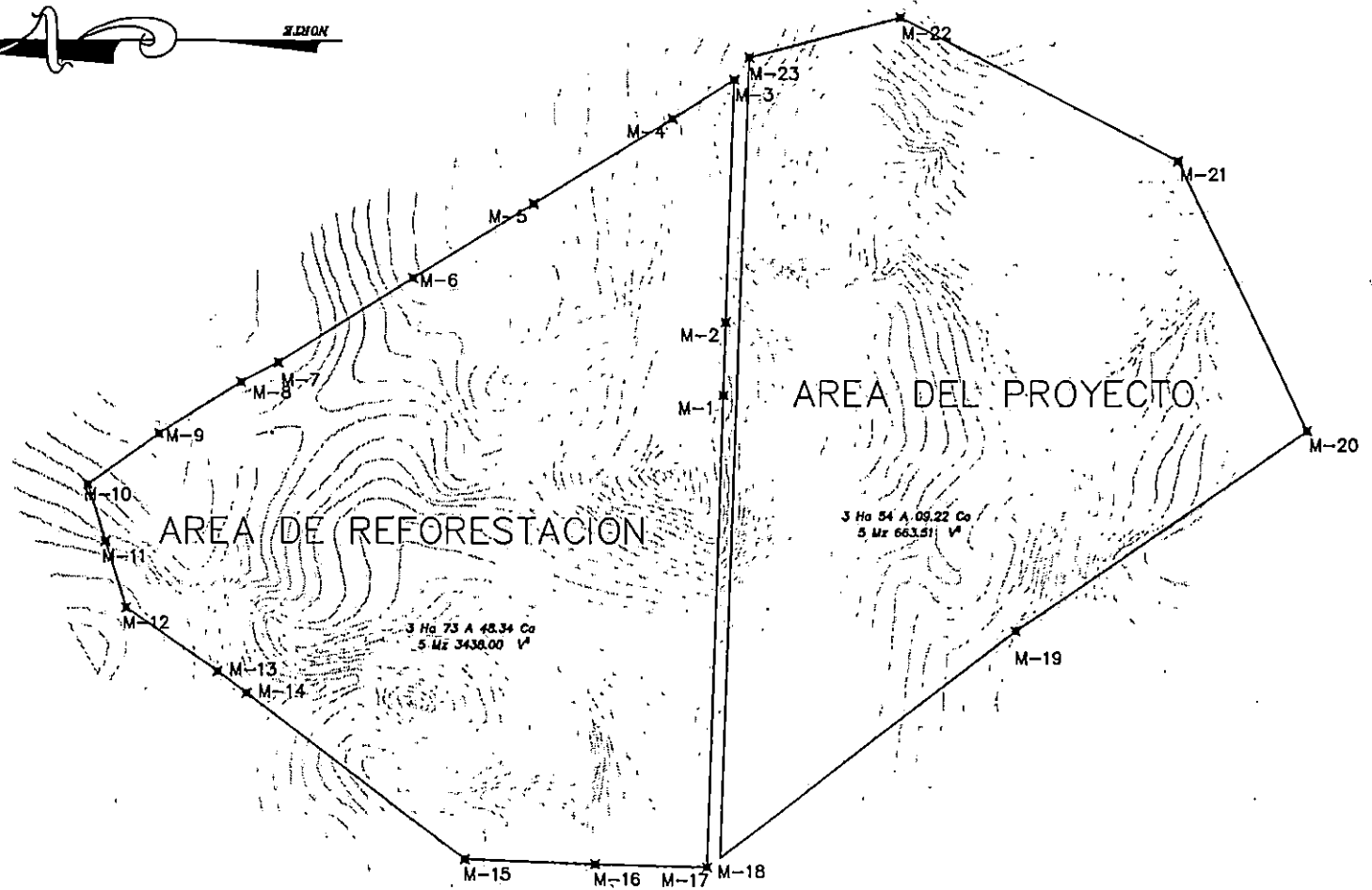
Para este proyecto en particular se utilizara el método del área, ya que la configuración del terreno presenta una hondonada que se adapta a este método.

El trabajo de campo fue realizado con nuestro grupo de tesis y levantamiento del terreno fue realizado con equipo prestado por la Universidad de El Salvador y que consta de:

- \* Teodolito Digital (D-20)
- \* Estadal milimétrico
- \* Cinta y plomadas

Se hicieron los levantamientos planimétricos y altimétricos del terreno, lo que se muestra en el plano No. 2, donde se pueden apreciar los detalles, así como el acceso al lugar, y curvas de nivel a cada metro del terreno.

La configuración topográfica general del lugar es la conformación de una vaguada que funciona como quebrada de invierno, estando formado su entorno por pequeñas lomas con pendientes moderadas que definen el parte-aguas de la micro cuenca, excepto en el sector Nor-Poniente donde las pendientes son más fuertes debido a que se encuentra ubicado un pequeño cerro (el cual proporcionará el material de cobertura cuando el relleno sanitario esté en servicio). Por la forma natural del terreno la escorrentía producto de las precipitaciones drenan por un sólo cauce cerca del Mojón No.19.



LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE:  
PROYECTO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL

PLANO N° 2

UBICACION:  
CANTON: CACERIO LOS GOMEZ  
MUNICIPIO: SAN FRANCISCO GOTERA  
DEPARTAMENTO: MORAZAN

PROPIETARIO:  
ALCALDIA MUNICIPAL  
DE SAN FRANCISCO GOTERA

PRESENTA:  
BONILLA ORCAS, HUGO LEONEL  
QUATEMALA QUEVARA, MELVE DOUGLAS  
PEREZ ROSARIO PINEDA, ENGELBERTO  
TREJO CARRERA, RONALD ISMAEL

LEVANTO:  
BONILLA ORCAS, HUGO LEONEL  
QUATEMALA QUEVARA, MELVE DOUGLAS  
PEREZ ROSARIO PINEDA, ENGELBERTO  
TREJO CARRERA, RONALD ISMAEL

ESCALA: 1:2500  
FECHA: SEPTIEMBRE/99

### 3.2.2 Descripción técnica.

El inmueble antes referido, consta de un terreno de naturaleza rústica, destinado para el pasto de animales, con pendientes moderadas y altas en algunas zonas, con características de poca permeabilidad y por lo tanto escorrentía abundante.

Está ubicado a 6 km al Sur-Oeste de la ciudad de San Francisco Gotera en el lugar conocido como Portillo Blanco, caserío Los Gómez en el cantón El Triunfo jurisdicción de éste municipio, en el Departamento de Morazán, propiedad de los señores René García y José Adolfo Romero; y se describe de la siguiente manera:

El terreno consta de una superficie de: 72,757.5591 metros cuadrados equivalente a 104,101.5156 varas cuadradas y a 10 manzanas mas 4,101.52 varas cuadradas, y de los rumbos medidas y linderos siguientes:

AL NORTE, CONSTA DE LOS SIGUIENTES TRAMOS:

Tramo 1, del mojón M6 al M7 con distancia de 54.98 mt con rumbo N32° 04' 58" W;

Tramo 2, del mojón M7 al M8 con distancia de 14.62 mts con rumbo N27° 40' 08" W;

Tramo 3, del mojón M8 al M9 con distancia de 33.84 mts con rumbo N31° 51' 30" W;

Tramo 4, del mojón M9 al M10 con distancia de 30.67 mt con rumbo N35° 16' 14" W;

Los cuatro tramos lindan de callejón de por medio (de 5 metros de ancho) con la propiedad del señor Juan Ortez.

Tramo 5, del mojón M10 al M11 con distancia de 20.57 mt con rumbo  $S72^{\circ}37'52''$  W;

Tramo 6, del mojón M11 al M12 con distancia de 24.17 mt con rumbo  $S72^{\circ}19'20''$  W;

Tramo 7, del mojón M12 al M13 con distancia de 38.98 mt con rumbo  $S34^{\circ}19'34''$  W;

Tramo 8, del mojón M13 al M14 con distancia de 12.51 mt con rumbo  $S36^{\circ}56'35''$  W;

Tramo 9, del mojón M14 al M15 con distancia de 94.99 mt con rumbo  $S37^{\circ}05'05''$  W;

Los cinco tramos lindan con la propiedad del señor René García.

AL SUR, CONSTA DE LOS TRAMOS SIGUIENTES:

Tramo 1, del M19 al M20 con una distancia de 123.58 mts., rumbo  $S 34^{\circ} 11' 57''$  E.

Tramo 2, del M20 al M21 con una distancia de 103.85 mts., rumbo  $N 64^{\circ} 15' 15''$  E.

Tramo 3, del M21 al M22 con una distancia de 108.92 mts., rumbo  $N 27^{\circ} 16' 24''$  E.

Los tres tramos lindan con la propiedad de José Adolfo Romero.

AL ORIENTE, CONSTA DE LOS TRAMOS SIGUIENTES:

Tramo 1, del M22 al M23 con una distancia de 54.60 mts., rumbo  $N 14^{\circ} 55' 19''$  W.

Tramo 2, del M3 al M4 con una distancia de 25.50 mts. con rumbo  $N 32^{\circ} 04' 11''$  W.

Tramo 3, del M4 al M5 con una distancia de 56.64 mts. con rumbo  $N 31^{\circ} 35' 18''$  W.

Tramo 4, del M5 al M6 con una distancia de 49.41 mts. con rumbo  $N 31^{\circ} 41' 44''$  W.

Los cuatro tramos lindan con un callejón de por medio (de 5 mts. de ancho) con la propiedad de José Ortez.



AL PONIENTE, CONSTA DE LOS TRAMOS SIGUIENTES:

Tramo 1, del M15 al M16 con una distancia de 45.46 mts. , rumbo S 02° 11' 36'' W.

Tramo 2, del M16 al M17 con una distancia de 38.73 mts., rumbo S 01° 28' 46'' W.

Tramo 3, del M18 al M19 con una distancia de 129.38 mts., rumbo S 37° 24' 21 '' E.

El tramo 1 y 2 lindan con la propiedad de Manuel García y el tramo 3 con la propiedad de José Adolfo Romero.

Toda la propiedad está dividida en dos partes por un callejón de por medio (el cual tiene 5 metros de ancho y cuya orientación es de Oriente a Poniente); el terreno norte tiene una superficie de 5 manzanas más 3,438 varas cuadradas y es propiedad de René García donde se tiene proyectado utilizar como área de reforestación; el terreno Sur tiene una superficie de 5 manzanas más 663.51 varas cuadradas y es propiedad de José Adolfo Romero, ésta área es donde se pretende implementar el relleno sanitario. Como se puede ver en el plano No.3 de los anexos.

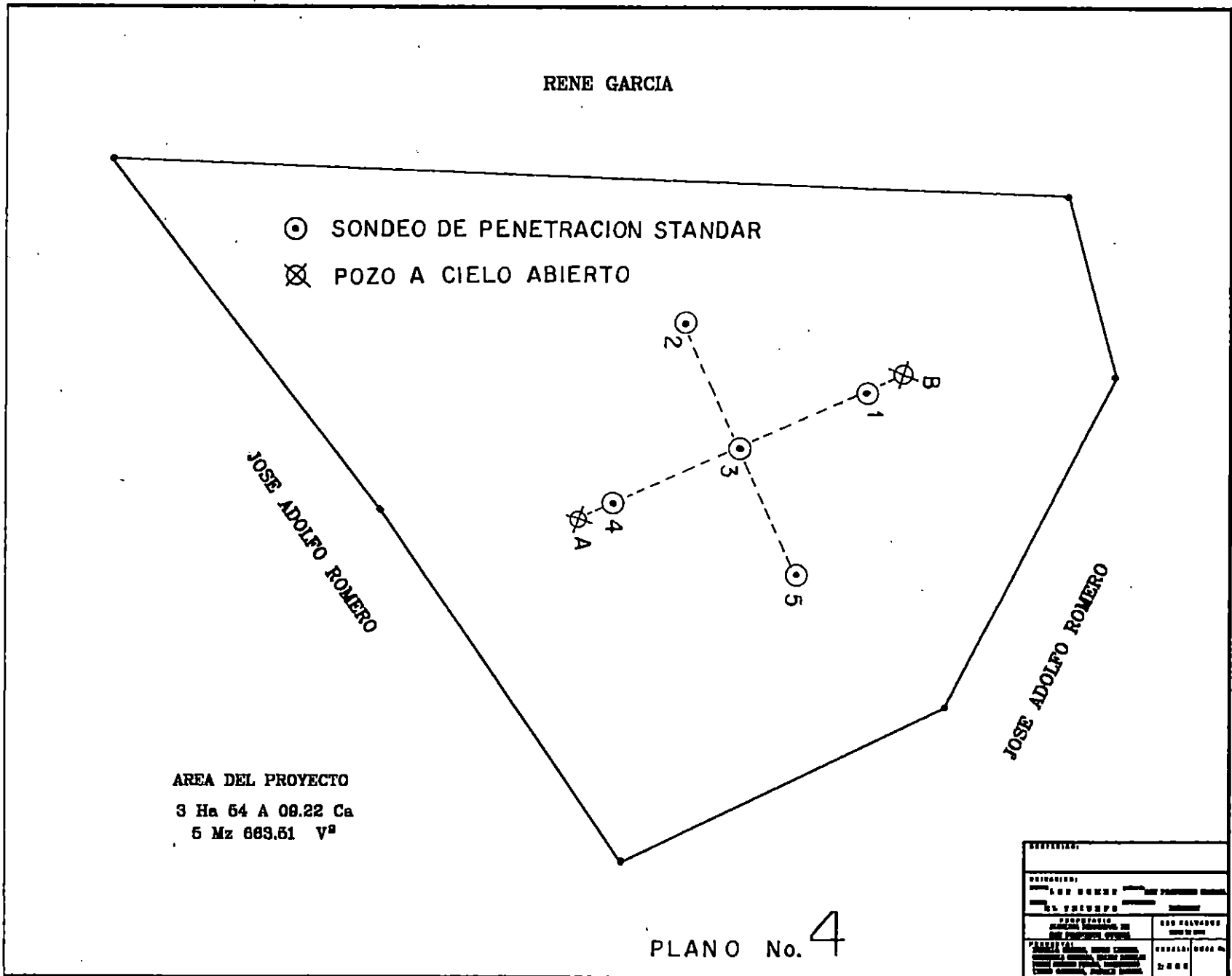
### 3.3 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

El estudio de mecánica de suelos se realizó con la finalidad de poder determinar las condiciones en que se encuentran los estratos detectados en el sub-suelo del terreno en estudio, además de conocer las características físicas y mecánicas de éste.

El sitio del terreno analizado se encuentra ubicado en el lugar conocido como Portillo blanco del caserío Los Gómez en el cantón El Triunfo, de la jurisdicción del municipio de San Francisco Gotera en el Departamento de Morazán.

El alcance del estudio comprende, el sector sur del terreno, que comprende un área de 5 Mz. 663.51 V<sup>2</sup>, donde se realizaron cinco sondeos exploratorios con equipo de penetración standard, distribuidos según se muestra en el plano No. 4; debido a la alta resistencia a la penetración que ofreció el suelo a la hora del ensayo la profundidad máxima explorada fue de 2 metros (pese a que se repitió cada sondeo), detectándose un suelo muy compacto al final de todos los sondeos.

El trabajo de campo se realiza para la obtención de muestras representativas del suelo obtenidas con la cuchara partida del equipo de penetración standard ver proceso en fotografía en anexo 6, y que se detalla en el estudio de suelos solicitado a la empresa **F. C. S. A. de C. V.**, y que se muestra en el anexo No. 7.



### **3.4 ESTUDIO DE PERMEABILIDAD.**

#### **3.4.1 Generalidades.**

El estudio de la permeabilidad del suelo se realizó con la finalidad de determinar la facilidad con que el agua atraviesa al mismo. El valor que se obtiene es una constante que tiene las dimensiones de la velocidad, la cuál puede ser expresada en centímetros por segundo o en pies por minuto y, para los casos de suelos muy impermeables, en metros o pies por día.

Debido a los numerosos y complejos factores que influyen en la permeabilidad, sólo se puede estimar de manera aproximada la magnitud de dicho coeficiente; por lo tanto, deben hacerse ensayos para determinar el valor de la permeabilidad con alguna certeza.

El estudio de permeabilidad del suelo, para el terreno donde se implementará el relleno sanitario manual, surge para poder evaluar el tipo de tratamiento que el terreno necesitará (superficialmente, es decir, si necesitará impermeabilizarlo) antes y durante el funcionamiento del relleno, para poder evitar que se contaminen los mantos acuíferos por la filtración de los líquidos lixiviados; por lo que es necesario mantener una distancia de 1 a 2 mts.<sup>3</sup> del fondo de la primera celda de los desechos y el nivel freático.

---

<sup>3</sup> Guía para el diseño , construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Pag. 25

### 3.4.2 Determinación de la permeabilidad.

La permeabilidad de los suelos puede ser medida en el laboratorio o en el terreno; las pruebas realizadas en el laboratorio son más fáciles de hacer en comparación de las que se realizan en el terreno, ya que se hacen utilizando el permeámetro (aparato para medir la permeabilidad del suelo), pero debido a que se necesita una muestra inalterada se vuelve un tanto complicada por la distancia a que se encuentra el terreno.

Debido a la dificultad para la obtención y transporte de una muestra representativa de suelo, para su análisis en el laboratorio se optó por realizarla en el terreno; a través de la excavación de pozos a cielo abierto para el desarrollo de la prueba.

La variación en la permeabilidad de los suelos naturales es aún mayor que la variedad en el tamaño de los granos, ya que pueden variar desde 1 cm/seg. Para las gravas hasta  $10^{-8}$  cm/seg. para las arcillas.

La tabla No.21, se presentan valores que pueden usarse como guías para describir la permeabilidad de los suelos y como orientación para describir la permeabilidad relativa en un estudio no tan preciso.

Tabla No.21. Valores relativos de la permeabilidad

Permeabilidad relativa	Valor de K (cm/seg)	Suelo típico
Muy permeable	Mayor que $1 \times 10^{-1}$	Grava gruesa
Moderadamente permeable	$1 \times 10^{-1}$ a $1 \times 10^{-3}$	Arena, arena fina
Poco permeable	$1 \times 10^{-3}$ a $1 \times 10^{-5}$	Arena limosa, arena sucia
Muy poco permeable	$1 \times 10^{-5}$ a $1 \times 10^{-7}$	Limo, arenisca fina
Impermeable	Menos que $1 \times 10^{-7}$	Arcilla

Fuente: Terzaghi y Peck.

La magnitud de la permeabilidad depende de las características del fluido y del suelo. El tamaño de las partículas, la relación de vacíos, la composición, la estructura y el grado de saturación son las principales características del suelo. La permeabilidad se refiere corrientemente a una temperatura de 20°C. A cero grados representa el 56% y a cuarenta grados el 150% del valor una temperatura de 20°C.

### 3.4.3 Prueba de la permeabilidad de campo.

Cuando un suelo tiene una estructura que está formada por un material homogéneo, isótropo (cuerpo cuyas propiedades físicas se mantienen constantes en todas sus direcciones) ó anisótropo (cuerpo en el cual las propiedades físicas pueden variar en cualquier dirección), es necesario que la permeabilidad se determine por pruebas de laboratorio.

Pero en el caso de formaciones naturales como el terreno en estudio, compuestos generalmente de mantos distintos, con variaciones tanto en la disposición como características de los materiales se determinó la permeabilidad a través de pruebas de campo. Las pruebas de campo en estos casos pueden dar valores aproximados a la realidad.

La prueba de campo consiste en excavar pozos a cielo abierto de 1.0 x 1.0 mts. de sección con una profundidad que puede variar según el tipo de suelo, (con la finalidad de hacer la prueba en el estrato que presente condiciones de poca permeabilidad); y en el fondo de los pozos se excavan cubos de sección de 30 x 30 cms, con profundidad de 40 cms; luego se llenan de agua hasta saturarlos, midiéndose el tiempo que transcurre en ser absorbida lo que nos da el grado de filtración (permeabilidad del suelo) del material en estudio.

#### **3.4.4 Procedimiento de la prueba de permeabilidad.**

Para la realización de esta prueba se utilizó como guía el "Procedimiento para pruebas de infiltración, formulado por el centro de Ingeniería Sanitaria Robert A. Taft de los Estados Unidos de América ", el cuál se describe de la siguiente manera:

- 1) **Número y localización de las pruebas.** Se han de verificar seis o más pruebas, en perforaciones separadas, uniformemente espaciadas en el sitio propuesto para campo de absorción.
- 2) **Tipo de la perforación de prueba.** Se perfora o se excava un agujero, con dimensiones horizontales de 10 a 30 cm y para redes verticales hasta alcanzar la profundidad propuesta de las zanjas de absorción; para ahorrar tiempo, trabajo y volumen necesario de agua, los agujeros se pueden perforar con un barreno de 10 cm (4").
- 3) **Preparación del agujero de prueba.** Con todo cuidado se raspan el fondo y las paredes del agujero con una hoja de cuchilla o con un instrumento puntiagudo, para eliminar las superficies sucias y para proporcionar caras naturales de contacto, por las que pueda infiltrarse el agua. Se extrae todo el material suelto y se forma una capa de unos 5 cm con arena gruesa o gravilla fina en el fondo del agujero, para protegerlo de los sedimentos.
- 4) **Saturación y distensión del suelo.** Es importante distinguir entre saturación y distensión (o hinchazón); la saturación implica que todos los espacios vacíos entre las partículas de tierra se encuentran llenos de agua, lo que puede lograr en breve tiempo, mientras que la distensión se produce al penetrar el agua en las partículas



individuales de tierra y es un proceso lento, en particular en suelos arcillosos, razón por la cual necesita de un período prolongado de empapado.

Para el desarrollo de la prueba, se llena cuidadosamente el agujero con agua clara, hasta una profundidad mínima de 30 cm sobre la grava; en la mayor parte de las tierras es necesario rellenar el agujero con agua, posiblemente por medio de un sifón automático, para que el nivel del agua se conserve en el agujero por no menos de 4 horas y, de preferencia, durante la noche, determinándose la tasa de infiltración después de 24 horas de que se haya agregado la primera agua al agujero. Con este procedimiento se tiene la seguridad de proporcionar al suelo una amplia oportunidad para distenderse y para aproximarse a la condición en que se encontrará en la estación más húmeda del año y, con esto, la prueba ha de dar resultados comparables en el mismo suelo, sea que se verifique en el estiaje o durante las lluvias. En suelos arenosos, que contengan poco o ninguna arcilla, no es esencial el proceso de distensión y se puede verificar la prueba, en la forma que se describe en el inciso 5C, después de que se haya infiltrado el agua del primer llenado.

- 5) **Medición de la velocidad de infiltración.** Con la excepción de los suelos arenosos, la medición de la velocidad de infiltración se debe verificar al día siguiente del paso inicial del proceso, descrito en el anterior inciso 4.
  - A. Si se mantiene el agua en el agujero, después del período nocturno de distensión, se ajusta su profundidad hasta unos 15 cm aproximadamente, sobre la grava y

desde un punto fijo de referencia se mide el abatimiento en su nivel en un período de 30 minutos, abatimiento que se usa para calcular la velocidad de infiltración.

- B. Si no se conserva el agua en el agujero después del período nocturno de distensión, se llena con agua clara hasta una profundidad aproximada de 15 cm sobre la grava y, desde un punto fijo de referencia, se mide el abatimiento en el nivel del agua, a intervalos aproximados de 30 minutos, durante un período de 4 horas, rellenando hasta un nivel de 15 cm si fuera necesario. El abatimiento que se observa en el período final de 30 minutos se usa para calcular la velocidad de infiltración, aunque las lecturas que se hagan en los períodos precedentes proporcionan informes para posibles modificaciones al procedimiento, que permitan ajustarse a las condiciones locales.
- C. En suelos arenosos (o en otros en que los primeros 15 cm de agua se infiltren en menos de 30 minutos, después del período nocturno de distensión), las mediciones se toman cada 10 minutos, durante el período de prueba de una hora. En abatimiento que se observa durante los 10 minutos finales se usa para calcular la velocidad de percolación.

Se realizaron visitas al terreno en estudio, observándose las características topográficas del terreno, la forma del drenaje de la escorrentía y erosión del suelo,

encontrándose la conformación de una vaguada en el interior del terreno que es por donde drena, por lo que se decidió realizar la prueba en dos pozos a cielo abierto separados a una distancia de 100 mts. entre si, ubicados en dirección del largo de la vaguada, como se muestra en el plano No.4 anterior.

Las dimensiones de los pozos excavados son de un metro cuadrado de sección y profundidad de un metro, ya que no se pudo profundizar mas debido a la dureza del suelo. En la figura No.5 se presentan las dimensiones de los pozos.

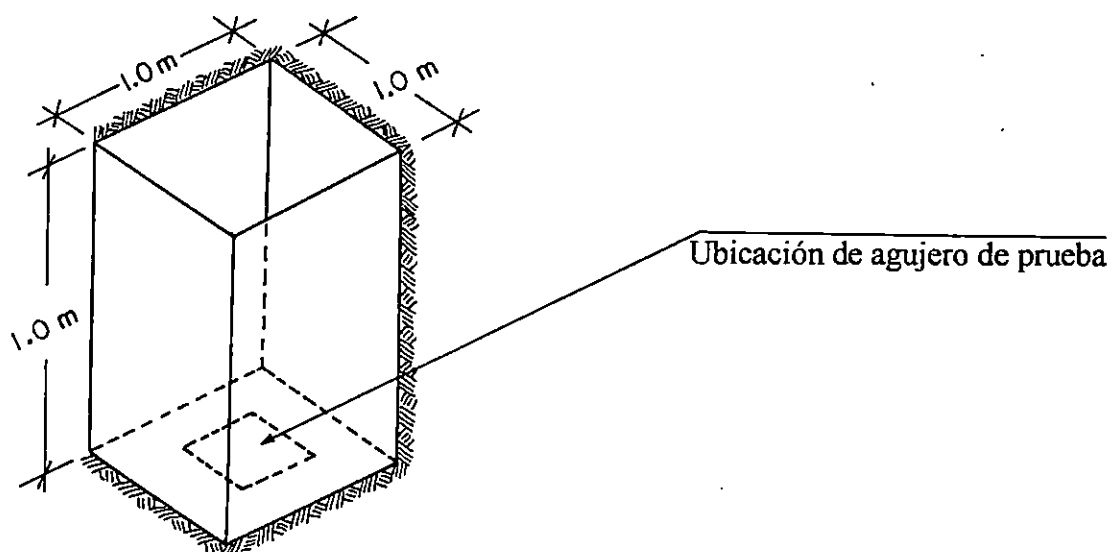


Figura 5. Detalle de pozo a cielo abierto.

Seguidamente en el fondo y al centro de cada pozo, se excavaron cubos de 30 cm de ancho por 30 cm de largo por 40 cm de profundidad, como se muestra en la figura 6.

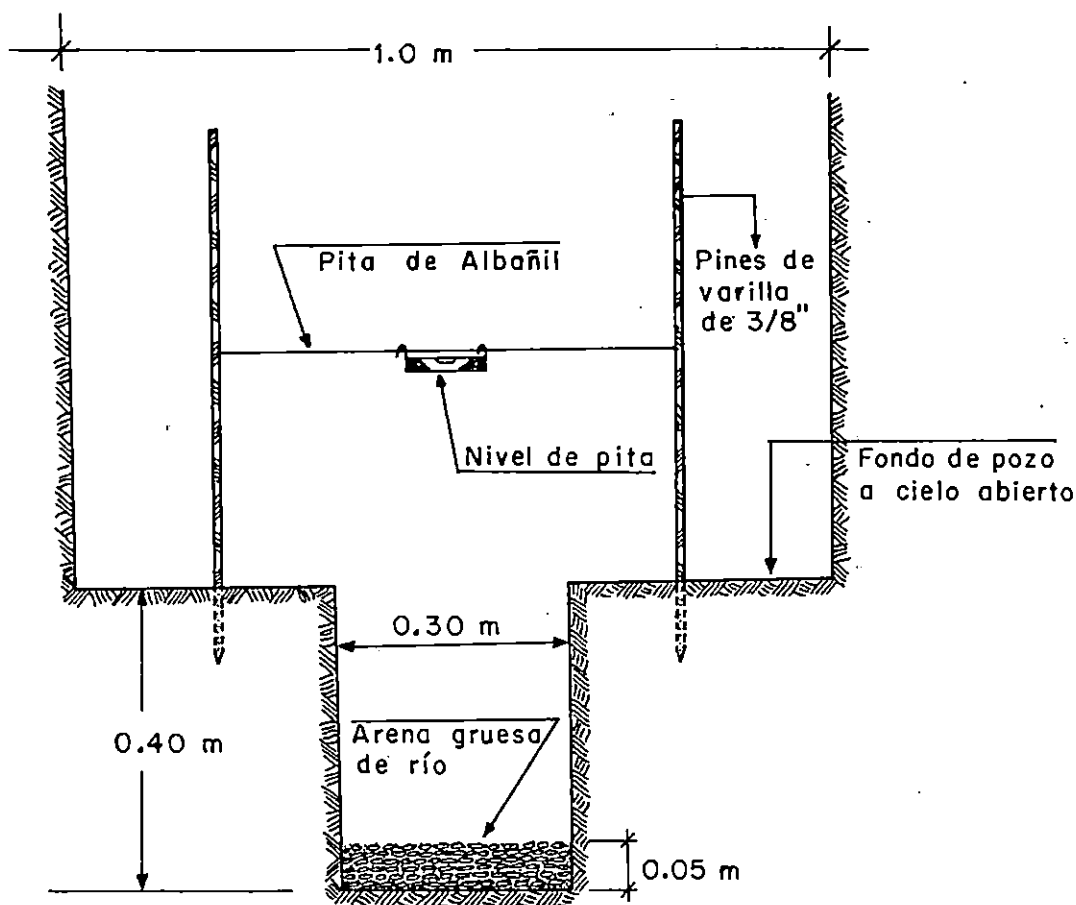


Figura 6. Sección transversal del pozo terminado.

Luego, se limpiaron y rascaron las paredes y el fondo de los agujeros de prueba utilizando cinces y brochas, con la finalidad de proporcionar una superficie natural del suelo en la cual pueda filtrarse el agua sin ninguna dificultad.

Posteriormente, se agregaron 5 cms. de arena gruesa de río, esto para proteger el fondo de los mismos contra socavaciones y sedimentos, como se muestra en la figura No.7.

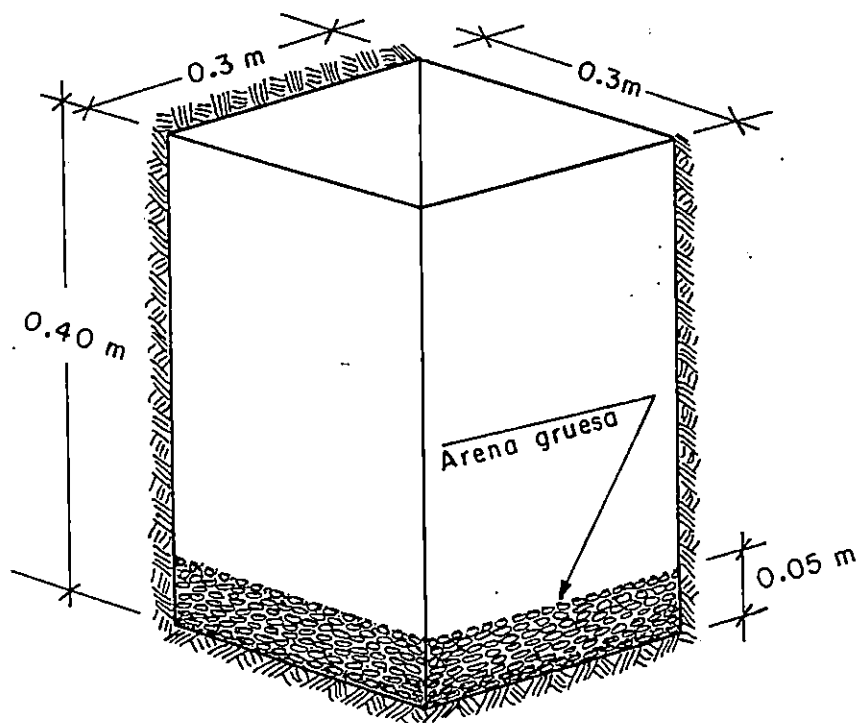


Figura No 7. Detalle de filtro en fondo de agujero de prueba.

Continuando con el proceso, se llenaron los agujeros de prueba con agua (proveniente de un afloramiento que esta dentro del terreno) hasta una altura de 30 cms. sobre el nivel de la arena gruesa midiendo a intervalos de tiempo de 30 minutos durante un período de 3 horas, esto con el objeto de que el suelo en estudio alcanzara una saturación y /o expansión en su totalidad.

Luego, sobre cada agujero de prueba, se colocaron niveles fijos de referencia utilizando pines de varilla de 3/8" de 70 cms de longitud a cada lado del agujero.

Posteriormente se amarraron pitas en cada pin de tal manera que estas quedaran horizontalmente con la ayuda de un nivel de pita. Ver figura 6 y anexo No.8.

Al siguiente día, se observó que los dos agujeros aún tenían agua (todo esto después de haber transcurrido 24 horas, desde que se inicio el proceso de saturación y/o expansión del suelo), con el objeto de determinar el tiempo requerido de observación para la estimación de la permeabilidad.

Luego, se llenaron ambos agujeros de prueba hasta una altura de 15 cms. arriba del nivel de arena gruesa y se midieron los descensos del agua a intervalos de 30 minutos durante cuatro horas, tomándose el último intervalo de 30 minutos, lo que se utilizó para estimar la filtración del agua y de ésta manera se calculó la permeabilidad del suelo en estudio.

#### **3.4.5 Análisis de resultados.**

Los datos de campo obtenidos de permeabilidad, en cada uno de los pozos, se muestran en la tabla No. 22.

Tabla No.22. Permeabilidad (K) en cm/seg, y en m/día

<b>POZO</b>	<b>K(cm/seg)</b>	<b>K(m/día)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
P1	$7.9 \times 10^{-4}$	0.68	Arena limosa, cementada naturalmente (talpetate).
P2	$4.6 \times 10^{-4}$	0.40	

Fuente: Grupo de tesis.

Por lo tanto, clasificamos el terreno que se está estudiando como un suelo poco permeable, según la tabla No. 21.

**C A P I T U L O   I V**  
**DISEÑO Y ANALISIS DE COSTOS**



#### **4.1 DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL**

Después de haber realizado el Diagnóstico del Sistema de Aseo Urbano de la ciudad de San Francisco Gotera y de evaluar el sitio para la implementación del relleno sanitario, a través de los estudios básicos, corresponde realizar la etapa del diseño y los costos en se que incurrirá para la ejecución del proyecto.

Para llevar acabo un buen diseño, se realizaron visitas de campo, se elaboraron los planos topográficos y se identificó la mejor área a rellenar y sus alrededores, la vía interna de acceso, los drenajes, el método constructivo y el origen de la tierra de cobertura.

##### **4.1.1 Cálculo del volumen necesario.**

Para poder calcular el volumen necesario que ocupará el relleno sanitario, es necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

- a) La producción diaria de los desechos sólidos, generados por la ciudad de San Francisco Gotera es de 9.4 ton/día, que corresponden a una cobertura de recolección del 88.84%; lo cual puede aumentar si se obtuviera una cobertura de recolección del 100%.

- b) La densidad de los desechos sólidos estabilizados en el relleno sanitario, será de  $550 \text{ kg/m}^3$ , equivalente a  $0.550 \text{ ton/m}^3$ <sup>4</sup>
- c) La cantidad de material de cobertura, se considerará como el 25 % del volumen estabilizado de desechos.

#### 4.1.1.1 Volumen de desechos sólidos.

Los volúmenes diario y anual de desechos sólidos producidos por la ciudad de San Francisco Gotera, se obtendrán con la producción diaria de los desechos sólidos (Dsp) y la densidad de los desechos sólidos compactados y estabilizados en el relleno (Drsm), de la siguiente manera:

$$V_{\text{diario}} = \text{Dsp} / \text{Drsm}$$

$$V_{\text{anual}} = V_{\text{diario}} * 365$$

Donde:

$$V_{\text{diario}} = \text{Volumen de desechos sólidos generados diariamente (m}^3\text{/día)}$$

<sup>4</sup> Guía para la construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, sección 5.1.2.5 pag. 91

$V_{\text{anual}}$  = Volumen de desechos sólidos generados anualmente ( $\text{m}^3/\text{día}$ )

$D_{\text{Sp}}$  = Cantidad de desechos sólidos producidos por día ( $\text{kg}/\text{día}$ )

365 = Equivalente a un año (días)

$D_{\text{rsm}}$  = Densidad de los desechos sólidos compactados ( $450 \text{ kg}/\text{m}^3$ ), y estabilizados ( $550 \text{ kg}/\text{m}^3$ ).

El cálculo del volumen necesario se muestra en la tabla No.23, en las columnas No.6, 7 y 8, donde se calcula el volumen de los desechos: diario y anual, compactados y estabilizados por año respectivamente.

#### 4.1.1.2 Volumen del relleno necesario.

El volumen necesario para la implementación del relleno sanitario, no es más que la suma de los volúmenes de los desechos producidos por la ciudad y el volumen que ocupará el material de cobertura, el cual por su difícil determinación se le aplicará un factor de material de cobertura de 1.25 del volumen de desechos sólidos generados para cada año y que viene dado de la siguiente manera:

$$V_{\text{RS}} = V_{\text{Anual}} * M_{\text{C}}$$

Donde:

$V_{\text{RS}}$  = Volumen del relleno sanitario ( $\text{m}^3/\text{año}$ )

$M_{\text{C}}$  = Factor de material de cobertura (1.25)

Los datos obtenidos se pueden observar en la tabla No.23, columna 9, y para conocer el volumen total ocupado durante la vida útil se tiene:

$$V_{RSVU} = \sum_{i=1}^n V_{RS}$$

Donde:

$V_{RSVU}$  = Volumen total del relleno durante la vida útil ( $m^3$ ).

$n$  = número de años de vida útil.

Los datos obtenidos de la fórmula, aparecen en la tabla No.23, columna 10, es decir, los valores acumulados anualmente.

#### 4.1.2 Cálculo del área requerida.

Para el cálculo del área requerida en la construcción del relleno sanitario manual deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

a) Cantidad de desechos sólidos a disponer:

La cantidad de desechos sólidos generados por la ciudad de San Francisco Gotera, a lo largo de la vida útil del relleno, determinará en mayor grado el área requerida para el proyecto, la cual puede encontrarse con el volumen calculado y la cota final a la que se pretende llegar en el relleno.

b) Cantidad de material de cobertura:

Representa el 25 % del volumen total de los desechos sólidos estabilizados en el relleno sanitario. En la sección 4.1.1., literal c), se consideró este valor.

c) Densidad de compactación de los desechos sólidos:

Se asumió un valor de  $0.45 \text{ ton/m}^3$ ; con este valor se puede calcular el volumen final que tendrán los desechos sólidos una vez sean compactados; agregando el volumen del material de cobertura se obtiene el volumen total.

d) Profundidad o altura del relleno sanitario:

Esta dependerá de la cantidad de desechos sólidos que se van a depositar en el terreno a lo largo de su vida útil.

Haciendo una diferencia entre las curvas máxima y mínima se obtendrá la altura disponible.

e) Capacidad volumétrica del terreno:

El volumen calculado del terreno, deberá ser igual o mayor que el volumen requerido, como se calcula en la tabla No.23, columna 10.

f) Areas adicionales para obras complementarias:

Estas comprenderán las áreas disponibles para: canaleta perimetral de desagüe de aguas lluvias, lagunas de estabilización para tratamiento de los líquidos lixiviados, oficina administrativa, sanitarios, pila, patios de maniobra y vías de acceso.

Para el cálculo del área requerida del relleno sanitario, se utilizará la fórmula siguiente:

$$A_{RS} = V_{RS} / H_{RS}$$

Donde:

$V_{RS}$  = Volumen necesario del relleno sanitario ( $m^3/año$ )

$A_{RS}$  = Area a rellenar sucesivamente ( $m^2$ )

$H_{RS}$  = Altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

Los resultados de ésta fórmula, se presentan en la columna 11 de la tabla No.23.

Y para el cálculo del área total requerida se utilizará la fórmula:

$$A_T = F * A_{RS}$$

Donde:

$A_T$  = Area total requerida ( $m^2$ )

$F$  = Factor de aumento del área adicional requerida, se considerará el 30% del área a rellenar.

Los resultados de ésta fórmula, se presentan en la columna 12 de la tabla No.23.

### Ejemplo de los cálculos efectuados para llenar la tabla No. 23:

De acuerdo al Diagnóstico del Sistema de Aseo Público de la ciudad de San Francisco Gotera (capítulo II) para el año de 1,999, se tienen los siguientes datos:

- Población del área urbana: 17,524 habitantes
- Tasa de crecimiento urbano: 4.76% anual
- Volumen de desechos sólidos recolectados: 121.29 m<sup>3</sup>
- Cobertura del servicio: 88.84%
- Densidad de los desechos compactados en RSM: 450 kg/m<sup>3</sup>
- Densidad de los desechos estabilizados en RSM: 550 kg/m<sup>3</sup>

#### A. proyección de población:

Se utilizó la fórmula de crecimiento geométrico para hacer la proyección de la población, para un periodo de 20 años (columna 1 de la tabla No. 23).

$PE = P1 (1 + r)^n$		Año
$P0 = 17,524 (1 + 0.0476)^0$	= 17,524 hab.	0 (1,999)
$P2 = 17,524 (1 + 0.0476)^1$	= 18,358 hab.	1



$$\begin{array}{rcll}
 P_2 = 17,524 (1 + 0.0476)^2 & = & 19,232 \text{ hab.} & 2 \\
 \dots & & \dots & \dots \\
 P_{20} = 17,524 (1 + 0.0476)^{20} & = & 44,415 \text{ hab.} & 20
 \end{array}$$

### B. Producción per cápita:

El cálculo de la producción per cápita se realizó en el capítulo II, Sección 2.3. Teniendo para el año en estudio una  $ppc_0 = 0.5366$  kg/hab/día y considerando un incremento del 1% anual la columna 2 de la tabla No. 23, se genera de la siguiente manera:

$$Ppc_1 = ppc_0 + (1\%)$$

$$Ppc_1 = 0.5366 \times 1.01 = 0.542 \text{ kg/hab/día}$$

$$Ppc_2 = ppc_1 + (1\%)$$

$$Ppc_2 = 0.542 \times 1.01 = 0.547 \text{ kg/hab/día}$$

y así sucesivamente para los demás años.

### C. Cantidad de desechos sólidos:

a) La producción diaria:  $Dsp = Pob \times ppc$

$$\begin{aligned}
 &= 17,524 \times 0.5366 \\
 &= 9,403.38 \text{ kg/día (columna 3, tabla No.23)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) La producción anual: } D_{sp}(\text{año}) &= D_{sp} \times 365 \text{ días} \\
 &= 9,403.38 \text{ kg/día} \times 365 \text{ días/año} \times 1 \text{ ton}/1000 \text{ kg} \\
 &= 3,432.23 \text{ ton/año (columna 4, tabla No.23)}
 \end{aligned}$$

Y así sucesivamente para los demás años.

Los datos acumulados de la producción anual se muestran en la columna 5 de la tabla No.23.

#### **D. Volumen de desechos sólidos:**

a) Volumen diario compactado:

$$\begin{aligned}
 V(\text{diario comp.}) &= (D_{sp}/D_{rsm}) \\
 &= 9,403.38/450 \\
 &= 20.9 \text{ m}^3/\text{día (columna 6, tabla No.23)}
 \end{aligned}$$

b) Volumen anual compactado:

$$\begin{aligned}
 V(\text{anual comp.}) &= (D_{sp}/D_{rsm}) \times 365 \\
 &= (9,403.38 \text{ kg/día} / 450 \text{ kg/m}^3) \times 365 \text{ días/año} \\
 &= 7,628.50 \text{ m}^3/\text{año (columna 7, tabla No.23)}
 \end{aligned}$$

c) Volumen anual estabilizado:

$$\begin{aligned}
 V_{(\text{anual estab.})} &= (D_{\text{sp}}/D_{\text{rsm}}) \times 365 \\
 &= (9,403.38 \text{ kg/día} / 550 \text{ kg/m}^3) \times 365 \text{ días/año} \\
 &= 6,240.42 \text{ m}^3/\text{año} \text{ (columna 8, tabla No.23)}
 \end{aligned}$$

d) Volumen del relleno sanitario:

El volumen del relleno será igual, al volumen ocupado por los desechos sólidos estabilizados mas el volumen del material de cobertura. Habiéndose explicado en la sección 4.1.1 a), que el material de cobertura será el 25% del volumen de la basura, de donde tenemos:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{RS}} &= V_{\text{anual}} \times \text{MC} \\
 &= 6,240.42 \text{ m}^3/\text{año} \times 1.25 \\
 &= 7,800.53 \text{ m}^3/\text{año} \text{ (columna 9, tabla No 2)}
 \end{aligned}$$

En la columna 10, se presentan los datos de los volúmenes acumulados en el relleno sanitario anualmente, lo cual permitirá determinar la vida útil al compararla con la capacidad volumétrica del sitio.

**E. Cálculo del área requerida:**

a) Cálculo del área a rellenar.

Asumiendo una profundidad promedio de 6 mts., Las necesidades de áreas serán:

Para el año en estudio:

$$ARS = \frac{VRS}{HRS}$$

$$= \frac{7,800.53 \text{ m}^3/\text{año}}{6 \text{ mt}}$$

$$= 1,300.09 \text{ m}^2 \text{ (columna 11, tabla No.23)}$$

Los demás años se calculan de manera similar.

b) Cálculo del área total:

Asumiendo un valor del factor de aumento para áreas adicionales de 30%, tenemos:

Para el año en estudio:

$$AT = F \times ARS$$

$$= 1.30 \times 1,300.09 \text{ m}^2$$

$$= 1,690.11 \text{ m}^2 \text{ (columna 12, tabla No.23)}$$

TABLA Nº 23

VOLUMEN Y AREA REQUERIDA												
Año	Población (Hab)	P.P.C kg/hab-día	CANTIDADES DE DESECHOS SÓLIDOS			VOLUMEN DESECHOS SÓLIDOS					AREA REQUERIDA	
			Diaria (kg)	Anual (Ton)	Acumulada (Ton)	COMPACTADOS		Estabilizados Anual (m <sup>3</sup> )	RELLENOS		Relleno ARS Acumulado (m <sup>2</sup> )	Total AT (m <sup>2</sup> )
						Diario (m <sup>3</sup> )	Anual (m <sup>3</sup> )		(DS*MC) Anual (m <sup>3</sup> )	Acumulado (m <sup>3</sup> )		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	17,524	0.5366	9,403.38	3,432.23	3,432.23	20.9	7,628.50	6,240.42	7,800.53	7,800.53	1,300.09	1,690.12
1	18,358	0.542	9,950.11	3,631.79	7,064.02	22.11	8,070.15	6,603.25	8,254.06	16,054.59	2,675.77	3,478.50
2	19,232	0.5474	10,527.51	3,842.54	10,906.56	23.39	8,537.35	6,986.44	8,733.05	24,787.64	4,131.27	5,370.65
3	20,147	0.5529	11,139.52	4,065.93	14,972.49	24.75	9,033.75	7,392.60	9,240.75	34,028.39	5,671.40	7,372.82
4	21,106	0.5584	11,785.59	4,301.74	19,274.23	26.19	9,559.35	7,821.35	9,776.69	43,805.08	7,300.85	9,491.11
5	22,111	0.564	12,470.40	4,551.70	23,825.93	27.71	10,114.15	8,275.82	10,344.78	54,149.86	9,024.98	11,732.47
6	23,163	0.5696	13,193.92	4,815.78	28,641.71	29.32	10,701.80	8,755.96	10,944.95	65,094.81	10,849.14	14,103.88
7	24,266	0.5753	13,959.98	5,095.39	33,737.10	31.02	11,322.30	9,264.35	11,580.44	76,675.25	12,779.21	16,612.97
8	25,421	0.5811	14,772.18	5,391.85	39,128.95	32.83	11,982.95	9,803.36	12,254.20	88,929.45	14,821.58	19,268.05
9	26,631	0.5869	15,629.76	5,704.86	44,833.81	34.73	12,676.45	10,372.47	12,965.59	101,895.04	16,982.51	22,077.26
10	27,899	0.5928	16,538.31	6,036.48	50,870.29	36.75	13,413.75	10,975.42	13,719.28	115,614.32	19,269.05	25,049.77
11	29,227	0.5987	17,498.20	6,386.84	57,257.13	38.88	14,191.20	11,612.44	14,515.55	130,129.87	21,688.31	28,194.80
12	30,618	0.6047	18,514.83	6,757.91	64,015.04	41.14	15,016.10	12,287.11	15,358.89	145,488.76	24,248.13	31,522.57
13	32,075	0.6107	19,588.46	7,149.79	71,164.83	43.53	15,888.45	12,999.62	16,249.53	161,738.29	26,956.38	35,043.29
14	33,602	0.6168	20,725.57	7,564.83	78,729.66	46.06	16,811.90	13,754.24	17,192.80	178,931.09	29,821.85	38,768.41
15	35,201	0.623	21,930.51	8,004.63	86,734.29	48.73	17,786.45	14,553.87	18,192.34	197,123.43	32,853.91	42,710.08
16	36,877	0.6292	23,202.74	8,469.00	95,203.29	51.56	18,819.40	15,398.18	19,247.73	216,371.16	36,061.86	46,880.42
17	38,632	0.6355	24,550.86	8,961.06	104,164.35	54.56	19,914.40	16,292.84	20,366.05	236,737.21	39,456.20	51,293.06
18	40,471	0.6419	25,978.26	9,482.06	113,646.41	57.73	21,071.45	17,240.11	21,550.14	258,287.35	43,047.89	55,962.26
19	42,397	0.6483	27,486.25	10,032.48	123,678.89	61.08	22,294.20	18,240.87	22,801.09	281,088.44	46,848.07	60,902.49
20	44,415	0.6548	29,083.01	10,615.30	134,294.19	64.63	23,589.95	19,300.55	24,125.69	305,214.13	50,869.02	66,129.73

Fuente: Grupo de tesis

#### 4.1.3 Selección del método.

El método para el diseño del relleno sanitario depende de ciertas condiciones del sitio como: la configuración topográfica del terreno, características del suelo, la profundidad a que se encuentre el nivel freático y la disponibilidad de tierra para la cobertura.

Por tanto es necesario presentar los planos que orienten el inicio de las operaciones así como el desarrollo y avance de la obra, además de la configuración final que tendrá el relleno sanitario.

El terreno en donde se pretende implementar el relleno sanitario es una depresión natural con pendientes moderadas, siendo ésta el inicio de una vaguada que funciona como quebrada de invierno. La configuración del terreno es muy irregular ya que no tiene zonas planas y sus pendientes se incrementan de moderadas a fuertes al costado noroeste donde se encuentra un pequeño cerro, el cual, se pretende utilizar como material de cobertura.

La información acerca de la conformación del terreno se obtuvo a través de un levantamiento topográfico cuyos resultados se pueden observar en el plano No.2 (levantamiento planimétrico y altimétrico del terreno), y que servirá de base para el cálculo de áreas y volúmenes así como para el diseño de toda la obra.

**Configuración inicial.**

Para el inicio de las operaciones del relleno sanitario es necesario determinar los niveles de desplante del suelo que soportará los desechos sólidos, el cual debe de ser preparado para la conformación de las terrazas y obtener material de cobertura de los cortes realizados en el terreno (ver plano No.5, configuración de terrazas y niveles de desplante), y que servirán de orientación para los siguientes movimientos de tierra, así como para la programación en la conformación de las terrazas y avance de la obra.

**Configuración final del terreno.**

Al final de su vida útil el relleno sanitario tendrá una elevación máxima de 992 m.n.s.n.a., lo que determinará la configuración topográfica final del terreno, y que se especifica en el plano No.8 (plano de uso final del terreno), que contiene una área plana de la configuración final y proyección de taludes conformados, lo que servirá como guía para la correcta finalización del proyecto.

#### 4.1.3.1. Método de área.

Para el diseño del relleno sanitario tomando como base el terreno en estudio, se optó por utilizar el método de área, debido a las características topográficas que éste presenta, es decir, por ser una depresión natural la cual se pretende llenar con los desechos sólidos provenientes de la ciudad de San Francisco Gotera.

La capacidad volumétrica del terreno se calcula determinando el volumen comprendido entre las superficies de desplante de las terrazas y la superficie final a la que se pretende llegar con el relleno. Para lo cual se utilizará el Método de la Reticula que consiste en cubrir el área de la superficie de desplante con una retícula de cuadrados y obtener los niveles de sus vértices. El volumen total se calcula como la suma de volúmenes de todos los prismoides que tienen como área transversal un cuadrado de la retícula y como altura la distancia a la superficie final del relleno. Esta altura estará dada por el promedio de las distancias entre la superficie de la configuración final del relleno y los vértices del cuadrado, este volumen se determinó utilizando un programa por computadora.



#### 4.1.4 Cálculo de la vida útil.

El volumen del relleno sanitario, o sea el volumen comprendido entre las configuraciones inicial y final del terreno, es calculado mediante el método de la retícula que nos dará el volumen disponible. Los resultados de este método son presentados en la siguiente tabla:

Tabla No.24. Capacidad, vida útil y material de cobertura por terraza.

Nivel (m)	Terraza	Area (m <sup>2</sup> )	Corte (m <sup>3</sup> )	Relleno (m <sup>3</sup> )	Vtotal (m <sup>3</sup> )	Vútil (años)	Material Cob.(m <sup>3</sup> )
989	1	3,860.91	5,982	2,802	20,250	1.44	5,062.50
986	2	2,305.11	9,093	0	22,516	1.6	5,629.00
985	3	4,062.67	11,450	507	39,701	2.82	9,925.25
983	4	2,662.60	8,376	0	27,700	1.97	6,925.00
980	5	6,794.35	19,170	40	84,600 ✓	6.02	21,150.00
979	6	5,104.09	7,432	1,597	50,132	3.57	12,533.00
	TOTAL	24,789.73	61,503	4,946	244,899	17.42	61,224.75

FUENTE: GRUPO DE TESIS

$$\begin{aligned}
 \text{Material sobrante será} &= \text{Volumen de corte} - \text{Volumen de material de cobertura} \\
 &= 61,503.00 \text{ m}^3 - 61,224.75 \text{ m}^3 \\
 &= 278.25 \text{ m}^3 \text{ (se utilizará en la cobertura final del proyecto)}
 \end{aligned}$$

La sumatoria de estos volúmenes nos da un valor de 244,899 mt<sup>3</sup>, el cual se compara con la columna 10 de la tabla No.23, donde aparecen los volúmenes acumulados de los desechos por año; hasta encontrar un valor igual o ligeramente mayor; y por la misma línea se desliza hasta la columna cero donde se encuentra el número de años a que equivale la vida útil del relleno, que para nuestro caso es de 17.38 años.

$$\text{Vida útil del relleno} = 17.38 \text{ años.}$$

#### 4.1.5 Cálculo y diseño de la celda diaria.

La unidad básica de trabajo en un relleno sanitario es la celda diaria, y se define como el volumen de basura que se produce en un día más la cantidad de tierra necesaria para cubrirla; las dimensiones de la celda pueden ser variables y en teoría se define como un paralelepípedo, con dimensiones de: ancho (frente de trabajo), largo (longitud de avance) y alto.

Para la población de 17,524 habitantes, con una producción de 9.40 ton/día y una cobertura del 88.84% (definidos en el capítulo II), operando el relleno sanitario cinco días a la semana tenemos:

a) La cantidad de basura en el relleno sanitario manual es:

$$\begin{aligned}
 DSrs &= DSp \times 7/5 \\
 &= 9,403.38 \text{ kg/día} \times (7/5) \\
 &= 13,164.73 \text{ kg/día laboral}
 \end{aligned}$$

Como se sabe que la cobertura de recolección es del 88.84%, implica que solo esto llegara realmente al relleno; por tanto:

$$DS'rs = 13,164.73 \text{ kg/día} \times 0.8884$$

$$= 11,695.55 \text{ kg/día laboral}$$

- b) El volumen de la celda viene dado por la cantidad de basura diaria a depositar, mas el material de cobertura que se asumió del 25% así:

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{DS'rs}{Drsm} \times MC \\ &= \frac{11,695.55 \text{ kg/día} \times 1.25}{450 \text{ kg/día}} \\ &= 32.49 \text{ m}^3/\text{día laboral} \end{aligned}$$

- c) Dimensiones de la celda:

Para determinar el área limitaremos la altura a un metro, por lo que se obtiene el área de la celda así:

$$\begin{aligned} A_c &= \frac{V_c}{H_c} \\ &= \frac{32.49 \text{ m}^3}{1.0 \text{ m}} \\ &= 32.49 \text{ m}^2/\text{ida} \end{aligned}$$

El largo o avance de la celda puede ser variable, mientras que el ancho o frente se mantendrá con 3.5 mt, es decir:

$$L = A_c / a$$

$$L = \frac{32.49 \text{ m}^2}{3.5 \text{ m}}$$

$$L = 9.28 \text{ m}$$

Por lo tanto, las dimensiones de la celda serán:

$$L = 9.28 \text{ m}, a = 3.5 \text{ m}, Hc = 1.0 \text{ m}$$

El frente de trabajo será de 3.5 mt equivalente a 1.5 veces el ancho del camión (2.25 m). su largo o avance depende de la cantidad de basura que llega al relleno en un día y para nuestro caso en particular será 9.28 mt. La altura que asumiremos es de 1.0 mt, para poder lograr una mejor compactación. Los detalles de la celda se presentan en la figura No.8.

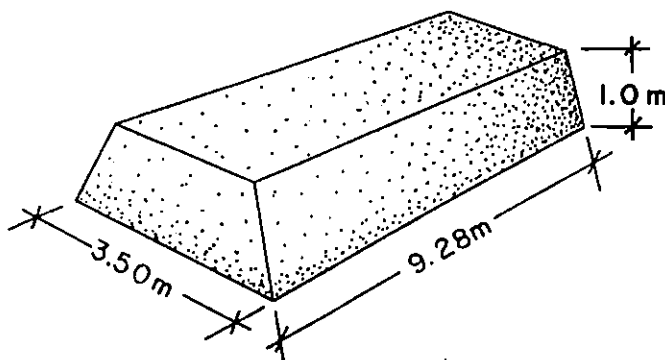


Figura 8. Dimensiones de la celda diaria.

La elaboración de la celda diaria se realizara descargando los desechos en el frente de trabajo, donde serán esparcidos por los trabajadores sobre los taludes de las celdas ya terminadas; o sobre los taludes del terreno en capas sucesivas de 0.20 a 0.30 mt empleando para ello los rastrillos. La parte superior será nivelada y compactada con el rodillo y en sus partes laterales se compactara con pisones de mano hasta alcanzar la uniformidad en el talud, el esparcimiento y compactación deberá tener una pendiente 1:3 (elevación : longitud), para lograr con ello un mejor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menos consumo de tierra y mejor contención y estabilidad del relleno. La celda al final del dia deberá ser cubierta por una capa de tierra de 10 a 15 cm, para evitar que los desechos sólidos queden expuestos y mas aún al final de la semana; evitando así la presencia de insectos y roedores.

Al iniciar las operaciones en el relleno siempre se debe proporcionar contención, apoyando la celda inicial en el talud del terreno natural y en el avance de la obra en las celdas ya terminadas.

#### **4.1.6 Configuración y Programación de las terrazas.**

El sector sur del terreno, o sea el área del proyecto tiene una superficie de 35,409.22 m<sup>2</sup> esta zona tiene su punto de drenaje cerca del mojón 19 (ver plano No. 3); donde se encuentra el nivel mas bajo del terreno (974 m.s.n.a.).

La primer terraza (No.6) del sector sur es donde se comenzara a depositar los desechos, será construida sobre el nivel 979 m.s.n.a., a partir de la cual se construirá el talud lateral del relleno que tendrá una pendiente 3:1 (horizontal:vertical), este talud será engramado para protegerlo de la erosión. Sobre la base del talud de la terraza No.6 sector sur estará la tubería principal por donde se realizará la evacuación de los líquidos lixiviados hacia las lagunas de estabilización.

Para dar inicio a las operaciones de descarga de desechos sólidos en el relleno sanitario es necesario hacer un acceso principal hasta la terraza 6 (con nivel de desplante de 979 m.s.n.a.) donde dará inicio el movimiento de tierras. (como se muestra en el plano No.7).

La construcción de las terrazas (ver detalles de perfiles en anexo No.9), comenzará cuando estén finalizadas las obras complementarias (cerca y canaleta perimetral, oficinas administrativas y servicios sanitarios). Para el chequeo de los niveles de desplante de las terrazas se tomará como referencia el nivel del mojón No. 2\* (ver plano No.3), que posee una elevación de 992.2 m.s.n.a, dicho chequeo deberá realizarse con un nivel fijo.

Las pendientes de cada terraza deben tener una inclinación del 2% hacia adentro para el drenaje de los líquidos lixiviados, donde se ubica la tubería de captación de éstos.

El proceso de elaboración de terrazas y programación del avance de la obra se hará de la siguiente manera: Se construirán conformaciones parciales en cada una de las terrazas, haciendo cortes con capacidad volumétrica de aproximadamente un año de vida útil (ver tabla No. 24, donde aparecen corte, relleno, capacidad volumétrica, vida útil y material de cobertura por cada una de las terrazas); dichas excavaciones deberán realizarse en la época seca con el objetivo de evitar problemas de terracería en el invierno, la propuesta del avance de la obra puede verse en la figura No.9, y será de la siguiente manera: para la terraza No.6 con nivel de 979 m.n.s.a. y capacidad volumétrica de 3.57 años, se harán cortes para un año de capacidad y se comenzara a depositar los desechos; cuando las celdas ya terminadas alcancen el nivel de desplante de las terrazas adyacentes (terrazza No.5, nivel de 980 m.n.s.a.) se comenzará con la conformación de ésta y así sucesivamente hasta llegar a la terraza No.1 con nivel de desplante de 989 m.n.s.m.

Se construirán canaletas forjadas en tierra en un nivel superior al de cada una de las terrazas, para evacuar la escorrentía producto de la precipitación de las áreas aledañas a la terraza y evitar la producción excesiva de líquidos lixiviados. (como se muestra en la figura No.10).







El suelo<sup>m</sup> producto de los cortes, se apilara en la terraza con el fin de utilizarlo para material de cobertura diaria e intermedia entre las celdas, este material deberá ser protegido con plásticos para evitar que se erosione o se consolide por las precipitaciones en época de lluvias.

Cuando se haya alcanzado el nivel final de 992 m.s.n.a., se cubrirán los desechos sólidos con al menos una capa de 0.60 mts de tierra compactada de los cuales es recomendable agregar 0.20 mts de tierra negra para el mejor sostén de la vegetación.

El proceso de terracería deberá ser realizado con maquinaria pesada, debido a que el suelo de este terreno es un material bien consolidado y por lo tanto muy duro y difícil de cortar (talpetate); esta maquinaria puede ser solicitada al Ministerio de Obras Públicas en las Oficinas de la ciudad de San Francisco Gotera; a través del señor Gobernador Político Departamental ya que es él quien autoriza al Ing. Residente del M. O. P. La realización de actividades que como ésta vayan en beneficio de la municipalidad. La solicitud de la maquinaria deberá efectuarse con anticipación para no tener problemas de operación en invierno y dependerán del avance de la obra.

#### **4.1.7 Cálculo de la mano de obra.**

La mano de obra necesaria en la operación manual del relleno sanitario, para conformar la celda diaria depende de:

- Cantidad de desechos sólidos a disponer.
- La disponibilidad y tipo de material de cobertura.
- Los días laborales en el relleno.
- La duración de la jornada diaria.
- Las condiciones del clima.
- La descarga de los desechos sólidos en el frente de trabajo o distante de él.
- El rendimiento de los trabajadores.

#### 4.1.7.1 Número de trabajadores.

Considerando una jornada diaria de ocho horas, con un tiempo efectivo de seis horas, y con los rendimientos siguientes<sup>7</sup>:

OPERACIÓN	RENDIMIENTO
- Movimiento de desechos . . . . .	0.95 ton/h-h
- Compactación de desechos . . . . .	20 m <sup>2</sup> /h-h
- Movimiento de tierra . . . . .	0.35 m <sup>3</sup> /h-h
- Compactación de la celda . . . . .	20 m <sup>2</sup> /h-h

Se tiene:

$$\text{Celda diaria} = \text{Volumen de desechos sólidos} + \text{Materia de cobertura (25\%)}$$

<sup>7</sup> Guía para el Diseño, Construcción y operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Programa de Salud Ambiental. Serie Técnica No.28. Septiembre de 1,991. Sección 5.6. Página 114.

$$\text{Volumen de Ds} = 9,403.38 \text{ kg/día} / 450 \text{ kg/m}^3 = 20.9 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Volumen de tierra} = 20.9 \text{ m}^3/\text{día} \times 0.25 = 5.23 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Volumen de la celda diaria} = (20.9 + 5.23) \text{ m}^3/\text{día} = 26.13 \text{ m}^3/\text{día} \text{ (Hc} = 1.0 \text{ m)}$$

Ahora, de acuerdo con las distintas operaciones y rendimientos se tiene la siguiente tabla:

Tabla No.25. Cálculo del numero de trabajadores.

OPERACIÓN	RENDIMIENTO	HOMBRE / DIA
Movimiento de desechos	$\frac{9.4 \text{ ton/día}}{0.95 \text{ ton/h-h}} * \frac{1}{6 \text{ hrs}}$	1.65
Compactación de desechos	$\frac{32.49 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2/\text{h-h}} * \frac{1}{6 \text{ hrs}}$	0.27
Movimiento de tierra	$\frac{5.23 \text{ m}^3}{0.37 \text{ m}^3/\text{h-h}} * \frac{1}{6 \text{ hrs}}$	2.36
Compactación de las celda	$\frac{32.49 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2/\text{h-h}} * \frac{1}{6 \text{ hrs}}$	0.27
	(TOTAL DE HOMBRES)	4.55
RELLENO SANITARIO	9.4 ton/día      5 hombres	1.88 ton/hombre/día

FUENTE: GRUPO DE TESIS

Por lo tanto, el relleno sanitario podrá ser operado con un total de cinco hombres aproximadamente, equivalente a un rendimiento de 1.88 ton/hombre/día.

En conclusión, el número de hombres dependerá de la distancia a que se descargue la basura y el material de cobertura al frente de trabajo, de las condiciones del clima (época de lluvia), y por supuesto de las variaciones de la cantidad de los desechos sólidos recibidos en el relleno fundamentalmente.

## 4.2 DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE.

Es importante diseñar obras de drenaje con el fin de interceptar y desviar el escurrimiento superficial y los líquidos lixiviados, además de la evacuación de los gases, para evitar la contaminación de los mantos acuíferos, la atmósfera y el agua superficial; por lo que se hace necesario construir obras de drenaje y dimensionar tales obras de acuerdo a las condiciones de precipitación local, área tributaria, características del suelo, vegetación y la topografía del lugar.

Para poder diseñar las obras de los distintos drenajes que requiere el relleno sanitario, es necesario determinar las siguientes características de la cuenca donde estará ubicado el relleno sanitario:

### a) Tiempo de Concentración ( $T_c$ ).

$$T_c = \frac{\sqrt{A} + 1.5 L_c}{0.8 \sqrt{\Delta H}}$$

donde:

$T_c$  : Tiempo de concentración en horas

$A$  : Area de la cuenca en  $\text{km}^2$

$L_c$  : Longitud del cauce más largo en km.

$\Delta H$  : Elevación media de la cuenca, en metros

La longitud del cauce más largo se determinó utilizando un curvómetro, y consiste en el recorrido mas largo que tiene el agua al caer en el punto mas lejano al punto de interés del área de recogimiento de la cuenca. El cauce se trazó en base a las curvas de niveles del plano 1 :500 con curvas de nivel a cada metro.

La longitud del cauce más largo es :  $L_c = 0.243$  km.

La elevación media de la cuenca se calcula así :

$$\Delta H = \frac{\text{Elevación máxima} + \text{Elevación mínima}}{2}$$

$$\Delta H = \frac{998 \text{ mts.} + 974 \text{ mts.}}{2} = 986 \text{ mts.}$$

El área de la cuenca en  $\text{km}^2$  es :  $A = 0.0354 \text{ km}^2$

sustituyendo datos :

$$T_c = \frac{\sqrt{0.0354} + 1.5 (0.243)}{0.8 \sqrt{986}}$$

$$T_c = 0.022 \text{ horas}$$

$$T_c = 1.32 \text{ min.}$$

**b) Intensidad pluvial máxima o de diseño (  $I_{\text{diseño}}$  ).**

En vista de que el resultado del tiempo de concentración de la cuenca es menor a 5 minutos, éste es el menor período de registro para las intensidades; siendo así, que se tomarán los datos del período de 5 minutos (Anexo No.10) para calcular la intensidad de diseño. Los datos ordenados de intensidades se muestran en la siguiente tabla:

TABLA No.26. Ordenamiento de datos de Estación de San Francisco Gotera, 6orazán.

PERIODO DE 5 MINUTOS			
Año	mm / min	f	F
1973	3.36	0.09	0.91
1978	3.24	0.18	0.82
1977	3.22	0.27	0.73
1982	3.04	0.36	0.64
1975	2.80	0.45	0.55
1980	2.60	0.54	0.46
1976	2.58	0.63	0.37
1981	2.06	0.72	0.28
1974	2.00	0.81	0.19
1979	2.00	0.90	0.10

Fuente : Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Departamento de Meteorología.

$$f = m / n + 1$$

$$F = ( m / n + 1 )$$

donde :

f : probabilidad de ocurrencia

F : probabilidad de no ocurrencia

m : posición del dato

n : número de datos



Luego, se grafican las máximas intensidades contra sus respectivas frecuencias de no ocurrencias en papel tipo Gumbel (como se muestra en el gráfico No.1).

Seguidamente, determinamos la intensidad de diseño para un período de retorno de 20 años, la cual se calculó directamente del gráfico No.1.

El valor obtenido para la intensidad de diseño es:

$$I_{\text{diseño}} = 3.76 \text{ mm / min } \acute{o}$$

$$I_{\text{diseño}} = 6.27 \times 10^{-5} \text{ mt / seg}$$

**c) Pendiente media de la cuenca (S).**

La pendiente media de la cuenca en estudio, se determina mediante la fórmula:

$$S = \frac{D * \Sigma L}{A}$$

donde :

S : pendiente media de la cuenca ( % ).

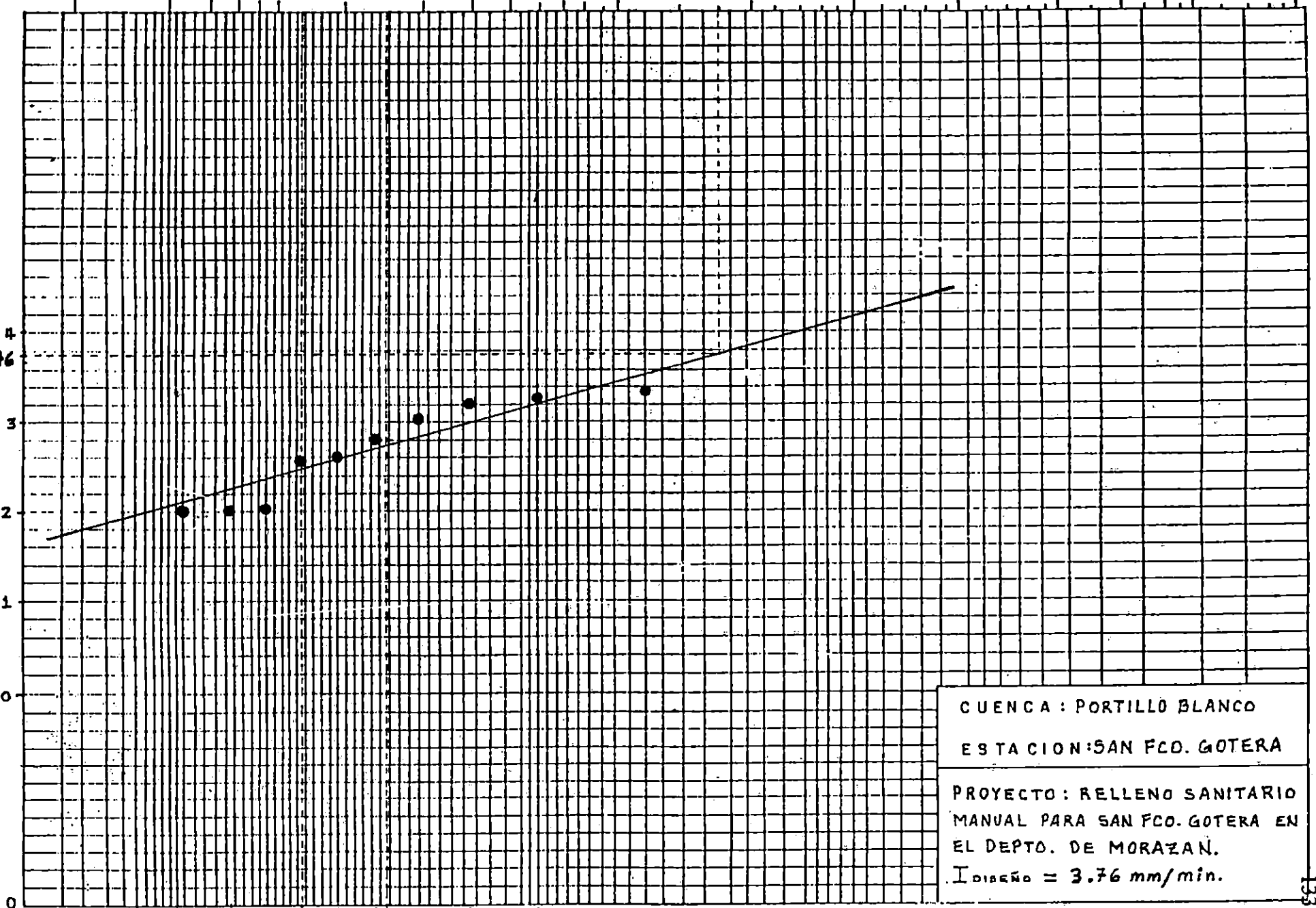
D : intervalo entre curvas de nivel ( mts )

$\Sigma L$  : sumatoria de las longitudes de los contornos ( mts )

A : área total de la cuenca ( m<sup>2</sup> )

INTENSIDAD  
(mm/min)

RETURN PERIOD (Years)  
1.001 1.01 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 2 4 5 10 20 25 50 100 200 300 400 500 1000



CUENCA : PORTILLO BLANCO  
ESTACION : SAN FCO. GOTERA  
PROYECTO : RELLENO SANITARIO  
MANUAL PARA SAN FCO. GOTERA EN  
EL DEPTO. DE MORAZAN.  
I<sub>diseno</sub> = 3.76 mm/min.

PROBABILITY [100% / AN] PROBABILIDAD DE NO OCURRENCIA (F) GRAFICO No.1

REDUCED VARIATE

Para determinar las longitudes de los contornos se utilizó el curvímeter en el plano No. 5 con curvas a cada metro, los resultados se muestran en la tabla No.27.

TABLA No.27. Datos obtenidos de los contornos de la cuenca en estudio.

Curva No.	Elevación de curva ( msnm )	Longitudes de Contornos (mts )	Longitudes Acumuladas (mts )
1	974	13.0	13.0
2	975	36.0	49.0
3	976	121.0	170.0
4	977	168.0	338.0
5	978	261.0	599.0
6	979	270.0	869.0
7	980	323.0	1192.0
8	981	400.0	1592.0
9	982	408.0	2000.0
10	983	461.0	2461.0
11	984	453.0	2914.0
12	985	502.0	3416.0
13	986	479.0	3895.0
14	987	491.0	4386.0
15	988	450.0	4836.0
16	989	458.0	5294.0
17	990	419.0	5713.0
18	991	452.0	6165.0
19	992	431.0	6596.0
20	993	249.0	6845.0
21	994	186.0	7031.0
22	995	150.0	7181.0
23	996	89.0	7270.0
24	997	41.0	7311.0
25	998	28.0	7339.0

Fuente : Grupo de tesis

Luego:  $D = 1 \text{ mt}$

$\Sigma L = 7339.0 \text{ mts.}$

$A = 35409.22 \text{ mts}^2$

Sustituyendo datos:

$$S = \frac{(1 \text{ mt}) * (7339 \text{ mts}) * 100}{35409.22 \text{ mts}^2}$$

$$S = 20.73 \%$$

**d) Coeficiente de escorrentía ( C ).**

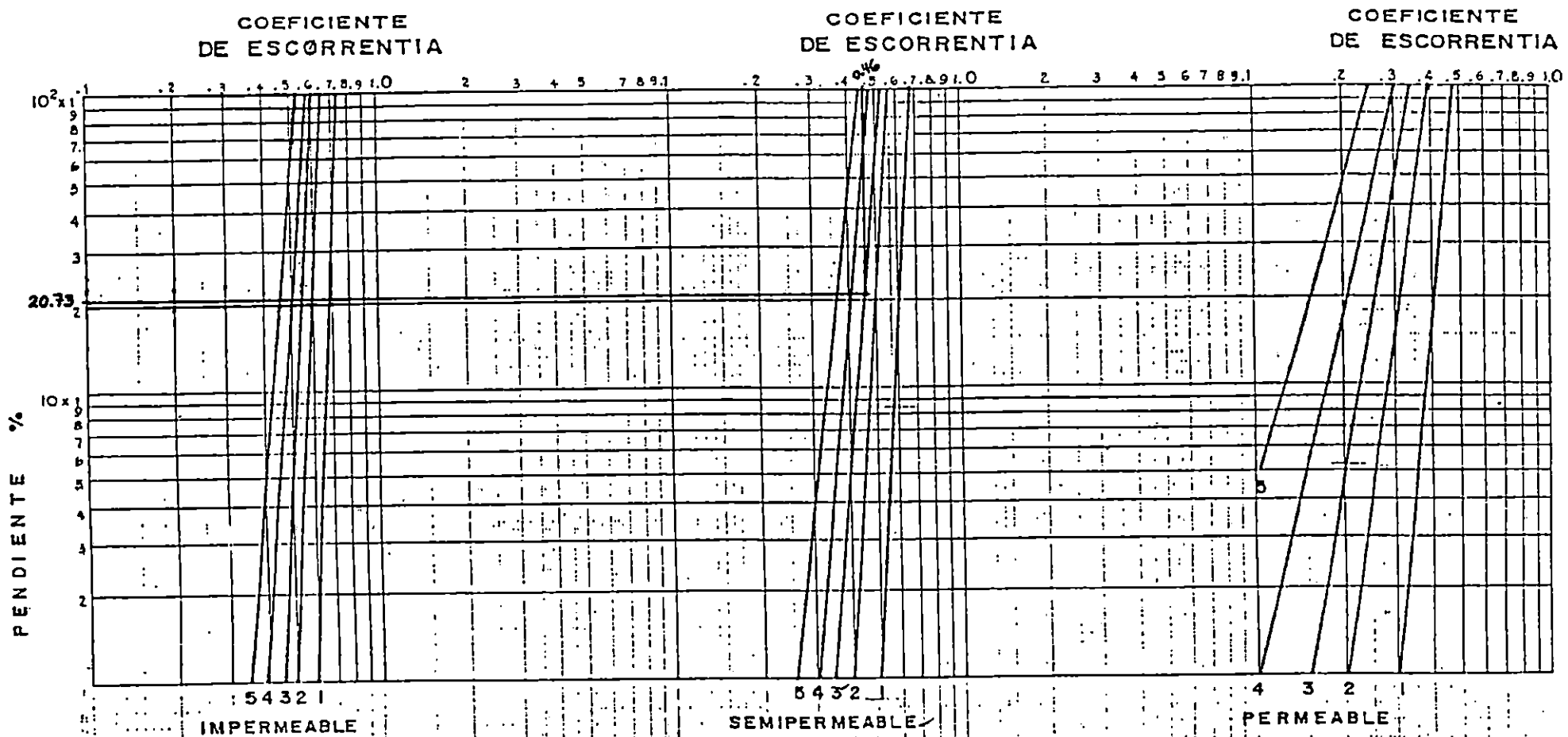
La escorrentía se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre la superficie terrestre de la cuenca y que llega a una corriente, para que finalmente drene hasta el punto de salida de la cuenca.

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía, se usa el Nomograma de Ven Te Chow (Gráfico No.2) con los siguientes parámetros:

- Tipo de vegetación: Vegetación ligera (pastos)
- Condición de permeabilidad: En el estudio de permeabilidad se concluyó que el suelo es semipermeable ( poco permeable ).
- Pendiente media de la cuenca: 20.73 %

Luego, del Nomograma de Ven Te Chow, se obtiene el siguiente resultado:

$$C = 0.46$$



NOMOGRAMA PARA EL CALCULO  
DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

- SIMBOLOGIA:
- 1- SIN VEGETACION
  - 2- CULTIVOS
  - 3- VEGETACION LIGERA (PASTO)
  - 4- HIERBA CORTA-GRAMA
  - 5- VEGETACION DENSA (BOSQUE)

GRAFICO No.2

e) Caudal máximo o de diseño ( Q ).

Para el cálculo del caudal que influye en el relleno sanitario, se utilizará la fórmula racional :

$$Q = C I A$$

donde :

Q : Caudal (  $m^3 / seg$  )

C : Coeficiente de escorrentía superficial

I : Intensidad pluvial máxima (  $m / seg$  )

A : Area de la cuenca (  $m^2$  )

Luego :  $C = 0.46$

$I = 6.27 \times 10^{-5} \text{ m / seg}$

$A = 35,409.22 \text{ m}^2$

Sustituyendo datos:

$$Q = (0.46) (6.27 \times 10^{-5}) (35,409.22)$$

$$Q = 1.021 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

Después de haber determinado las características y el caudal máximo de diseño en la cuenca en estudio, se procede al diseño de las obras de drenaje, como sigue:

#### 4.2.1 Drenaje Pluvial.

El drenaje de las aguas lluvias se hará a través de un sistema superficial que consistirá en canaletas forjadas en tierra, con el objeto de captar y desviar la escorrentía que pueda llegar al terreno, disminuir el volumen de los líquidos lixiviados y mejorar las condiciones de operación.

Este diseño se utilizará tanto para la canaleta perimetral como para las canaletas provisionales que se harán dentro del relleno sanitario durante su funcionamiento, como se muestra en la figura No. 10.

Para dimensionar dichas canaletas, es necesario determinar el siguiente parámetro:

#### Tamaño desagüe:

Para calcular el tamaño del desagüe aplicamos la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{A R_h^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

donde :

Q : caudal de desagüe ( m<sup>3</sup> / seg )

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

S : pendiente longitudinal del canal

n : coeficiente de Manning (rugosidad del canal, según la tabla No.28).

Sustituyendo datos, para el drenaje definitivo:

$$Q = 1.021 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$S = 2 \%$$

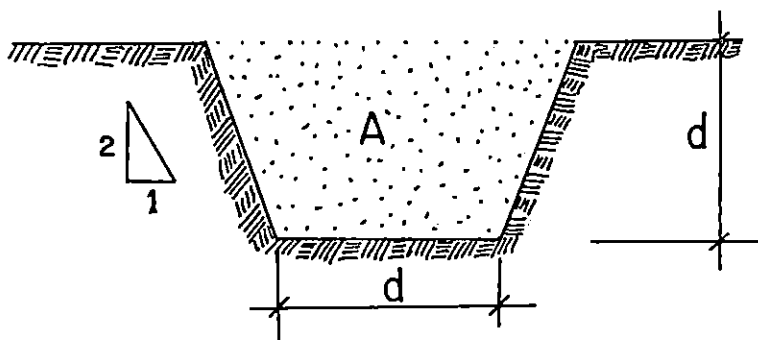
$$n = 0.023 \text{ (canales de tierra rectos y bien conservados)}$$

TABLA No.28. Algunos valores medios de "n" empleados en las fórmulas de Kutter y Manning.

TIPO DE CANAL ABIERTO	Valores de "n"
Cemento muy pulido, madera bien cepillada	0.010
Madera cepillada, acequias de duelas de madera, fundición	0.012
Tubería de alcantarillado bien vitrificada, buena mampostería	0.013
Tubería de hormigón ordinario, madera sin cepillar	0.013
Concreto planchado y repellado rústico	0.014
Tubería de alcantarillado de arcilla ordinaria	0.015
Tubería de fundición ordinaria, cemento con pulido ordinario	0.015
Canales de tierra rectos y bien conservados	0.023 *
Canales de tierra dragados con condiciones ordinarias	0.027
Canales labrados en rocas	0.040

Fuente : Hidráulica de Canales Abiertos, Ven Te Chow.

Para una canaleta de sección trapezoidal:



$$A = (3/2) d^2$$

$$R_h = \frac{3d}{2(1 + \sqrt{5})} = 0.4635 d$$



Sustituyendo valores en la fórmula de Manning, tenemos:

$$1.021 = \frac{(3/2) d^2 (0.4635 d)^{2/3} (0.02)^{1/2}}{0.023}$$

Despejando "d":

$$d = 0.5309 \text{ mts.}$$

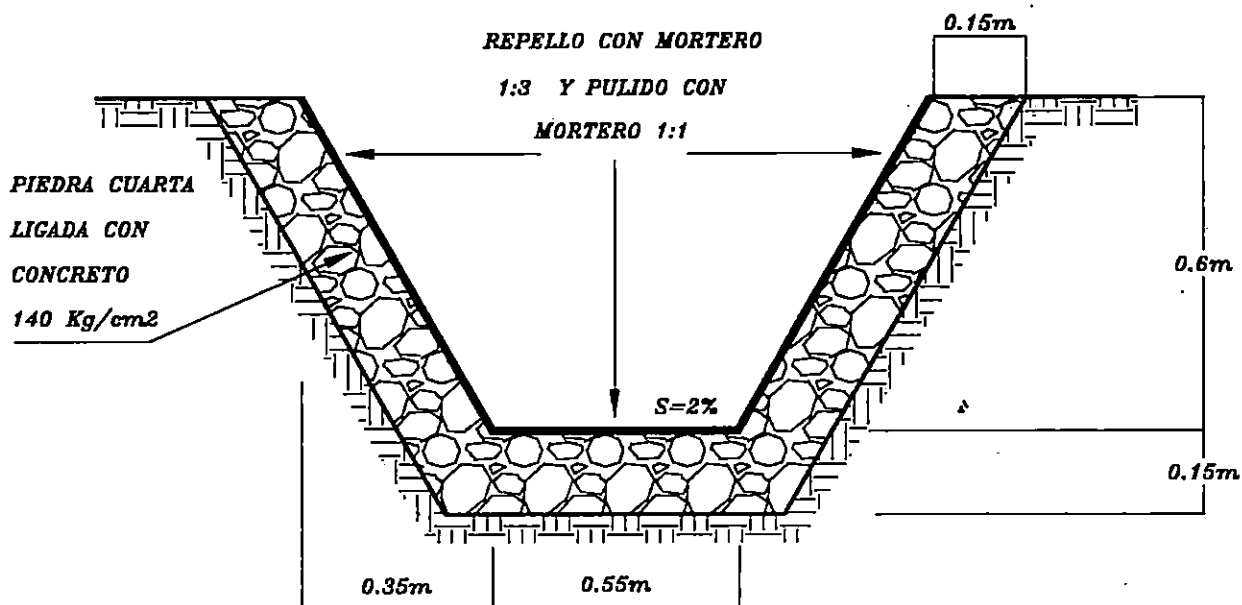
$$d = 53.09 \text{ cms.}$$

En la figura No.11, se muestran los detalles de la canaleta para el drenaje de las aguas lluvias en la periferia y dentro del relleno sanitario. La sección de canaleta de concreto será para la canaleta perimetral en los tramos donde hayan cambios fuertes de pendiente, y la sección de canaleta de tierra será para los tramos con pendiente menor del 4% y para las canaletas provisionales, que se usarán como drenaje a medida que se van llenando las terrazas.

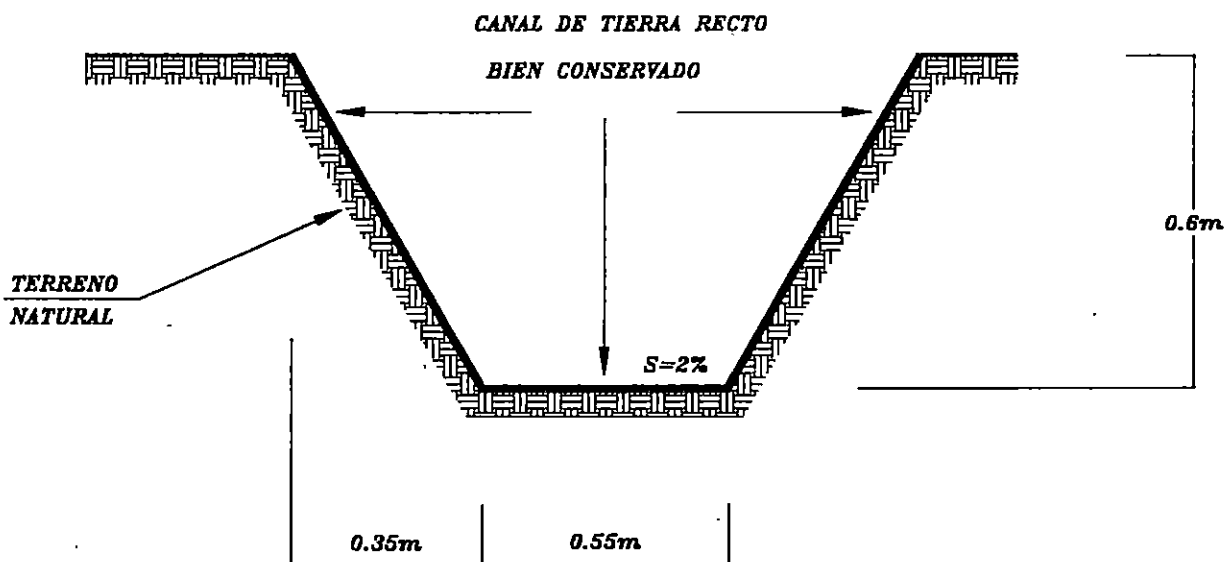
#### **4.2.2 Drenaje de líquidos percolados.**

Los líquidos percolados son llamados también líquidos lixiviados, que se generan en el relleno sanitario como producto de la descomposición o putrefacción de los desechos sólidos. El volumen de los líquidos lixiviados aumenta significativamente con la lluvia que cae directamente sobre la superficie del relleno sanitario. Estos líquidos son de color obscuro parecidos a las aguas residuales domésticas, son contaminantes por su mal olor

**DETALLE DE CANALETA PERIMETRAL**



**DETALLE DE CANALETA PROVISIONAL**



**FIGURA Nº 11**

y la elevada demanda bioquímica de oxígeno que poseen, tanto en las aguas superficiales y los mantos acuíferos.

El manejo de los líquidos percolados es uno de los mayores problemas que se presentan en el relleno sanitario; por lo tanto, es de vital importancia construir un sistema de drenaje en el terreno que servirá de base al relleno sanitario antes del depósito de los desechos sólidos, y éste se construye similar al de un sistema de alcantarillado.

Para tal fin, se construirán canaletas cuadradas al pie del talud del nivel de desplante de las terrazas y sobre la celda de los desechos sólidos; y éstas se rellenarán con grava o piedra No.2 que en el interior llevará una tubería de PVC perforada (dren francés) tendida sobre un colchón de un material semipermeable (material del lugar), como se muestra en la figura No.12.

Para diseñar el diámetro de la tubería, se hará aplicando la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{P * A * K}{T}$$

Donde :

Q : caudal medio de lixiviados (lts/seg)

P : precipitación media anual (mm de agua)

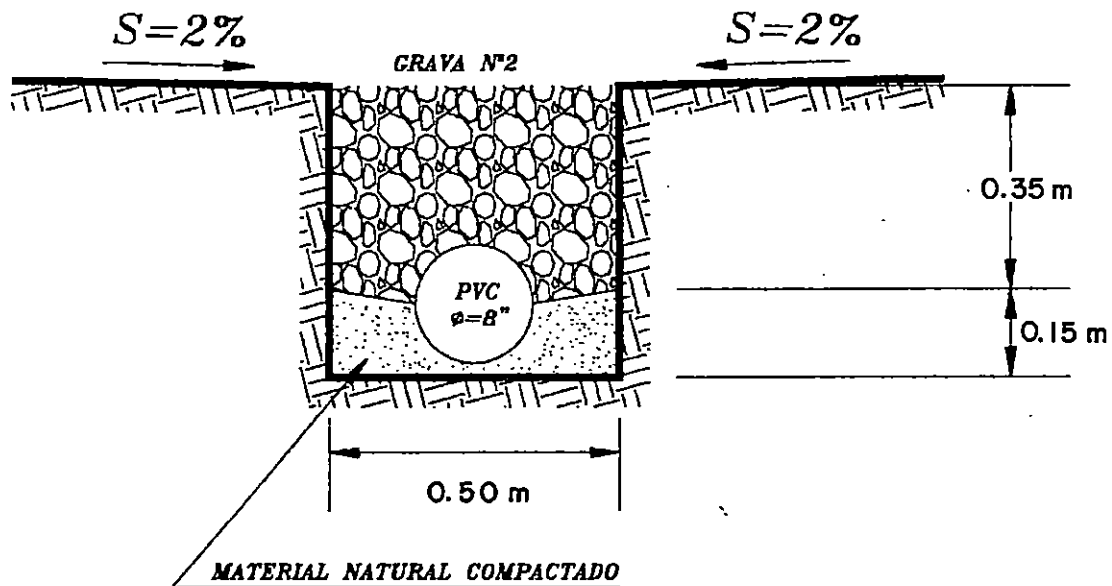
A : área del relleno sanitario (m<sup>2</sup>)

K : coeficiente de compactación, que depende del grado de compactación  
(aproximadamente un 30 %)

T : número de segundos en un año ( 31536000 seg )

# DETALLE DE DRENAJE PARA LIQUIDOS LIXIVIADOS

## CANALIZACION PRIMARIA



## CANALIZACION SECUNDARIA

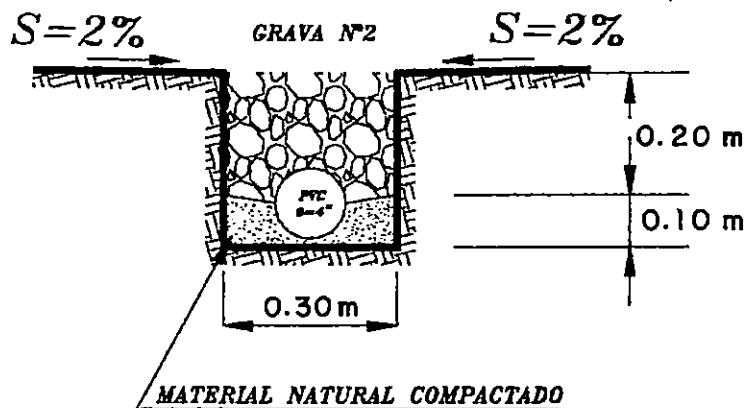


FIGURA N° 12

Los datos de precipitación anual, se presentan en la tabla No.29, según la estación de San Francisco Gotera, departamento de Morazán.

El coeficiente de compactación se calcula así:

$$K = \frac{\text{densidad de la basura descargada en el relleno}}{\text{densidad en el relleno sanitario}}$$

TABLA No.29. Precipitaciones anuales en mm/año.

AÑO	PRECIPITACION (mm / año )
1995	2,638.9
1996	1,875.8
1997	1351.4
1998	2,337.7
PROMEDIO	1,892.94

Fuente : Estación de San Francisco Gotera

$$K = \frac{0.2979 \text{ ton/m}^3}{0.450 \text{ ton/m}^3} = 0.662$$

Luego :

$$P = 1,892.94 \text{ mm/año}$$

$$A = 35,409.22 \text{ m}^2$$

$$K = 0.662$$

$$T = 31536000 \text{ seg}$$

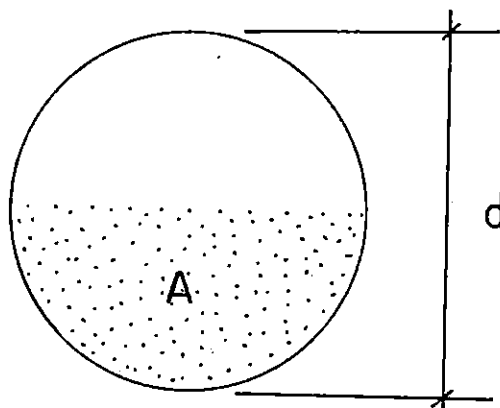
sustituyendo valores:

$$Q = \frac{(1.892.94)(35409.22)(0.662)}{31536000}$$

$$Q = 1.41 \text{ lts/seg} = 0.00141 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Aplicando la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{A R_h^{2/3} S^{1/2}}{n}$$



$$A = \frac{\pi d^2}{8}, R_h = d/4$$

$$Q = 0.00141 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$n = 0.013 \text{ (para tubo de pvc)}$$

$$S = 2\% (0.02)$$

Sustituyendo valores en la fórmula de Manning:

$$0.00141 = \frac{\pi d^2 (d^{2/3})(0.02)^{1/2}}{8(4^{2/3})(0.013)}$$

despejando d:

$$d = 0.070 \text{ mts}$$

$$d = 7.0 \text{ cms}$$

$$d = 2.76 \text{ ''}$$

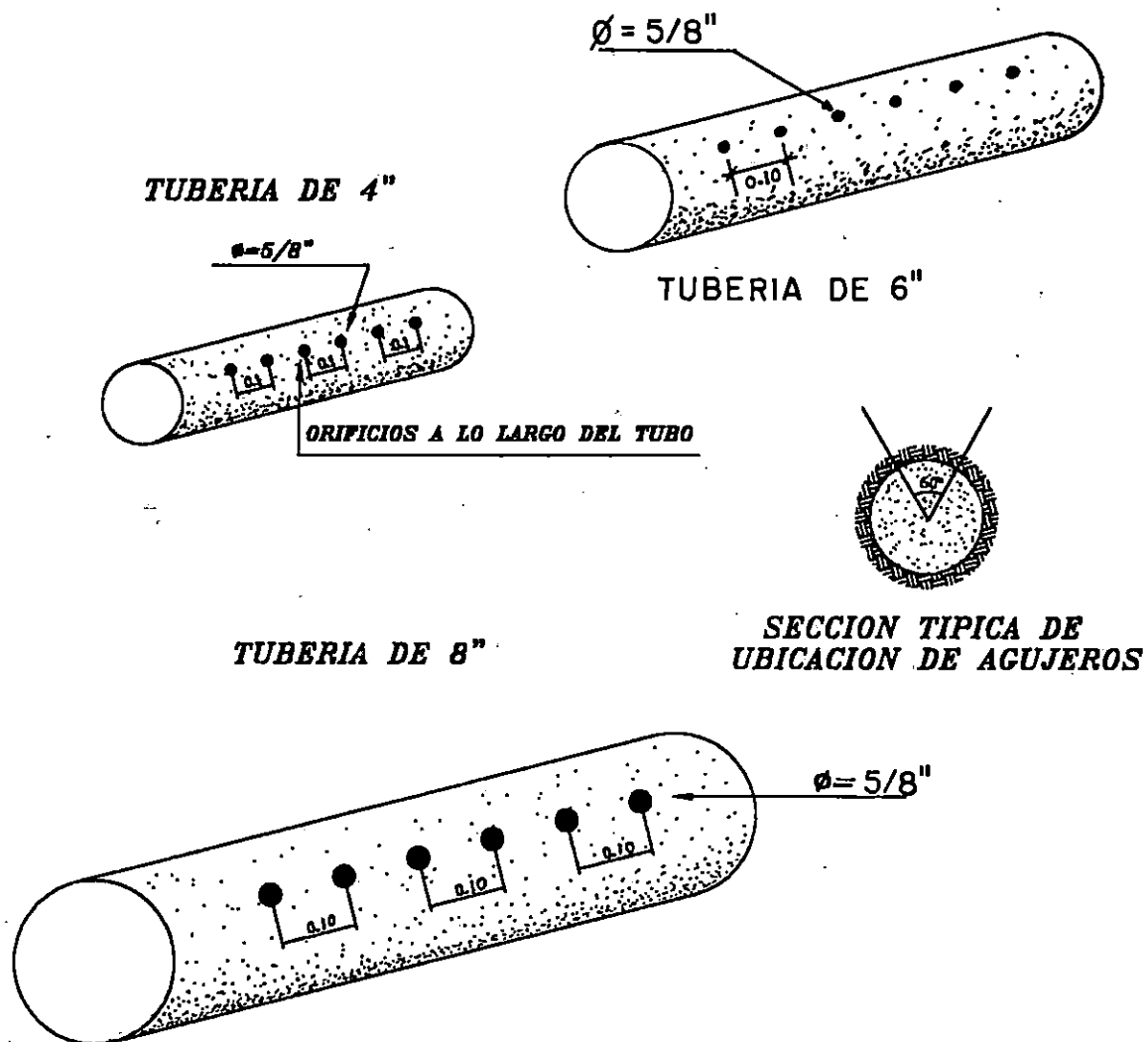
Por lo que se necesita una tubería de pvc de  $\phi = 2.76 \text{ ''}$ , sin embargo es necesario sobredimensionar el sistema de drenaje previniendo períodos de lluvias fuertes; entonces para efectos de seguridad, utilizaremos tubería de pvc de  $\phi = 8 \text{ ''}$  para el drenaje principal y tubería de  $\phi = 4 \text{ ''}$  para los ramales o drenaje secundario, ambos tubos con perforaciones en la parte superior, como se muestra en la figura No.13. Cabe mencionar que la tubería principal, en la parte superior del relleno se iniciará con una tubería de  $\phi = 4 \text{ ''}$  con una longitud de 50 mts., posteriormente cambiará a  $\phi = 6 \text{ ''}$  con una longitud de 50 mts. y finalmente terminará con  $\phi = 8 \text{ ''}$  en el resto de su longitud, como se muestra en el plano No. 6.

Para dimensionar los agujeros del drenaje, se asume una velocidad de entrada de 1 cm/seg, se calculan las áreas tributarias de cada ramal, escogiéndose la más desfavorable.

Se calcula, en base al caudal, el área de los orificios, por cierta distancia de tubería :

Datos :

$$A = 6,794.35 \text{ m}^2 \text{ ( Area más desfavorable, terraza No. 5 )}$$



**DETALLE DE AGUJEROS EN TUBERIAS**

**FIGURA N° 13**



$$P = 1,892.94 \text{ mm/año}$$

$$K = 0.662$$

$$T = 31536000 \text{ seg}$$

Entonces :

$$Q = \frac{(1,892.94)(6,794.35)(0.662)}{31536000}$$

$$Q = 0.26998 \text{ lts/seg} \Rightarrow Q = 0.00026998 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Luego, de la fórmula de Manning:

$$Q = V A$$

Se tiene que:

$$A = Q / V$$

$$A = 0.00026998 / 0.01$$

$$A = 0.026998 \text{ m}^2$$

PARA TUBERIA DE 8", 6" y 4".

Considerando agujeros de  $\phi = 5/8"$  a cada 10 cms y un tramo de tubería de 20 mts para la área de influencia y tomando que los agujeros trabajan al 50 % de su capacidad, tenemos que el área del agujero es:

$$A_{\text{agujero}} = \pi d^2 / 4$$

$$A_{\text{agujero}} = \pi (0.015875)^2 / 4$$

$$A_{\text{agujero}} = 0.0001979 \text{ m}^2$$

Si se consideran los agujeros espaciados a 10 cms, entonces tendremos 400 agujeros en dos filas que trabajan al 50 %. Luego, el área a desalojar de lixiviados de la zona aportado por los agujeros será:

$$A_{\text{trabajo}} = 400 ( 0.0001979 ) (0.50 )$$

$$A_{\text{trabajo}} = 0.03958 \text{ m}^2 > 0.026998 \text{ m}^2$$

#### 4.2.2.1 Laguna de Estabilización.

Los líquidos lixiviados no pueden ser descargados directamente a la quebrada Portillo Blanco, por que contienen materiales solubles y suspendidos en alta concentración, que causan contaminación en el agua, por lo que es necesario dar un tratamiento adecuado a dichos líquidos.

Para tal fin, se diseñará un sistema de Lagunas de Estabilización Facultativas (tres lagunas en serie), que consistirán en excavaciones simples para contener los líquidos lixiviados, con el objeto de mejorar las características sanitarias. Se construirán con profundidades de dos metros con taludes internos de uno a uno y con periodos de retención de tres meses.

Después del tratamiento de los líquidos lixiviados, en la tubería de salida de la última laguna se extraerán dichos líquidos (tratados) con un equipo de bombeo y se llevarán a la parte superior del relleno para su nueva recirculación.

Los parámetros que se utilizarán para evaluar el comportamiento de las lagunas de estabilización de los líquidos lixiviados son: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que caracteriza la carga orgánica; y el número más probable de coliformes fecales que caracteriza la contaminación microbiológica; y los sólidos disueltos y en suspensión.

Para diseñar las lagunas, se hará como sigue:

- Caudal medio de lixiviados ( $Q$ ) = 15% de la precipitación promedio anual  $\times$  Arrea del relleno.

$$Q = 15 \% ( 1,892.94 \text{ mm / año } ) \times A_{\text{relleno}}$$

$$Q = 0.15 ( 1.89294 \text{ m / año } ) \times 24,789.73 \text{ m}^2$$

$$Q = 7,038.82 \text{ m}^3 / \text{año}$$

$$Q = 19.28 \text{ m}^3 / \text{día}$$

- Período de retención ( $\theta_r$ ) =  $V / Q^6$

donde :  $\theta_r$  = periodo de retención

$V$  = Volumen de las lagunas

---

<sup>6</sup> Manual de diseño, operación y mantenimiento para lagunas de estabilización en honduras. Pág. 28

$Q =$  caudal medio de lixiviados

Para un periodo de retención de tres meses ( 90 días )  $\Rightarrow \theta_r = 90$  días

Entonces :  $V = \theta_r ( Q )$

$$V = 90 \text{ días } ( 19.28 \text{ m}^3 / \text{días} )$$

$$V = 1,735.20 \text{ m}^3$$

Luego, para tres lagunas, se tiene que :  $V = 1,735.20 \text{ m}^3 / 3$

$$V = 578.4 \text{ m}^3$$

Entonces, cada laguna tendrá un volumen de  $578.4 \text{ m}^3$ , los detalles y dimensiones se muestran en la figura No.14.

#### 4.2.3 Drenaje de gases.

Los gases se evacuarán del relleno sanitario, básicamente para evitar asentamientos diferenciales y sobre todo evitar la posibilidad que se den explosiones dentro del relleno sanitario, ya que el Metano ( $\text{CH}_4$ ) puede alcanzar concentraciones altas (5-15 %) y provocar accidentalmente una explosión.

# LAGUNAS DE ESTABILIZACION

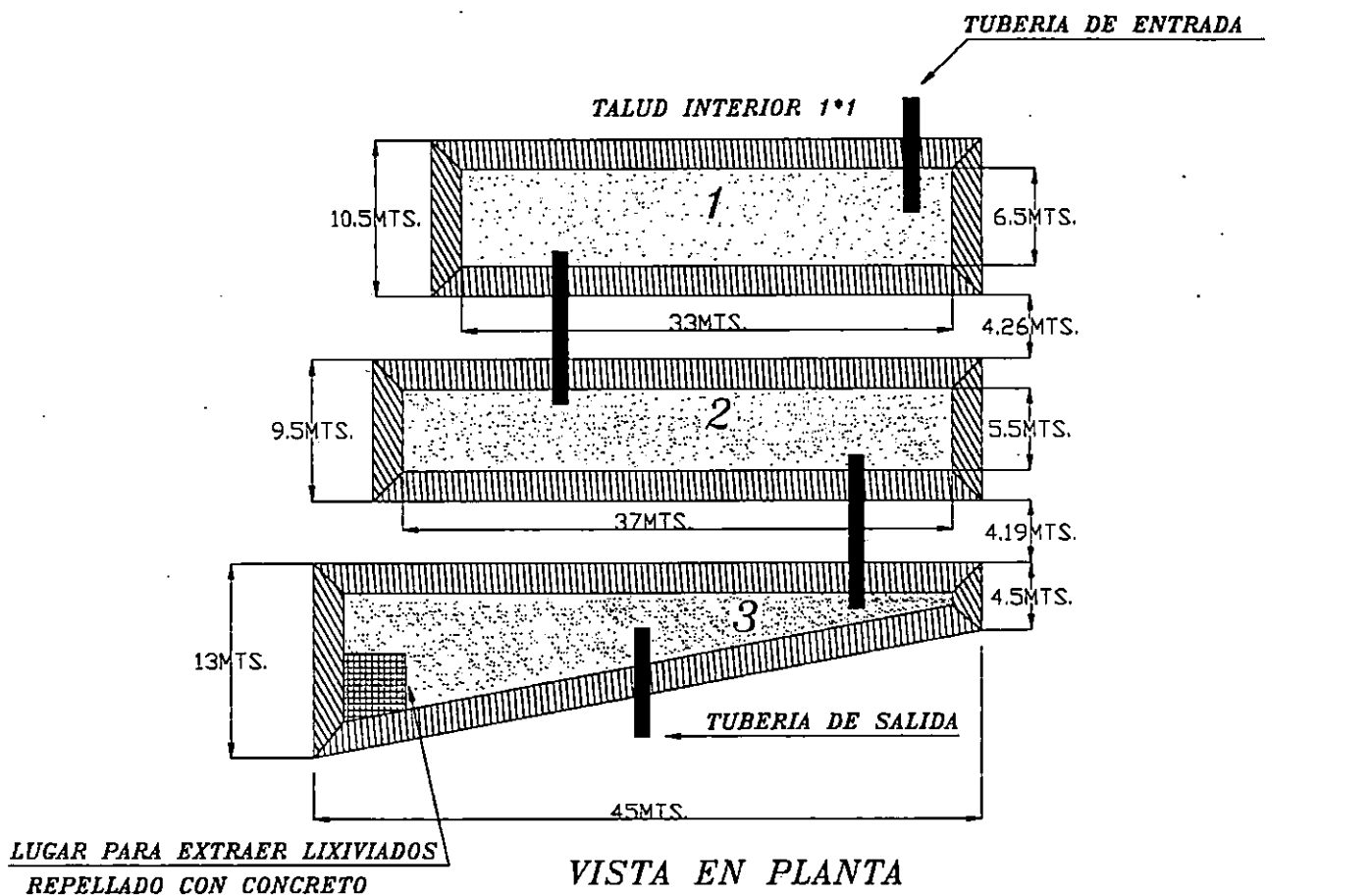
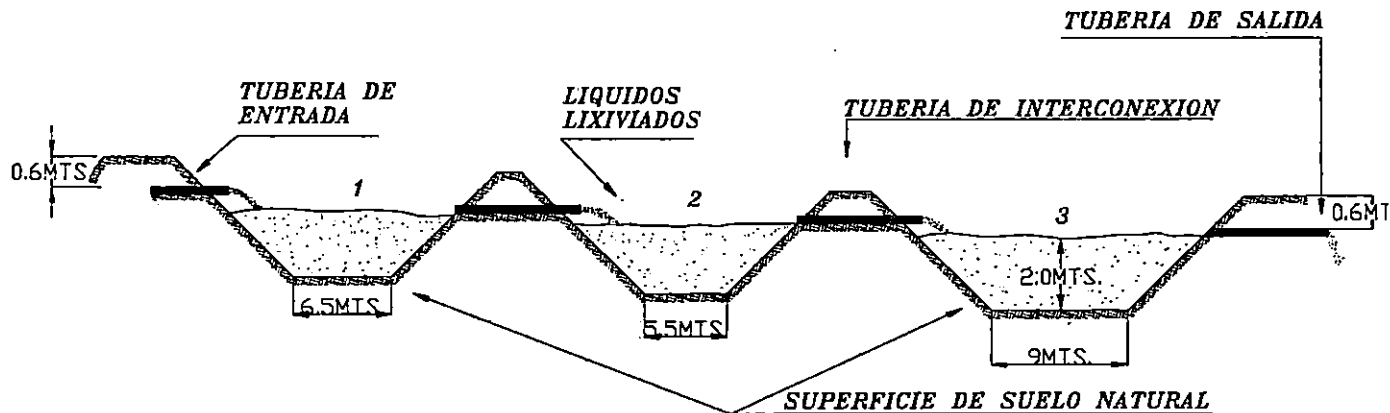


FIGURA N° 14



El sistema de drenaje de éstos gases, se realizará a través de “chimeneas”, las cuales atraviesan en sentido vertical todo el relleno sanitario desde el fondo hasta la superficie, y éstas se construyen a medida que avanza el relleno dando una buena compactación a su alrededor.

El sistema consiste en estructuras de barriles metálicos, cuyo diámetro es 60 cms, rellena con piedra que en su interior llevará una tubería de concreto perforada con agujeros a lo largo de su eje, y otra tubería al final para coleccionar el gas que luego se quemará.

Las chimeneas serán construidas dentro del relleno sanitario a separaciones de 30 metros y máximas de 50 metros, que estarán interconectadas con el sistema de drenaje de lixiviados, como se muestran en los detalles de la figura No.15 y 16.

#### **4.3 DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS.**

Estas obras son importantes para llevar a cabo una buena operación y control del relleno sanitario, generalmente se hacen pequeñas y sobre todo de bajo costo, entre las más importantes están : Cerca perimetral, oficina administrativa, los servicios sanitarios, vías de acceso internas y rótulo de identificación, entre otros.

## DETALLE DE CHIMENEA PARA GASES

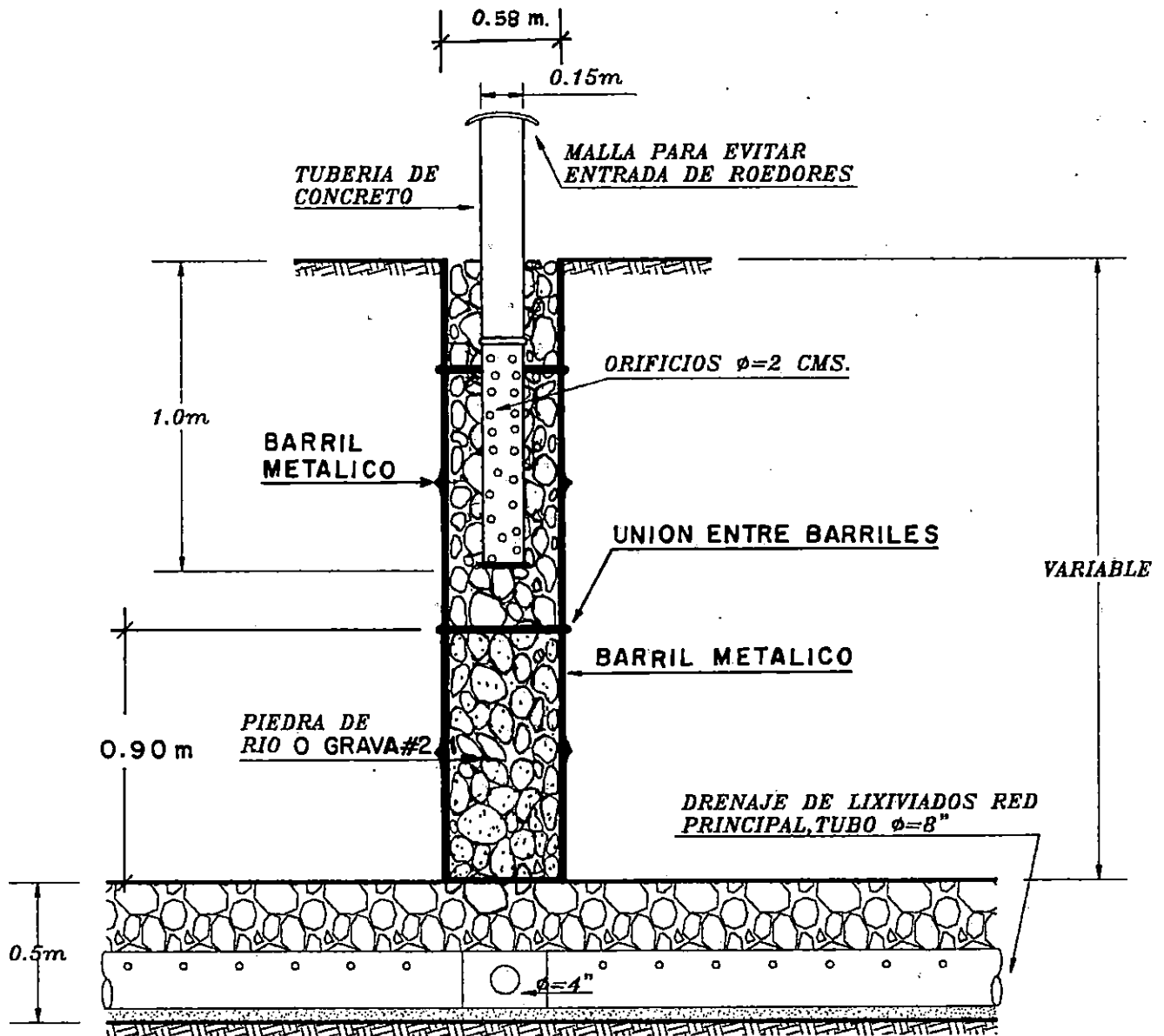
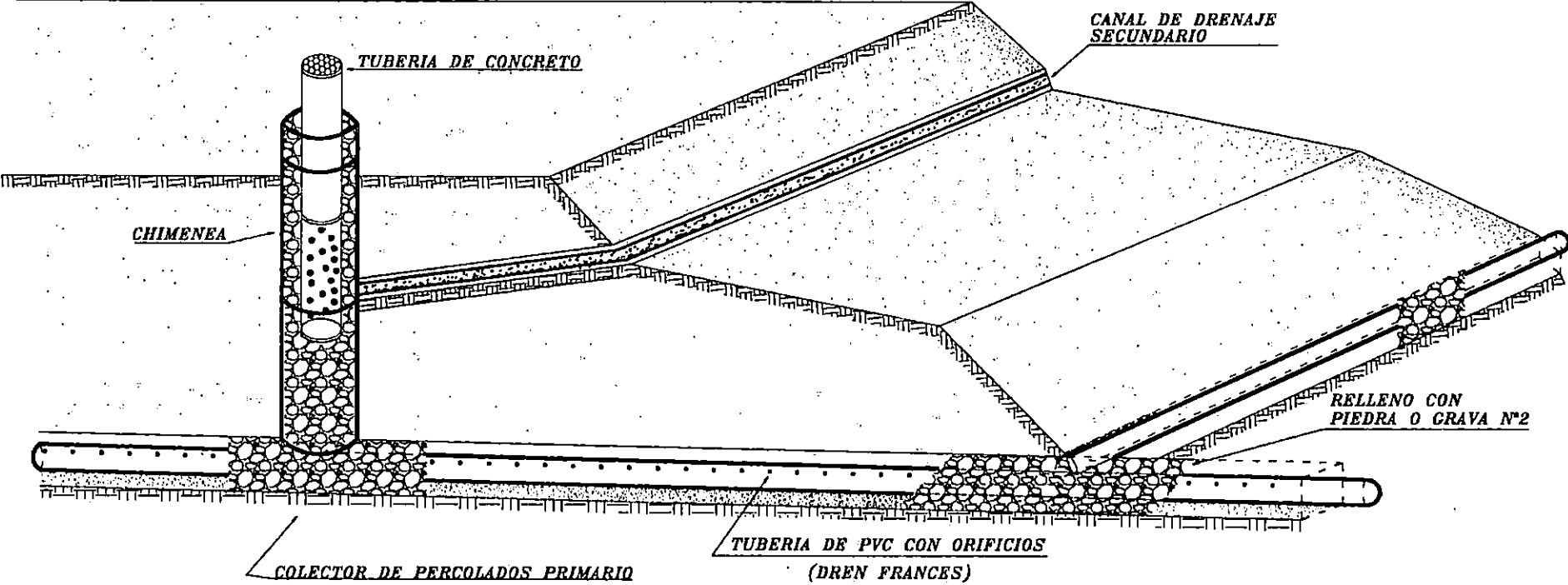


FIGURA N° 15

*INTERCONEXION DE LOS SISTEMAS DE DRENAJES (CORTE DE TERRAZAS)*



*FIGURA N° 16*



#### **4.3.1 Cerca perimetral.**

La cerca perimetral se construye con el objeto de proteger el relleno sanitario de la invasión de animales y personas que transiten por el lugar. Esta consistirá en un cerco de alambre de púas de cinco hiladas separadas a 25 cms entre cada hilada, fijadas en postes de madera natural, con una separación de 2 metro entre cada poste ( como se muestra en la figura No.17 ), esto se hará en todo el perímetro del relleno sanitario ; y en la entrada principal se construirá un portón de estructura metálica, forrado con un tramo de lámina de hierro y malla ciclón con el objeto de darle seguridad y disciplina a la obra ( como se muestra en la figura No.18 ); además se construirá un tramo de cerca perimetral con malla ciclón que dará mayor representatividad al proyecto, como se muestra en la figura No.19.

#### **4.3.2 Oficina administrativa.**

La oficina administrativa se construirá para fines de usos administrativos y de supervisión, contará con espacio suficiente para que los trabajadores puedan resguardarse durante el descanso y la época lluviosa, cambiarse de ropa antes y después de la jornada de trabajo, ingerir sus alimentos, lugar para guardar las herramientas. Los detalles de ésta estructura se muestran en las figuras No.20, 21 y 22.

DETALLE CERCA PERIMETRAL

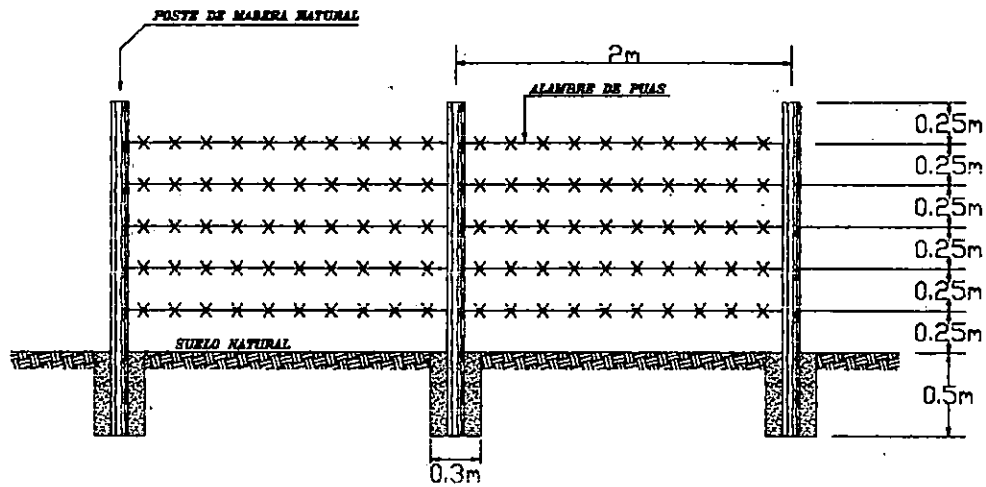


FIGURA N° 17

DETALLE DE PORTON

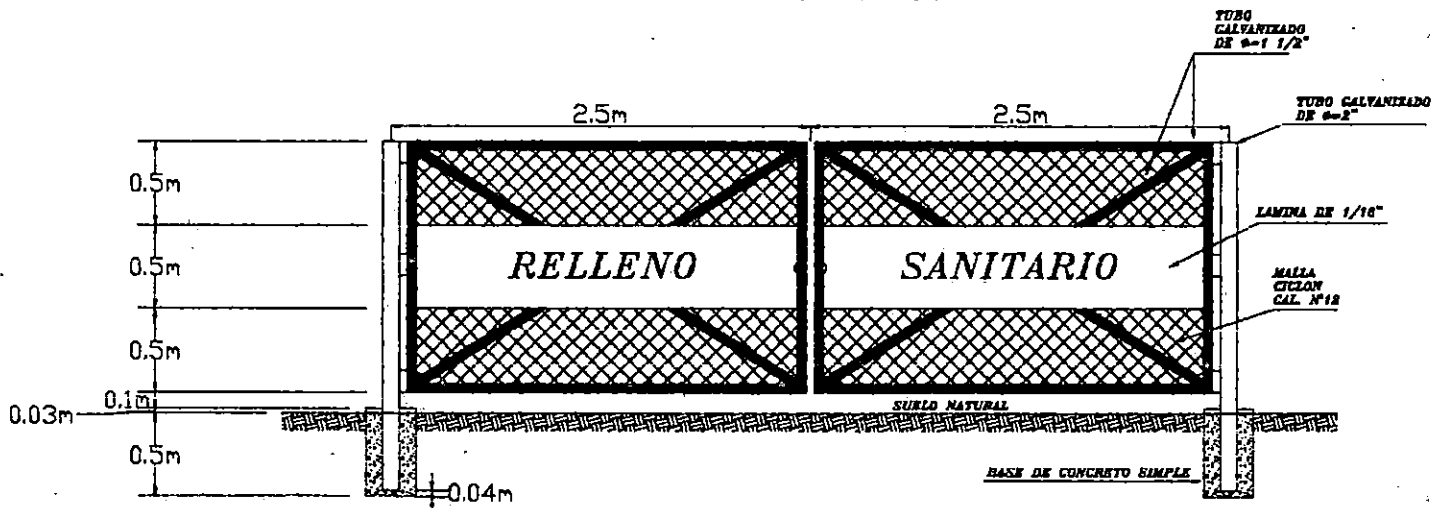


FIGURA N° 18

# DETALLE DE CERCA PERIMETRAL CON MALLA CICLON

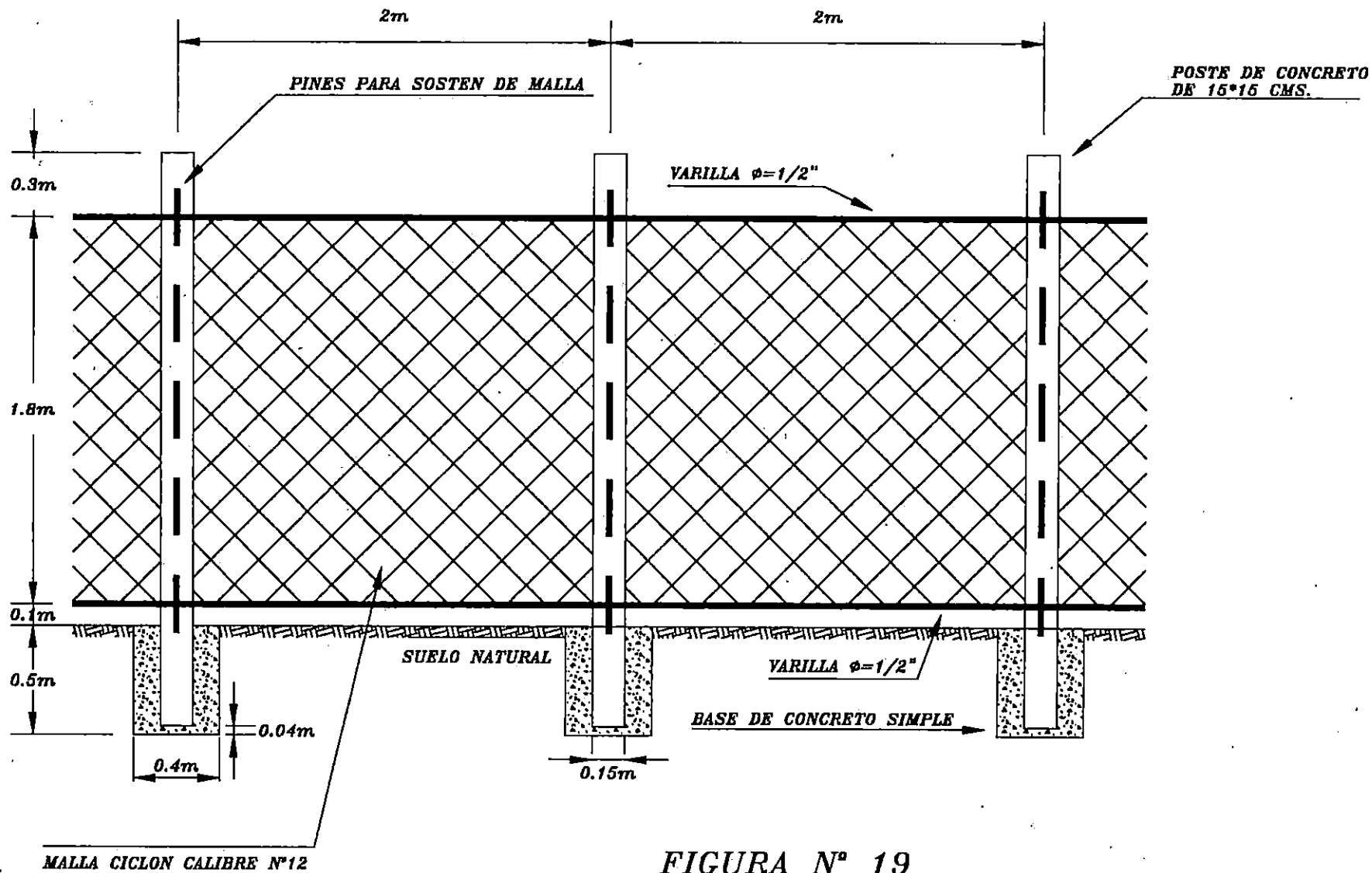
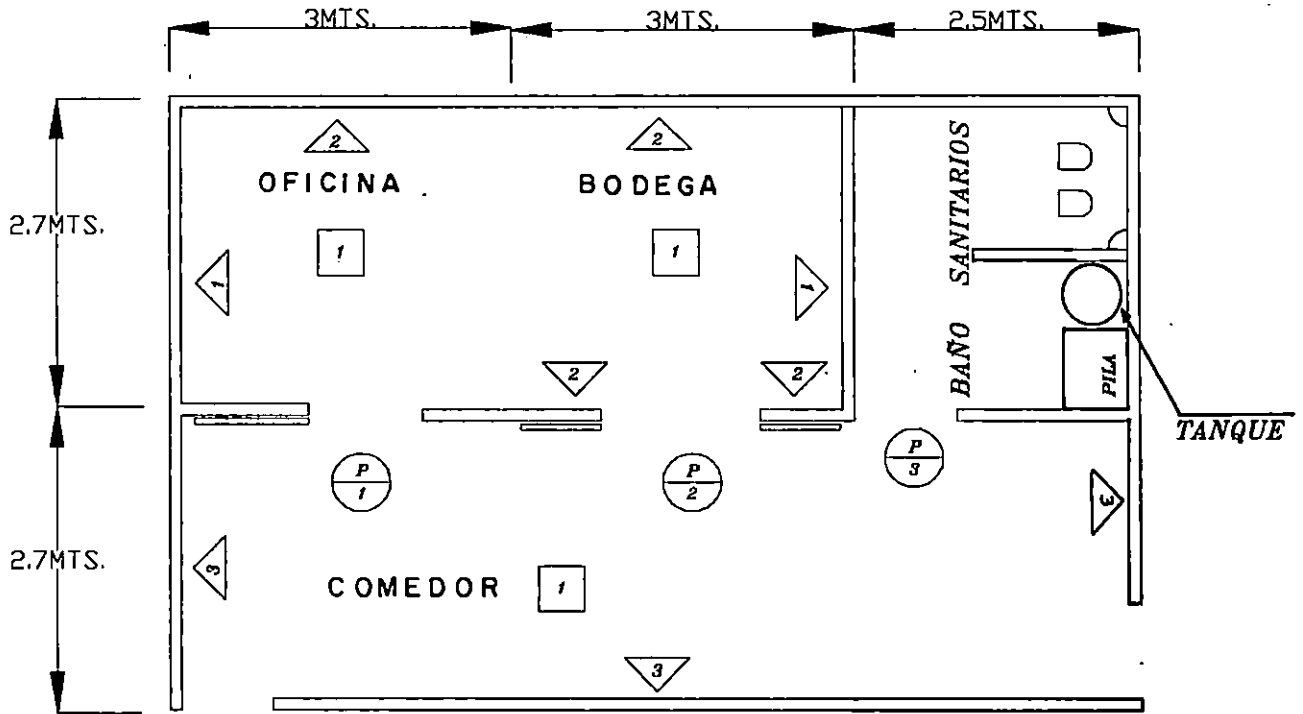


FIGURA N° 19

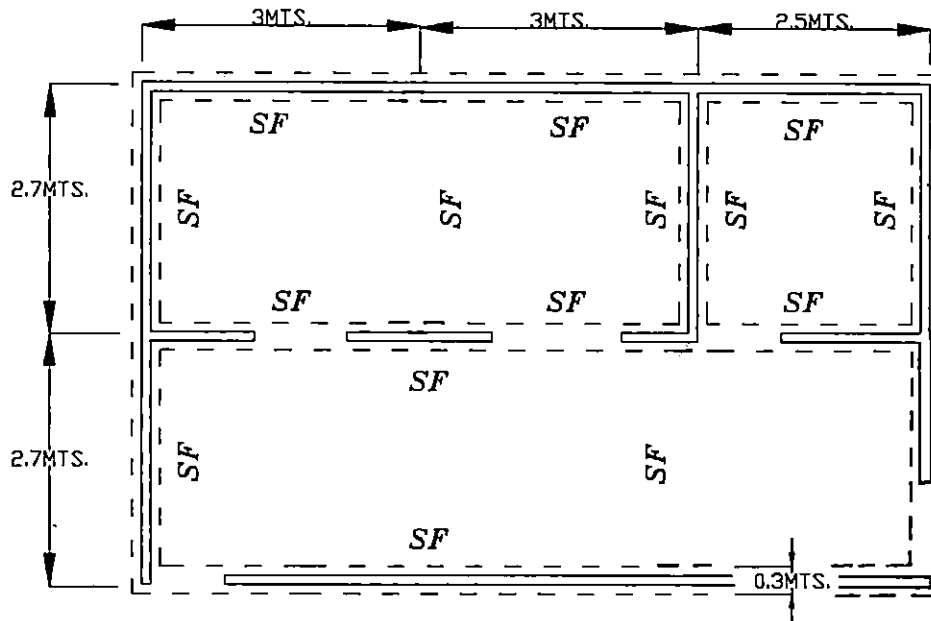
## PLANTA ARQUITECTONICA



A C A B A D O S				
△ PARED DE LADRILLO DE BARRO COCIDO				
△ ALTURA DE 3 MTS.				
△ ALTURA DE 1 MT.				
△ ALTURA DE 0.6 MTS.				
□ PISO DE SUELO CEMENTO				
	TIPO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD
	1	1.00	2.10	1
⊙	2	1.40	1.80	1
	3	0.90	1.80	1

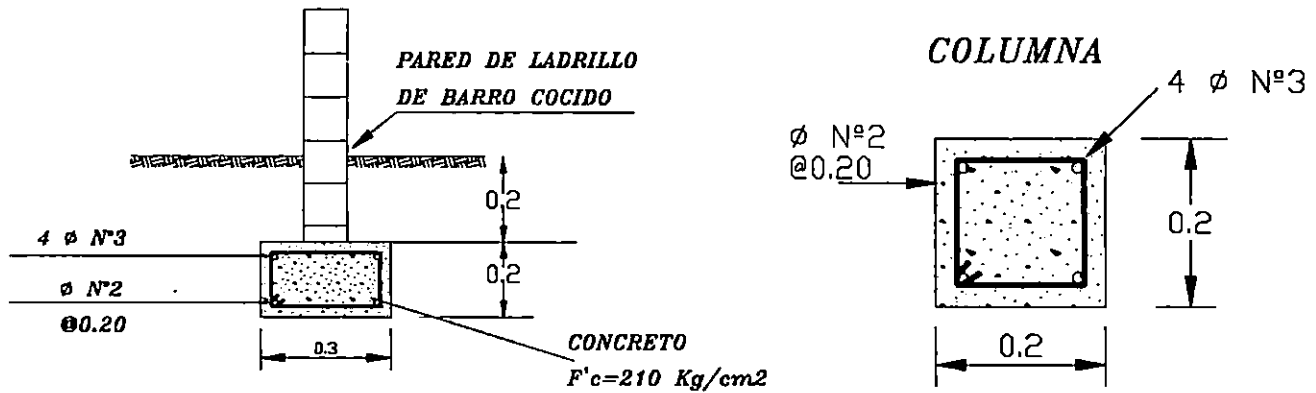
FIGURA N<sup>o</sup> 20

*PLANTA DE FUNDACIONES*

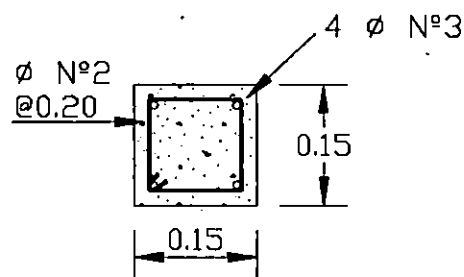


*FIGURA N° 21*

*SOLERA DE FUNDACION*



*SOLERA INTERMEDIA Y DE CORONAMIENTO*



## PLANTA ESTRUCTURAL DE TECHOS

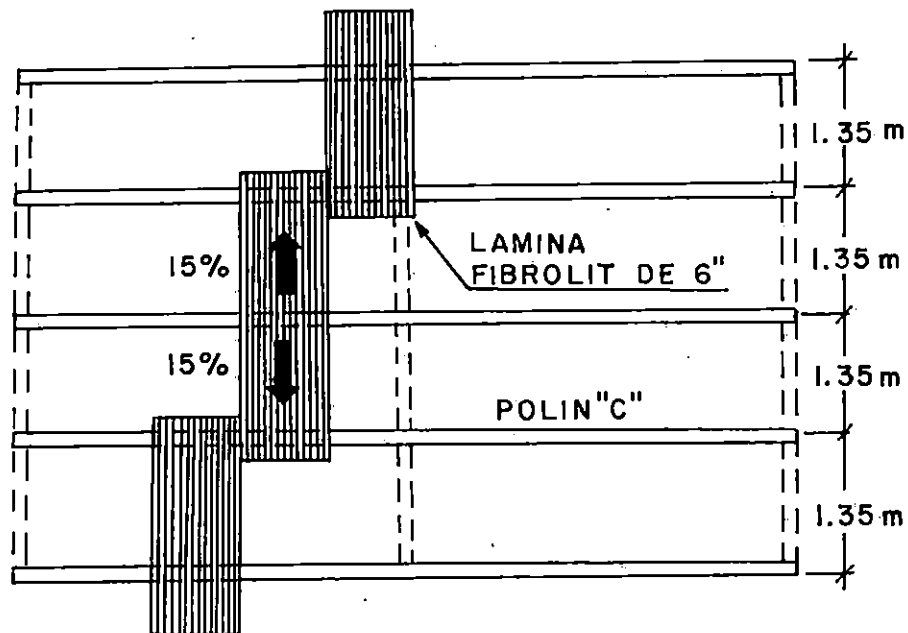
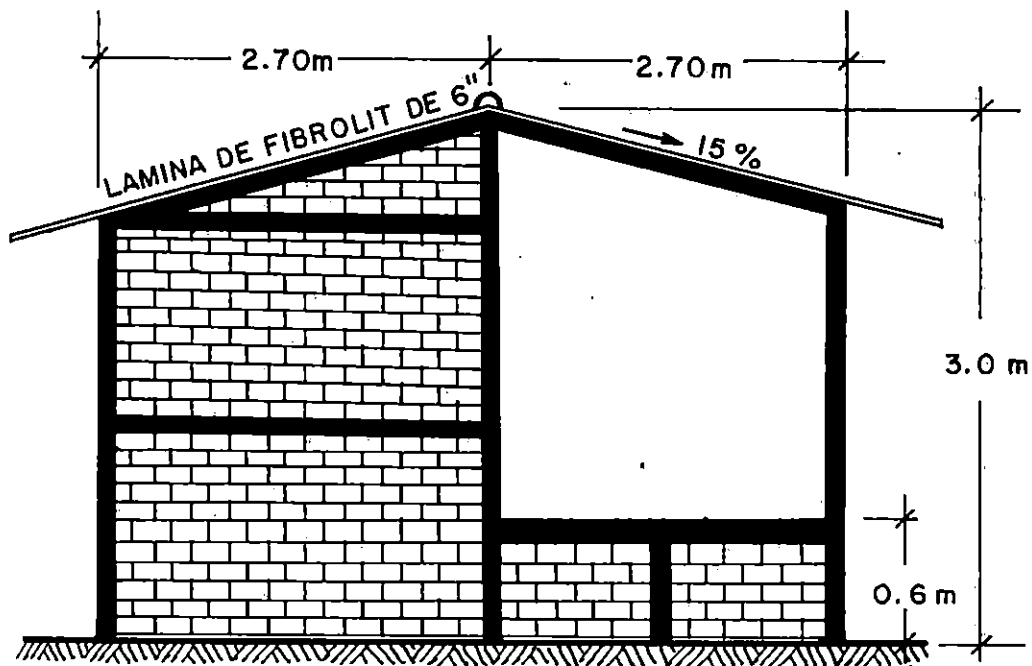


FIGURA No. 22

## ELEVACION POSTERIOR



### 4.3.3 Servicios sanitarios.

Los servicios sanitarios se construirán con un sistema apropiado de letrina abonera de acuerdo a los lineamientos establecidos por el Ministerio de Salud Pública para su operación y mantenimiento, serán construidos a un lado de la oficina administrativa de tal manera que aseguren la comodidad y bienestar de los trabajadores. Además contemplara una pila para almacenar agua para el aseo diario personal y en un lugar seguro se ubicará el recipiente de agua potable. Los detalles de ésta estructura se presentan en las figuras No.23 y 24.

La letrina abonera está formada por dos cámaras de material impermeable en el cual las excretas deben de permanecer un tiempo mínimo de 6 meses, para transformarse en abono a partir de la fecha en que es cerrada la cámara.

#### VENTAJAS DE CONSTRUIR LA LETRINA ABONERA

- Mayor seguridad sanitaria para tratar las heces.
- Minimiza la posibilidad de contaminación de las fuentes de agua.
- Reduce las condiciones para la producción de olores desagradables.
- Impide la proliferación de vectores.
- Es más segura para el uso de los niños.

- Puede construirse en cualquier tipo de terreno, aún en los que son húmedos y tienen poca firmeza y en terrenos rocosos.
- Se puede utilizar por largo tiempo.

#### USO Y MANTENIMIENTO DE LA LETRINA

- 1) Cubra el asiento que no va a usar.
- 2) Coloque un recipiente con ceniza o tierra con cal, a la cámara que usará.
- 3) Eche una capa de estiércol de caballo a la cámara que usará.
- 4) Coloque el papel que usará a la mano.
- 5) Prepare un palo largo para remover el contenido de las cámaras.

#### RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO SEMANAL

- a) Una o dos veces a la semana remueva o compacte la masa contenida en la cámara.
- b) Tener el cuidado de que la materia sólida y la orina se separen perfectamente.
- c) No permitir que el material que esta dentro de la letrina, se haga líquido o lodo, si esto ocurre eche mas ceniza o cal.
- d) Manténgala limpia y no la use para otras cosas, como bodega, gallinero, etc.



# DETALLES DE LETRINA ABONERA

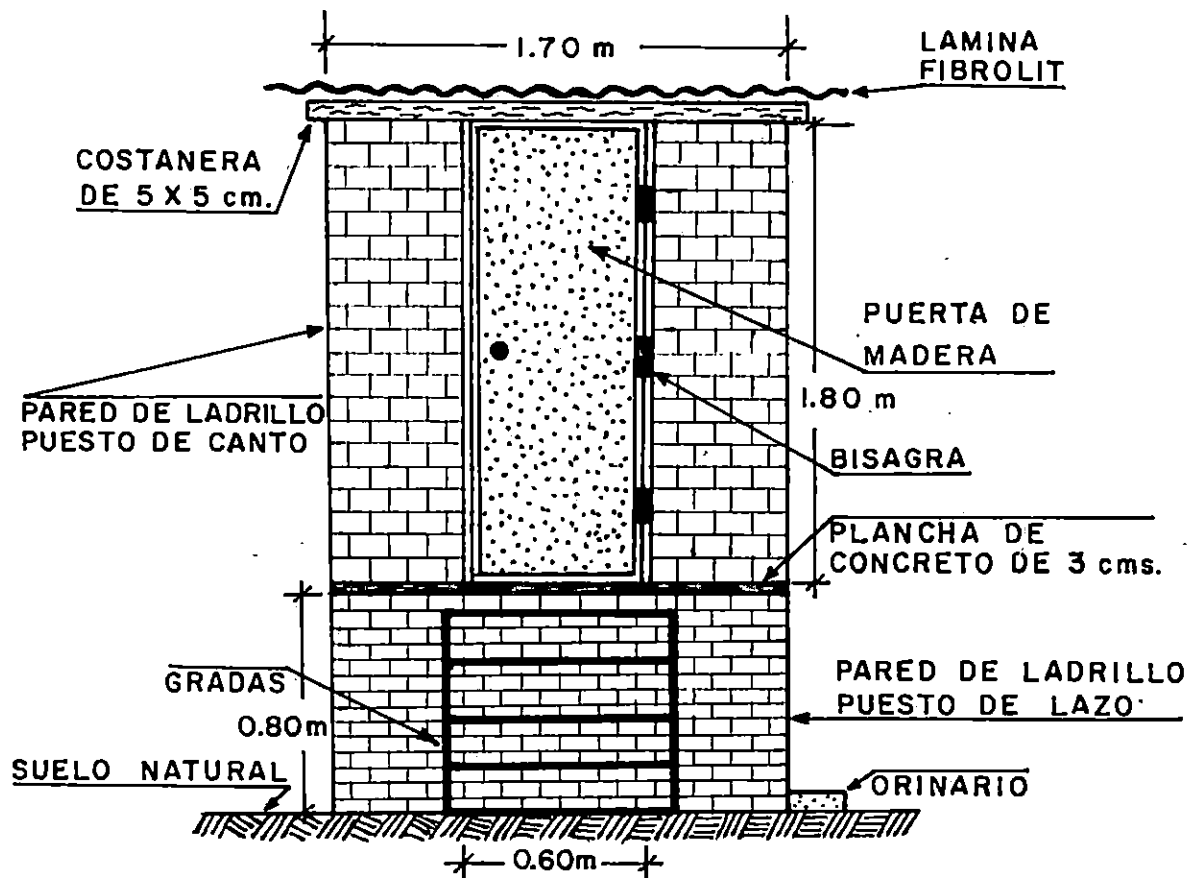
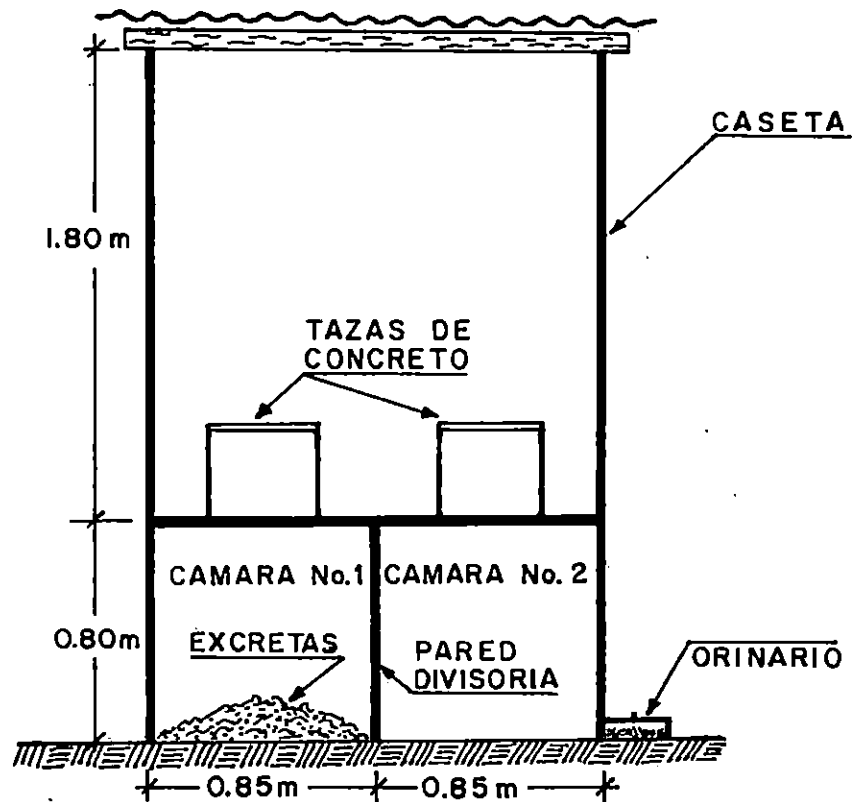


FIGURA No.23

VISTA FRONTAL



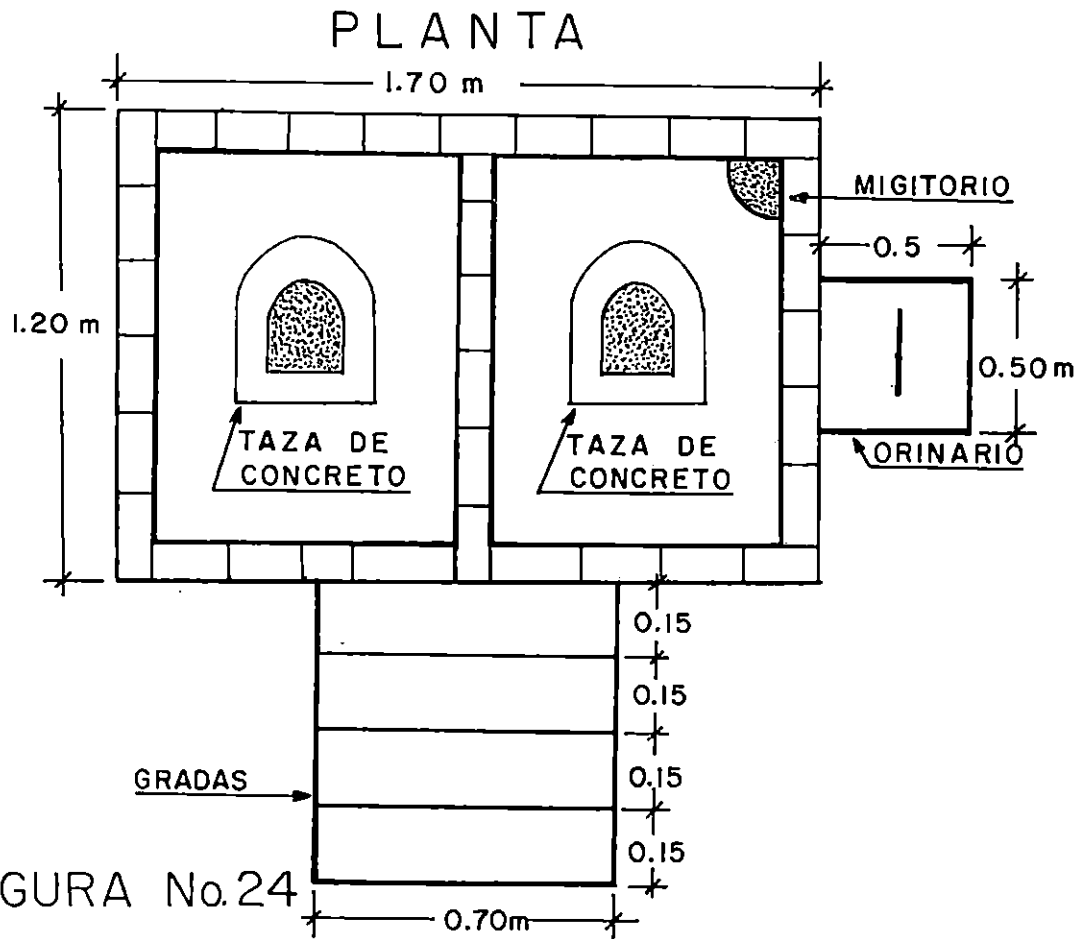
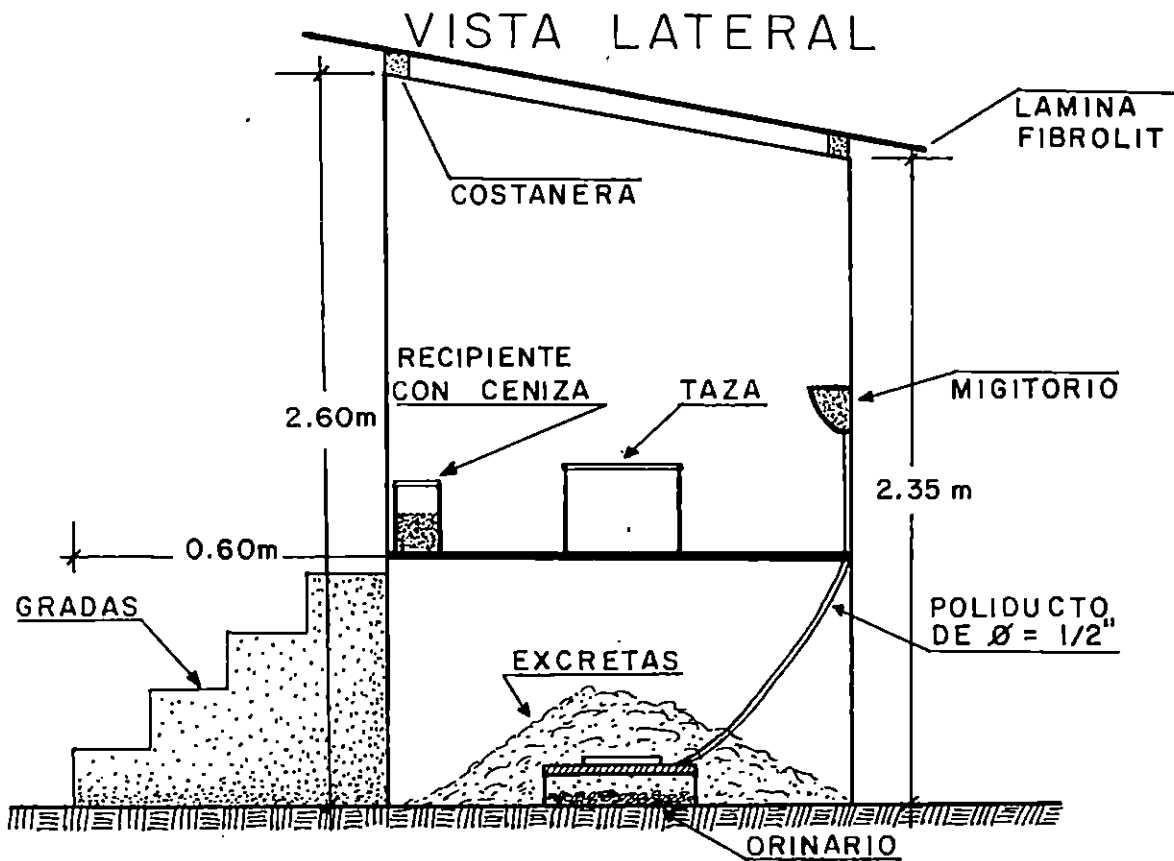


FIGURA No.24



#### **4.3.4 Vías de acceso internas.**

Las vías de acceso internas se deben estudiar cuidadosamente para su construcción, por lo que se construirán apoyándose sobre las terrazas y éstas se movilizarán a medida que va avanzando el relleno sanitario.(como se muestra en el plano No.7).

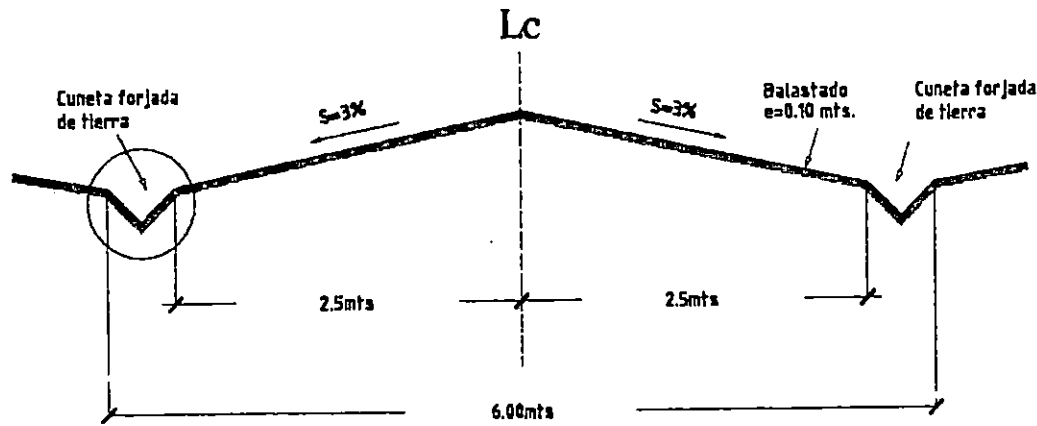
Los anchos de rodaje de éstas vías serán de 6 metros con una pendiente a lo largo de su eje que oscila entre el 1 y 25 %, y con una pendiente perpendicular a su eje del 3 % con el objeto que haya un buen drenaje de las aguas lluvias de la vía.

Durante la época lluviosa, es necesario evitar los deslizamientos y encharcamientos de los vehículos recolectores, por lo que las vías se deben mantener en buen estado, y para lograr éstas condiciones se balastarán las vías con una capa de 10 cms de material de río (ver figura No.25).

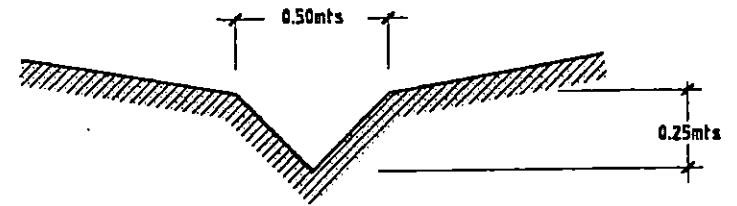
#### **4.3.5 Rótulo de identificación del proyecto.**

El rótulo de identificación del proyecto se construirá con el objeto de identificar la obra ante la comunidad, para dar garantía a los vecinos de la disciplina y responsabilidad de la municipalidad. El rótulo se ubicará en la entrada principal del proyecto, ver figuras No.26 y 27.

FIGURA No.25



**SECCION TRANSVERSAL CONFORMACION DE SUPERFICIE Y CUNETA FORJADA**  
**DETALLE DE BALASTADO**



**DETALLE DE CUNETA FORJADA DE TIERRRA**

DETALLE CONSTRUCTIVO DE ACCESOS INTERNOS.

## DETALLE DE ROTULO DE IDENTIFICACION

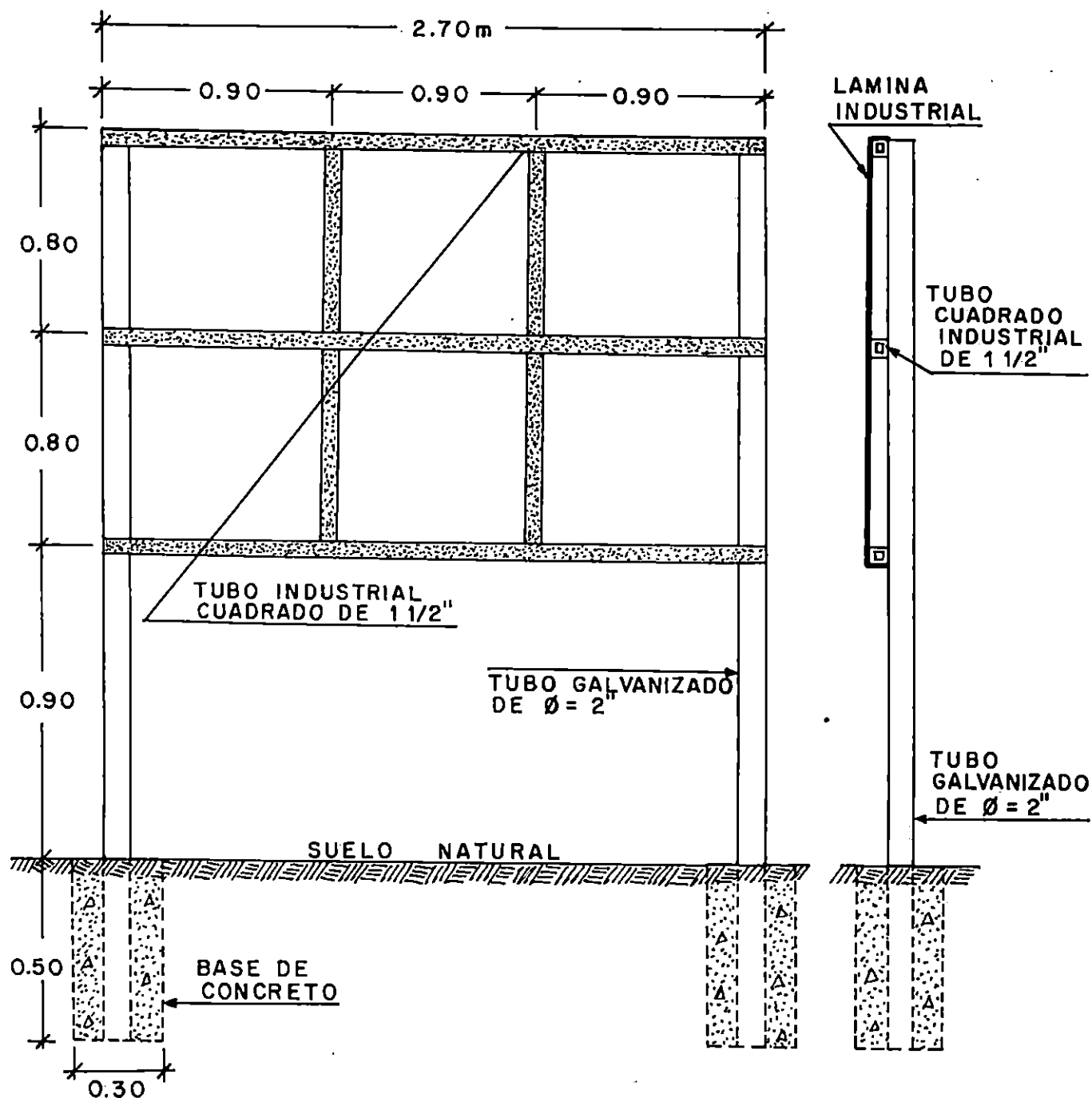


FIGURA No. 26

**PROPUESTA DEL CONTENIDO DEL ROTULO**

<p><b>EL MUNICIPIO DE: SAN FRANCISCO GOTERA</b></p> <p><b>EL GOBIERNO DE EL SALVADOR, CON LA COLABORACION DE LA COMUNIDAD Y A TRAVÉS DE LA ALCALDÍA MUNICIPAL, ESTA REALIZANDO EL PROYECTO:</b></p> <p><b>RELLENO SANITARIO MANUAL</b></p> <p><b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO: ₡ _____ /</b></p> <p><b>FECHA DE INICIO: _____ / _____ / _____</b></p> <p><b>FECHA DE FINALIZACION: _____ / _____ / _____</b></p> <p><b>DESARROLLO DE LA OBRA A CARGO DE LA MUNICIPALIDAD</b></p> <p><b>DISEÑO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR CON APOYO DE LA</b></p> <p><b>O. P. S./ O. M. S.</b></p>
--

FIGURA No. 27

#### 4.4 ANALISIS DE COSTO

Una vez terminado los detalles de los diseños, se procede a realizar el presupuesto y los análisis de costos, determinando los costos de inversión, operación y mantenimiento.

##### 4.4.1 Costos de inversión.

Los costos de inversión para la ejecución del proyecto se dividen en:

- a) Costos directos para la construcción de la infraestructura ¢ 4,665,468.37
- b) Costos indirectos para la construcción de la infraestructura ¢ 6,065,108.88

Los costos de inversión constituyen el monto que deberá gestionar la municipalidad, para poder implementar el proyecto. ¢ 9,590,537.36

Los costos directos en los que se incurrirá son los siguientes:

- Adquisición del terreno.
- Instalaciones auxiliares (Oficina Administrativa, servicios sanitarios, Portón de acceso y Rótulo de identificación del proyecto).
- Obras exteriores (Cerca Perimetral con malla ciclón y alambre de púas).
- Obras de drenaje y Accesos (Canaletas de concretos y de tierra y accesos internos).

- Trabajos en terrazas (Drenaje de líquidos lixiviados y gases y Cortes).
- Monitoreo y Tratamiento de lixiviados (Lagunas de estabilización y equipo de bombeo para recirculación de lixiviados).
- Cierre del relleno (Recubrimiento y engramado).

Los Costos de Inversión, se presentan en la tabla No.30.

Los costos para la operación y mantenimiento del relleno sanitario, constituyen las siguientes partidas:

- Personal (Supervisor, Auxiliares, vigilante y gastos administrativos).
- Insumos (Rodillo compactador, herramientas, uniformes y implementos de protección).
- Servicios y Mantenimientos (Agua, drenaje, accesos y monitoreo de aguas).

Los costos de operación y mantenimiento, se presentan en la tabla No.31.



TABLA No. 30

PRESUPUESTO DE RELLENO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO GOTERA						
COSTOS DE INVERSION PARA ACONDICIONAR EL TERRENO PARA RELLENO MANUAL						
	partidas	cantidad	unidad	precio unitario (#)	sub-total (#)	total por partida (#)
<b>1</b>	<b>INSTALACIONES AUXILIARES</b>					<b>37,901.76</b>
	<b>ALBAÑILERIA</b>					10,888.42
	Soleras de Fundaciones	38.40	ml	118.6185	4,554.95	
	Paredes de Ladrillo de barro	30.04	m <sup>2</sup>	129.22	3,881.77	
	Piso empedrado fraquado superficie terminada	32.64	m <sup>2</sup>	75.1134	2,451.70	
	<b>TECHO</b>					6,516.00
	Polin "C" de 6"	42.00	ml	52.7857	2,217.00	
	cubierta de lamina fibrolit	39.96	m <sup>2</sup>	107.5826	4,299.00	
	<b>PUERTAS Y VENTANAS</b>					13,492.08
	puerta metalica lamina de 1/16" marco de tubo	4.00	m <sup>2</sup>	784.45	3,137.80	
	ventanas con marco angular y malla ciclón	40.08	m <sup>2</sup>	178.5	7,154.28	
	portón estructura metalica y malla ciclón (5 ML)	1.00	c/u	3200	3,200.00	
	<b>INSTALACIONES SANITARIAS</b>					7,005.25
	tanque de polivinilo de 2 m <sup>3</sup>	1.00	c/u	3300	3,300.00	
	letrina tipo abonera	1.00	c/u	2451.25	2,451.25	
	Pila y lavadero de ladrillo de barro repellido y pulido	1.00	c/u	1254	1,254.00	
<b>2</b>	<b>OBRAS EXTERIORES</b>					<b>64,825.09</b>
	cercos perimetral de malla ciclón, postes de concreto	55.00	ml	195.0136	10,725.75	
	cercos perimetral de alambre de pua, postes de madera	745.17	ml	72.6	54,099.34	
<b>3</b>	<b>OBRAS DE DRENAJE Y ACCESO</b>					<b>32,574.56</b>
	canaleta de concreto para drenaje	60.00	ml	182.5692	10,954.15	
	nivelacion y corte en camino de acceso material semi duro	1,091.94	m <sup>3</sup>	19.80	21,620.41	
<b>4</b>	<b>TRABAJOS EN TERRAZAS</b> AREA =	35,409.22	m <sup>2</sup>			<b>1,699,788.99</b>
	corte en terraza material semi duro	61,503.00	m <sup>3</sup>	19.80	1,217,759.40	
	drenaje perimetral para evitar entrada de agua	505.15	ml	54.01	27,285.37	
	drenaje de lixiviados (tuberia secundaria PVC 4")	744.00	ml	391.04	290,931.38	
	(colocación de filtro de grava #2)					
	drenaje de gases ( gavión de caja galvanizado)	163.50	ml	158.40	25,898.40	
	tuberia de conducción de lixiviados ( PVC 8")	288.00	ml	259.04	112,618.60	
	Chimenea de Ho. Go. De 6" ( 2 metros )	22.00	c/u	1,149.72	25,293.84	
<b>5</b>	<b>MONITOREO Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS</b>					<b>81,549.14</b>
	excavacion de 3 lagunas (corte y conformacion)	1,265.65	m <sup>3</sup>	39.40	49,869.14	
	equipo de bombeo para recirculacion de lixiviados (incluye controles de entrada y salida de lagunas)	1.00	c/u	31,680.00	31,680.00	
<b>6</b>	<b>CIERRE DEL RELLENO</b>					<b>1,403,280.83</b>
	recubrimiento final (60 cm)	21,245.53	m <sup>3</sup>	54.12	1,149,808.08	
	capa de material fertil de 20 cm	7,081.83	m <sup>3</sup>	19.80	140,220.23	
	engramado de superficie	7,222.00	m <sup>2</sup>	15.68	113,252.52	
	<b>TOTAL</b>					<b>3,319,918.37</b>

TABLA No. 31

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ANUALES PARA RELLENO MANUAL DE SAN FRANCISCO GOTERA					
partidas	cantidad	unidad	precio unitario (¢)	sub-total (¢)	total por partida (¢)
<b>PERSONAL</b>					<b>226,308</b>
Supervisor encargado del relleno	1	c/u	6,000.00	6,000.00	
Auxiliares/operadores	5	c/u	24000	120,000	
Vigilante/portero	2	c/u	24000	48,000	
Seguridad Social (codigo de trabajo)		S/subtotal	22.46%	37,733	
Gastos Administrativos		S/subtotal	10.00%	20,573	
<b>INSUMOS</b>					<b>12,634</b>
consumo anual					
canecas	2.00	c/u	900	1,800.00	
palas	2.00	c/u	56	112.00	
azadones	2.00	c/u	43	86.00	
piochas	2.00	c/u	60	120.00	
pisón de mano	3.00	c/u	55	165.00	
carretillas	5.00	c/u	425	2,125.00	
escobas	2.00	c/u	30	60.00	
rastrillos	2.00	c/u	58	116.00	
punzones para papel	2.00	c/u	25	50.00	
Uniformes (guantes, botas, máscaras, camisas, pantalón)	10.00	juego	800.00	8,000	
<b>SERVICIOS Y MANTENIMIENTO</b>					<b>50,770</b>
consumo anual					
Agua	2,555	m <sup>3</sup>	17	43,435	
Mantenimiento de obra de drenaje y accesos	32,575	(d) camino	10.00%	3,257	
Monitoreo del agua subterránea	81,549	(e) laguna	5.00%	4,077	
<b>TOTAL</b>					<b>289,710</b>
<b>RESUMEN DE COSTOS PARA DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS</b>					
<b>MUNICIPALES DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA</b>					
<b>RELLENO MANUAL</b>					
	<b>PARTIDA</b>	<b>MONTO (¢)</b>	<b>INVERSION (¢)</b>	<b>O Y M (¢)</b>	
1*	Compra del terreno	500,000.00	500,000.00		
1	Instalaciones auxiliares	37,901.75	37,901.75		
2	Obras exteriores	64,825.09	64,825.09		
3	Obras de drenaje y accesos	32,574.56	32,574.56		
4	Trabajos en terrazas	1,699,786.99	1,699,786.99		
5	Monitoreo y tratamiento de lixiviados	81,549.14	81,549.14		
6	Cierre del relleno	1,403,280.83	1,403,280.83		
7	Salarios	3,847,203		3,847,203	
8	Insumos	214,778		214,778	
9	Servicios y mantenimiento	863,089		863,089	
10	Saneamiento del botadero actual	845,550	845,550.00		
		9,590,538.26	4,665,468.37	4925069.889	
Desechos generados durante 17 años de vida útil del relleno: 104164.35 ton					
Costo en relleno Sanitario incluye compra de terreno y saneamiento del botadero actual					
		<b>colones/ton</b>	<b>Dolares/ton</b>		
	<b>COSTO DE INVERSION</b>	<b>44.78</b>	<b>5.14</b>		
	<b>COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	<b>47.28</b>	<b>5.42</b>		
	<b>COSTO TOTAL</b>	<b>92.07</b>	<b>10.56</b>		

### **COSTOS TOTALES DEL SERVICIO DE ASEO PARA EL PRIMER AÑO.**

Total de desechos generados para el primer año = P. P. C. X 365 días x No de hab.

$$= 0.5366 \times 365 \times 17,524$$

$$= 3,432,233.10 \text{ kg}$$

$$= 3.432.20 \text{ ton/año}$$

Costo de inversión anual = Cantidad de desechos (ton) x costo/ton

$$= 3.432.20 \text{ ton} \times \text{¢} 44.79$$

$$= \text{¢} 153,728.25$$

Costo de operación y mantenimiento anual = Cantidad de desechos (ton) x costo/ton

$$= 3,432.20 \text{ ton} \times \text{¢} 47.28$$

$$= \text{¢} 162,274.45$$

Costos anuales de recolección y transporte = Cantidad de desechos (ton) x costo/ton

$$= 3,432.20 \text{ ton} \times \text{¢} 182.44$$

$$= \text{¢} 626,170.57$$

Costo Total del servicio = Costos anuales de inversión + operación y mantenimiento +

Recolección y transporte

$$= \text{¢} 153,728.25 + \text{¢} 162,274.45 + \text{¢} 626,170.57$$

Costo total anual = ¢ 942,173.27

Costo total mensual = costo anual / 365 días

$$= \text{¢ } 942,173.27 / 365$$

$$= \text{¢ } 78,514.44$$

Costo anual por vivienda = costo total anual / No. de viviendas

$$= \text{¢ } 942,173.27 / 2970$$

$$= \text{¢ } 317.23$$

Costo mensual por vivienda = ¢ 26.45

Costo anual por habitante = costo total anual / No. de habitantes

$$= \text{¢ } 942,173.27 / 17,524$$

$$= \text{¢ } 53.80$$

Costo mensual por habitante = ¢ 4.50

**CAPITULO V**  
**ASPECTOS AMBIENTALES**

## 5.1 GENERALIDADES

Toda institución que pretende realizar un proyecto esta obligada, a desarrollar una evaluación de los aspectos ambientales para:

- Explorar acciones alternativas que puedan evitar o minimizar impactos adversos.
- Evaluar las implicaciones, a corto y a largo plazo, de las acciones propuestas con respecto a los seres humanos, su ambiente físico y social, y la naturaleza misma.

Un impacto es definido como cualquier cambio en el sistema ambiental fisico-quimico, biológico, cultural y/o socioeconómico, que se puede atribuir a actividades humanas relacionadas con el estudio de las alternativas de un proyecto que para nuestro caso es un relleno sanitario manual.

El primer paso en el proceso de evaluación de impactos ambientales es un inventario ambiental; este es una descripción completa del ambiente, tal como existe en el área donde se va a desarrollar el proyecto.

Para ello es necesario definir los componentes de los ambientes físicos-químicos (usualmente aire, agua y ruido), biológicos, culturales y socioeconómicos. El inventario ambiental es la base para evaluar los impactos potenciales sobre el ambiente, tanto los beneficiosos como los perjudiciales.

## **5.2 ASPECTOS AMBIENTALES SIN PROYECTO.**

Para el diseño de proyectos de desarrollo es necesario conocer, los efectos que puedan causar deterioro dentro del medio ambiente para poderlos minimizar. En el municipio de San Francisco Gotera se pretende implementar (Relleno sanitario manual), ya que es una obra de saneamiento básico con la cual se propone dar una disposición final sanitaria a los desechos sólidos que se producen en el municipio antes mencionado; pero que en el sitio de disposición final generan muchos contaminantes que pueden afectar los diversos recursos naturales de la zona donde se encuentra ubicado, dentro de los aspectos que pueden ser modificados destacaremos los siguientes:

### **a) CONTAMINACION DE LAS AGUAS.**

El sitio escogido por la alcaldía municipal y aprobado por el Ministerio de Salud a través del departamento de saneamiento, para la implementación de esta obra, es un suelo con características de poca permeabilidad, lo que genera gran escorrentía superficial las cuales drenan a través de una quebrada de invierno; produciéndose gran cantidad de líquidos lixiviados, que vendrían a contaminar las aguas superficiales de la quebrada Portillo Blanco; así como también la contaminación de un afloramiento de agua que se encuentra cerca de uno de los linderos del terreno, por lo que es necesario diseñar obras de drenaje para lixiviados y aguas lluvias que contrarresten este efecto a lo

largo de la vida útil del proyecto; además será necesario el monitoreo de las aguas subterráneas a través de los pozos que se encuentran cerca del terreno, para detectar la posible contaminación de los mismos.

b) CONTAMINACION DEL SUELO.

Es importante operar de manera eficiente el relleno sanitario, con el fin de evitar que este se convierta en un botadero a cielo abierto; lo que produciría contaminación directa al recurso suelo por la generación de los lixiviados, por lo que se hace necesario dar buen mantenimiento al relleno sanitario, de tal manera que se pueda evitar la degradación natural de los suelos en la zona y provocar con ello la desvalorización de las áreas vecinas debido al deterioro estético.

c) CONTAMINACION DEL AIRE.

Como se explicaba en el literal anterior el buen funcionamiento es de mucha importancia, ya que en los rellenos por la descomposición de los desechos sólidos se generan diversos gases que en su mayoría pueden ser inflamables, los cuales podrían provocar incendios por descuido y más aun si los desechos inflamables (cartón y papel) se encuentran esparcidos, lo que vendría a generar humos y gases que provocarían



contaminación del aire, así como irritaciones nasales y de la vista en los trabajadores y habitantes aledaños a la zona.

### **5.2.1 Aspectos de mayor importancia.**

#### **EL CLIMA:**

El terreno donde se pretende implementar el relleno sanitario esta ubicado entre las elevaciones topográficas de 214 a 225 m.s.n.m., los datos de temperatura y precipitación fueron proporcionados por la estación climatológica, ubicada en las oficinas del Ministerio de Agricultura y Ganadería de San Francisco Gotera, la cual realiza un total de tres observaciones diarias.

La estación seca se da entre los meses de Noviembre y Abril, con temperatura promedio mensual de 29.6°C, y 26.2°C como temperatura mínima. La temperatura máxima registrada en esta estación es de 33°C. La estación lluviosa se da entre los meses de Mayo a Octubre con promedio mensual de temperatura de 24.5°C con extremos máximos de 26.5°C y mínimo 23.2°C.

La precipitación promedio anual en la zona es de 1892.94 mm, registrándose en algunas ocasiones valores máximos de 2638.9 mm. y valores mínimos 1351.4 mm.

Los temporales se dan entre los meses de Junio a Septiembre, y las canículas entre los meses de Mayo a Julio, y que en ocasiones duran hasta 60 días.

#### VEGETACION:

En cuanto a la vegetación existente en el terreno donde se pretende implementar el relleno sanitario, se puede decir que está constituida de hierbas o pastizales y sobre todo arbustos de carbón y en menor cantidad árboles de chaparro, así como distintas variedades de malezas (espinas), no existe ningún tipo de árboles frutales.

Se puede decir que la labor agrícola de los alrededores es mínima ya que los terrenos colindantes son utilizados en su mayoría como pastizales para ganado vacuno y de forma aislada se pueden observar terrenos cultivados de maíz que es cultivo que generalmente predomina en la zona.

#### FAUNA:

Dentro del terreno y sus alrededores, la presencia de fauna es muy poca debido principalmente a la escasa vegetación que existe en el lugar y al poco crecimiento de hierbas y arbustos lo que viene a limitar el hábitat de animales.

La fauna presente en el terreno en cuestión, se pueden mencionar: ranas y sapos (que generalmente se pueden observar durante la época lluviosa), hormigas, arañas, buena variedad de conejos, nutrias y de forma escasa una que otra variedad de pájaros.

#### SUELOS:

El suelo predominante en la zona, según se observo en las excavaciones realizadas para el estudio de permeabilidad, es un estrato de aproximadamente 15 cms. de arcilla y el resto es un suelo homogéneo considerado como un talpetate bastante consolidado. En los alrededores del terreno se pueden observar afloramientos de roca, y no hay presencia de suelos orgánicos. La estratigrafía se puede considerar que va de una capa superficial de 50 cm., y luego comienza el estrato de talpetate. Las características de los suelos se presentan con mayor detalle en el estudio de suelos.

### 5.3 ASPECTOS AMBIENTALES CON PROYECTO.

Todo relleno sanitario es diseñado para que su funcionamiento afecte en la menor medida posible el medio ambiente, pero siempre se generan efectos que producen impacto.

Para poder determinar la relación causa-efecto es necesario generar una matriz, la cuál debe incluir las siguientes actividades del proyecto:

- 1) Mejora de la vía de acceso externa.
- 2) Desmonte y descapote del sitio.
- 3) Construcción de obras de protección.
- 4) Construcción de vías de acceso internas.
- 5) Construcción o preparación de terrazas.
- 6) Construcción de drenajes para lixiviados.
- 7) Construcción de chimeneas para evacuación de gases.
- 8) Acopio y tratamiento de la basura.
- 9) Descarga y tratamiento de líquidos lixiviados.
- 10) Evacuación de gases.
- 11) Construcción de caseta e instalaciones sanitarias.

### 5.3.1 Análisis cualitativo por matrices. (Método del Cribado Ambiental)

Este es un análisis de carácter cualitativo desarrollado a través de matrices, la primera de éstas correlaciona las actividades del proyecto con los cambios del que éstos ocasionarán en las condiciones ambientales y la segunda, en la que se consideran los cambios en las condiciones ambientales que se establecen en la primera y estos se correlacionan con los efectos que dichos cambios inducen.

Las matrices que se presentan como resultado de la evaluación ambiental del proyecto “Relleno Sanitario Manual, Factibilidad de Construcción para el Municipio de San Francisco Gotera en el Departamento de Morazán”, son de tres tipos:

- a) Relación de la incidencia de las actividades del proyecto con los cambios probables físicos – químicos en las condiciones ambientales.
- b) Relación de los cambios en las condiciones ambientales (producto de la primera matriz) con los efectos ecológicos que pueden afectar cada una de las actividades.
- c) Por último se genera una matriz que combina los resultados de las dos matrices anteriores, donde se identifican los probables efectos ambientales generados por las actividades básicas del proyecto.

La simbología que se utilizará en la evaluación de cada una de las matrices es diferente y específica para cada una.

La simbología que se utilizará en la primera matriz es la siguiente:

X: Cambio Potencial.

Y: Cambio Circunstancial.

I : Cambio Incierto.

La simbología que se utilizará en la segunda matriz es la siguiente:

EX: Efecto Potencial.

EY: Efecto Circunstancial.

EI: Efecto Incierto.

La simbología que se utilizará en la tercera matriz es la siguiente:

A: Impacto Adverso Significativo.

a : Impacto Adverso no Significativo.

M: Impacto Adverso Significativo, sea detectado medida de mitigación.

m: Impacto Adverso no Significativo.

B : Impacto Benéfico Significativo.

b : Impacto Benéfico no significativo.

I : Impacto Incierto.

### EJEMPLO ILUSTRATIVO DE COMO SE HAN LLENADO LAS MATRICES.

Para nuestro caso, de la primera matriz considerando la columna de la actividad acopio y tratamiento de la basura (columna número ocho), obtenemos que ocasionará cambios físico – químicos en las condiciones ambientales siguientes:

CONDICIÓN AMBIENTAL	CAMBIO
TIERRA	
Calidad del suelo.....	X (Potencial)
Hundimientos.....	Y (Circunstancial)
AGUA	
Calidad del agua superficial . . . . .	X (Potencial)
Calidad de agua de acuíferos . . . . .	X (Potencial)
ATMOSFERA	
Calidad del aire . . . . .	Y (Circunstancial)

En base a los resultados de la primera matriz y específicamente para la actividad acopio y tratamiento de la basura se origina la segunda matriz (una por cada actividad).

En esta segunda matriz se considera la incidencia de los cambios en las condiciones ambientales derivadas de las actividades del proyecto en los factores ambientales.

Siguiendo con el ejemplo y considerando la segunda matriz para la actividad número ocho (acopio y tratamiento de la basura), encontramos que los cambios en las condiciones ambientales físico-químico que inciden en los efectos son:

- Calidad del suelo
- Hundimientos
- Calidad del agua superficial
- Calidad de agua de acuíferos
- Calidad del aire

Dichas incidencias se detallan a continuación:

CAMBIO EN CONDICION EFECTO AMBIENTAL	FACTORES QUE SUFREN EFECTOS	TIPO DE
Calidad del suelo	- Contaminación del suelo	EX, efecto potencial
	- Contaminación de acuíferos	EX, efecto potencial
	- Hábitat terrestre	EX, efecto potencial
	- Vegetación natural	EX, efecto potencial
Hundimientos	- Estética	EY, efecto circunstancial
	- Contaminación de acuíferos	EY, efecto circunstancial



Calidad del agua superficial	- Contaminación del suelo	EX, efecto potencial
	- Olor	EX, efecto potencial
	- Contaminación de acuíferos	EX, efecto potencial
	- Incremento en la contaminación del río seco	EX, efecto potencial
	- Hábitat terrestre	EX, efecto potencial
	- Vegetación natural	EX, efecto potencial
Calidad de agua de acuíferos	- Salud pública	EY, efecto circunstancial
	- Contaminación de acuíferos	EX, efecto potencial
	- Incremento en la contaminación del río Seco	EY, efecto circunstancial
	- Hábitat terrestre	EX, efecto potencial
	- Vegetación natural	EX, efecto potencial

La tercera matriz es el resumen de la interacción de la primera con la segunda (para la actividad correspondiente) y se llena ésta considerando el tipo de efectos identificados en la segunda.

Habiendo identificado ya los efectos y conociendo las actividades que ocasionan estos se estipula el tipo de impacto ocasionado al factor ambiental afectado.

Para nuestro caso el resultado es el siguiente:

ACTIVIDAD DEL PROYECTO IMPACTO	FACTORES DE IMPACTO	TIPO DE
Acopio y Tratamiento de La Basura.	- Contaminación del Suelo. ....	A
	- Contaminación de Acuíferos.....	A
	- Hábitat Terrestre. ....	A
	- Vegetación Natural. ....	A
	- Estética. ....	A
	- Olor. ....	m
	- Incremento en la Contaminación del Río Seco. ....	M
	- Salud Pública. ....	B

Donde:

A: Impacto Adverso significativo

m: Impacto Adverso no Significativo.

M: Impacto Adverso Significativo, se ha detectado medida de mitigación.

B : Impacto Benéfico Significativo.

A continuación se presenta el desarrollo de una serie de matrices en las cuales se evalúa los efectos que se producirán al implementar el relleno sanitario.

CAMBIO EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES		PRIMERA MATRIZ														
		ACTIVIDADES BÁSICAS DEL PROYECTO														
		CONSTRUCCION							OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO							
		1.- MEJORA DE VIA DE ACCESO EXTERNA	2.- DESMONTE Y DESCAPOTE DEL SITIO	3.- CONTRUCCION DE OBRAS DE PROTECCION	4.- CONSTRUCCION DE VIAS DE ACCESO EXTERNA	5.- CONSTRUCCION O PREPARACION DE TERRAZAS	6.- CONSTRUCCION DE DRENAJES PARA LIXIVIADOS	7.- EVACUACION DE GASES	8.- DISPOSICION Y TRATAMIENTO DE LA BASURA	9.- DESCARGA Y TRATAMIENTO DE LIQUIDOS LIXIVIADOS	10.- EVACUACION DE GASES	11.- CONSTRUCCION DE CASETA E INSTALACION SANITARIA				
INCIDENCIA DE LAS ACTIVIDADES BÁSICAS DEL PROYECTO EN LOS PROBABLES CAMBIOS FÍSICOQUÍMICOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL SITIO: X: CAMBIO POTENCIAL Y: CAMBIO CIRCUNSTANCIAL I: CAMBIO INCIERTO	FÍSICO-QUÍMICO	TIERRA	1. REMOCION VEGETATIVA	I	X	X	X								X	
			2. REMOCION DEL SUELO SUPERFICIAL	X	X	X	X								X	
			3. EROSION	Y	X		Y								I	
		AGUA	4. CALIDAD DEL SUELO	I			I	X	X	X	X	X				
			5. USO POTENCIAL DEL SUELO	I		X		X	X							
			6. HUNDIMIENTOS				I	Y	Y	Y	Y				I	
			7. SISMICIDAD					I								
	8. CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL					X	X			X	X					
	9. CALIDAD DE AGUA DE ACUIFEROS						Y			X	X					
	10. CARACTERÍSTICAS DEL DRENAJE		X	X	X	Y	X									
	11. VARIACIONES DEL FLUJO		X	X	X	X	X									
	ATMOSFERA	12. CLIMA		X									Y			
		13. CALIDAD DEL AIRE								Y	Y	X				
		14. VISIBILIDAD										X				
		15. RUIDO	I	X												



## SEGUNDA MATRIZ

INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES:  EX: EFECTO POTENCIAL EY: EFECTO CIRCUNSTANCIAL EI: EFECTO INCIERTO			CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES FISICO QUIMICAS																	
			ALTERACIONES DE LA TIERRA							AGUA				ATMOSFERA						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
ACTIVIDAD N° 2: Desmante y descapote			Remoción vegetativa	Remoción de suelo superficial	Erosión	Calidad del suelo	Uso potencial del suelo	Hundimiento	Sismicidad	Calidad del agua superficial	Calidad de agua en acuíferos	Características del drenaje	Variaciones del flujo	Clima	Calidad del aire	Visibilidad	Ruido			
			FACTORES AMBIENTALES	EFFECTOS	TERRESTRE	1. Agricultura														
2. Pastos	EX																			
3. Estética																				
4. Cambios en los Patrones Naturales de Drenaje	EX	EX				EX								EX	EX					
5. Contaminación del Suelo																				
6. Tenencia de la Tierra																				
7. Economía Regional																				
8. Empleo de Mano de Obra	EX	EX						EX	EX											
9. Infraestructura y Servicios Regionales																				
10. Salud Pública																				
11. Estilo y Calidad de Vida																				
12. Educación																				
13. Recreación																				
ECONOMICOS	ATMOSFERA	14. Contaminación en el Aire																		
		15. Olor																		
	ACUATICO	16. Contaminación de Acuíferos																		
		17. Incremento en la Contaminación del Río																		
		18. Estética																		
		19. Habitat Terrestre		EY												EX				
EFFECTOS ECOLOGICOS	COMUNIDADES	20. Habitat Acuático																		
		21. Vegetación Natural		EX									EX	EX	EX					
		22. Vegetación Comercial																		
		23. Fauna de Interés Comercial																		
		24. Fauna Silvestre																		



## SEGUNDA MATRIZ

INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES:  EX: EFECTO POTENCIAL EY: EFECTO CIRCUNSTANCIAL EI: EFECTO INCIERTO			CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES																
			FISICO QUIMICAS																
			ALTERACIONES DE LA TIERRA							AGUA				ATMOSFERA					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
ACTIVIDAD N° 6: Construcción de drenaje para lixiviados			Remoción vegetativa	Remoción de suelo superficial	Erosión	Calidad del suelo	Uso potencial del suelo	Hundimiento	Sismicidad	Calidad del agua superficial	Calidad de agua en acuíferos	Características del drenaje	Variaciones del flujo	Clima	Calidad del aire	Visibilidad	Ruido		
			FACTORES AMBIENTALES	EFFECTOS SOCIOECONOMICOS	TERRESTRE	1. Agricultura													
2. Pastos																			
3. Estética																			
4. Cambios en los Patrones Naturales de Drenaje																			
5. Contaminación del Suelo																			
6. Tenencia de la Tierra																			
7. Economía Regional																			
8. Empleo de Mano de Obra																			
9. Infraestructura y Servicios Regionales																			
10. Salud Pública																			
11. Estilo y Calidad de Vida																			
12. Educación																			
13. Recreación																			
ECONOMICOS	ATMOSFERA	14. Contaminación en el Aire																	
		15. Olor																	
		16. Contaminación de Acuíferos																	
EFFECTOS ECOLOGICOS	COMUNIDADES	HABITAT		17. Incremento en la Contaminación del Río															
				18. Estética								EX							
				19. Habitat Terrestre				EY	EX			EX							
		20. Habitat Acuático									EX								
		21. Vegetación Natural					EY				EX								
EFFECTOS ECOLOGICOS	COMUNIDADES	22. Vegetación Comercial																	
		23. Fauna de Interés Comercial																	
		24. Fauna Silvestre																	





## SEGUNDA MATRIZ

INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES:  EX: EFECTO POTENCIAL EY: EFECTO CIRCUNSTANCIAL EI: EFECTO INCIERTO			CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES FISICO QUIMICAS																	
			ALTERACIONES DE LA TIERRA							AGUA				ATMOSFERA						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
ACTIVIDAD Nº 8: Acopio y tratamiento de los desechos			Remoción vegetativa	Remoción de suelo superficial	Erosión	Calidad del suelo	Uso potencial del suelo	Hundimiento	Sismicidad	Calidad del agua superficial	Calidad de agua en acuíferos	Características del drenaje	Variaciones del flujo	Clima	Calidad del aire	Visibilidad	Ruido			
			FACTORES AMBIENTALES	EFECTOS SOCIOECONOMICOS	TERRESTRE	1. Agricultura														
2. Pastos																				
3. Estética									EY											
4. Cambios en los Patrones Naturales de Drenaje																				
5. Contaminación del Suelo							EX					EX								
6. Tenencia de la Tierra																				
7. Economía Regional																				
8. Empleo de Mano de Obra																				
9. Infraestructura y Servicios Regionales																				
10. Salud Pública														EY						
11. Estilo y Calidad de Vida																				
12. Educación																				
13. Recreación																				
ECONOMICOS	ATMOSFERA	14. Contaminación en el Aire																		
		15. Olor																		
		16. Contaminación de Acuíferos					EX		EY		EX	EX								
		17. Incremento en la Contaminación del Río											EY							
		18. Estética										EX								
EFECTOS ECOLOGICOS	HABITAT	19. Habitat Terrestre					EX					EX								
		20. Habitat Acuático										EX								
	COMUNIDADES	21. Vegetación Natural					EX						EX							
		22. Vegetación Comercial																		
		23. Fauna de Interés Comercial																		
		24. Fauna Silvestre																		



## SEGUNDA MATRIZ

INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES:  EX: EFECTO POTENCIAL EY: EFECTO CIRCUNSTANCIAL EI: EFECTO INCIERTO			CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES FISICO QUIMICAS																	
			ALTERACIONES DE LA TIERRA							AGUA				ATMOSFERA						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
ACTIVIDAD N° 10: Evacuación de gases			Remoción vegetativa	Remoción de suelo superficial	Erosión	Calidad del suelo	Uso potencial del suelo	Hundimiento	Sismicidad	Calidad del agua superficial	Calidad de agua en acuíferos	Características del drenaje	Variaciones del flujo	Clima	Calidad del aire	Visibilidad	Ruido			
			FACTORES AMBIENTALES	EFFECTOS SOCIOECONOMICOS	TERRESTRE	1. Agricultura														
2. Pastos																				
3. Estética																				
4. Cambios en los Patrones Naturales de Drenaje																				
5. Contaminación del Suelo																				
6. Tenencia de la Tierra																				
7. Economía Regional																				
8. Empleo de Mano de Obra																				
9. Infraestructura y Servicios Regionales																				
10. Salud Pública							EY										EX			
11. Estilo y Calidad de Vida																				
12. Educación																				
13. Recreación																				
ECONOMICOS	ATMOSFERA	14. Contaminación en el Aire													EY	EX	EY			
		15. Olor													EY	EX				
EFFECTOS ECOLOGICOS	ACUATICO	16. Contaminación de Acuíferos																		
		17. Incremento en la Contaminación del Río																		
		18. Estética																		
	HABITAT	19. Habitat Terrestre															EX			
		20. Habitat Acuático																		
	COMUNIDADES	21. Vegetación Natural															EX			
22. Vegetación Comercial																				
23. Fauna de Interés Comercial																				
24. Fauna Silvestre																				

## SEGUNDA MATRIZ

INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES:  EX: EFECTO POTENCIAL EY: EFECTO CIRCUNSTANCIAL EI: EFECTO INCIERTO			CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES																		
			FISICO QUIMICAS																		
			ALTERACIONES DE LA TIERRA							AGUA				ATMOSFERA							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
ACTIVIDAD N° 11: Construcción de caseta e instalaciones sanitarias			Remoción vegetativa	Remoción de suelo superficial	Erosión	Calidad del suelo	Uso potencial del suelo	Hundimiento	Sismicidad	Calidad del agua superficial	Calidad de agua en acuíferos	Características del drenaje	Variaciones del flujo	Clima	Calidad del aire	Visibilidad	Ruido				
			FACTORES AMBIENTALES	EFFECTOS SOCIOECONOMICOS	TERRESTRE	1. Agricultura															
2. Pastos		EX																			
3. Estética	EX																				
4. Cambios en los Patrones Naturales de Drenaje																					
5. Contaminación del Suelo																					
6. Tenencia de la Tierra																					
7. Economía Regional																					
8. Empleo de Mano de Obra	EX	EX																			
9. Infraestructura y Servicios Regionales																					
10. Salud Pública																					
11. Estilo y Calidad de Vida																					
12. Educación																					
13. Recreación																					
EFFECTOS ECOLOGICOS	COMUNIDADES	14. Contaminación en el Aire																			
		15. Olor																			
		16. Contaminación de Acuíferos																			
EFFECTOS SOCIOECONOMICOS	ACUATICO	17. Incremento en la Contaminación del Río																			
		18. Estética																			
		19. Habitat Terrestre																			
	HABITAT	20. Habitat Acuático																			
		21. Vegetación Natural		EX	EX																
		22. Vegetación Comercial																			
		23. Fauna de Interés Comercial																			
		24. Fauna Silvestre																			

**TERCERA MATRIZ**

MATRIZ RESUMEN: IDENTIFICA LOS PROBABLES CAMBIOS EN LOS FACTORES AMBIENTALES GENERADOS POR LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS.			ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO																								
			CONSTRUCCION							OPERACION																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11														
<p>A: Impacto Adverso Significativo      a: Impacto adverso no Significativo</p> <p>M: Impacto Adverso Significativo      m: Impacto adverso no Significativo</p> <p>Con medida de mitigación                      Con medida de mitigación</p> <p>B: Impacto Benéfico Significativo      b: Impacto Benéfico no Significativo</p>			MEJORA DE VIA DE ACCESO EXTERNA	DESMONTE Y DESCAPOTE DEL SITIO	CONSTRUCCION DE OBRAS DE PROTECCION	CONSTRUCCION DE VIAS DE ACCESO	CONSTRUCCION O PREPARACION DE TERRAZAS	CONSTRUCCION DE DRENAJE PARA LIXIVIADOS	CONSTRUCCION DE CHIMENEAS PARA EVACUACION DE GASES	ACOPIO Y TRATAMIENTO DE LA BASURA	DESCARGA Y TRATAMIENTO DE LIQUIDOS LIXIVIADOS	EVACUACION DE GASES	CONSTRUCCION DE CASETA E INSTALACIONES SANITARIAS														
FACTORES AMBIENTALES	EFECTOS SOCIOECONOMICOS	TERRESTRE	1	AGRICULTURA																							
			2	PASTOS			A																				
			3	ESTETICA	B	a	b					A												B			
			4	CAMBIOS EN LOS PATRONES DE DRENAJE	m	M		M	M																a		
			5	CONTAMINACION DEL SUELO								A	A														
			6	TENENCIA DE LA TIERRA																							
			7	ECONOMIA REGIONAL	B																						
			8	EMPLEO DE LA MANO DE OBRA	B	B	B	B	B	b	b	B														B	
			9	INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS REGIONALES	B																					B	
			10	SALUD PUBLICA									B												a		
			11	ESTILO Y CALIDAD DE VIDA																							
			12	EDUCACION																							
			13	RECREACION																							
	ECONOMICOS	ATMOSFERA	14	CONTAMINACION EN EL AIRE																			a	A			
			15	OLOR																				A	A	A	
		ACUATICO	16	CONTAMINACION DE ACUIFEROS																				A	A	m	
			17	INCREMENTO DE LA CONTAMINACION DEL RIO		a																		M	M		
			18	ESTETICA																					A		
	EFECTOS ECOLOGICOS	HABITAT	19	HABITAT TERRESTRE	a	M	M	M	M	a													A	M	A	a	
			20	HABITAT ACUATICO																					A		
		COMUNIDAD	21	VEGETACION NATURAL	a	A	a	A	A															A	A	A	a
			22	VEGETACION COMERCIAL																							
			23	FAUNA DE INTRES COMERCIAL																							
			24	FAUNA SILVESTRE																							

Con los resultados de la tercera matriz elaboramos la lista de impactos tanto positivos como negativos, tomando en cuenta la identificación establecida como más importantes los marcados con letras mayúsculas.

#### LISTADOS DE IMPACTOS NEGATIVOS.

- Cambios en los patrones de drenajes.
- Contaminación del aire.
- Contaminación de acuíferos.
- Incremento en la contaminación del río seco.
- Hábitat terrestre.
- Olor.
- Pastos (destrucción de estos).
- Contaminación del suelo.

#### LISTA DE IMPACTOS POSITIVOS.

- Empleo de mano de obra.
- Economía regional.
- Infraestructura y servicios regionales.
- Disminución de enfermedades infectocontagiosas y respiratorias.

## MEDIDAS DE MITIGACIÓN.

En la ejecución de la evaluación de impacto ambiental se identifican los impactos y se predice los efectos adversos sobre el ambiente como consecuencia de la implementación de un proyecto de higiene. Los impactos negativos son los que se deben considerar a la hora del diseño y ejecución del proyecto.

Si los impactos identificado están en contraposición de criterios o políticas de conservación y protección del ambiente, se deben establecer medidas de mitigación, antes que el proyecto inicie su ejecución.

### DEFINICIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN:

Es la aplicación o implementación de políticas, proceso, estrategia, acción, con lo que se pretende eliminar o minimizar los impactos adversos que se presentan durante cada una de las etapas que pertenecen a un proyecto (construcción, operación y finalización).

Con la medida de mitigación se pretende:

- a) Evitar totalmente el impacto.
- b) Minimizar el impacto.
- c) Rectificar el impacto, restaurando el ambiente afectado.

TABLA No.32. CUADRO RESUMEN DE IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION RECOMENDADAS.

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDA DE MITIGACION
CAMBIOS EN LOS PATRONES NATURALES DE DRENAJE.	Establecimientos de barreras vivas, modificación y estabilización de la topografía.
INCREMENTO EN LA CONTAMINACION DEL RÍO SECO.	Control permanente en las lagunas de estabilización, de tal manera que los líquidos lixiviados sean recirculados una vez que cumplan el periodo de retención. Además de una captación, canalización y evacuación de la escorrentía superficial, con el propósito de evitar el paso en los posible de aguas lluvias a través de áreas de operación del relleno.
HABITAT TERRESTRE	Fomento de campañas de reforestación y protección de la fauna.

FUENTE: GRUPO DE TESIS.



CAPITULULO VI  
GÚIA PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

## **6.1 OPERACIÓN.**

La operación adecuada de un Relleno Sanitario Manual es de vital importancia, ya que con esto se evita que éste se vaya a convertir en un botadero a cielo abierto por lo que toda actividad a realizar en el relleno sanitario deberá ser organizada y supervisada de manera estricta con el propósito de que se cumplan los objetivos por los cuales se construye dicho proyecto de disposición final.

Por lo tanto se considera de importancia elaborar un plan de operaciones el cual contemple los siguientes aspectos:

### **6.1.1 Frente de Trabajo.**

Es el área destinada para la descarga de los desechos acarreados por los camiones recolectores, dicha área no tendrá una ubicación permanente dentro del relleno sanitario sino que se moverá cada vez que sea necesario pasar a otra celda. El frente de trabajo tendrá un ancho mínimo de 1.5 veces el ancho del camión, equivalente a 3.5 mts.

El primer frente de trabajo, estará en la terraza No.6 del nivel 979. Los desechos serán esparcidos y compactados con equipo manual (pisones y rodillo), en capas de 20

cm., sellando la celda al final de la jornada con una capa de material selecto de 20 cm.; la compactación de los desechos se hará apisonando contra los taludes del terreno con pendientes de  $30^\circ$  y manteniendo en la superficie de cada celda del 1 % al 2 % de inclinación para facilitar el drenaje de las aguas lluvias. Ver figura No. 28

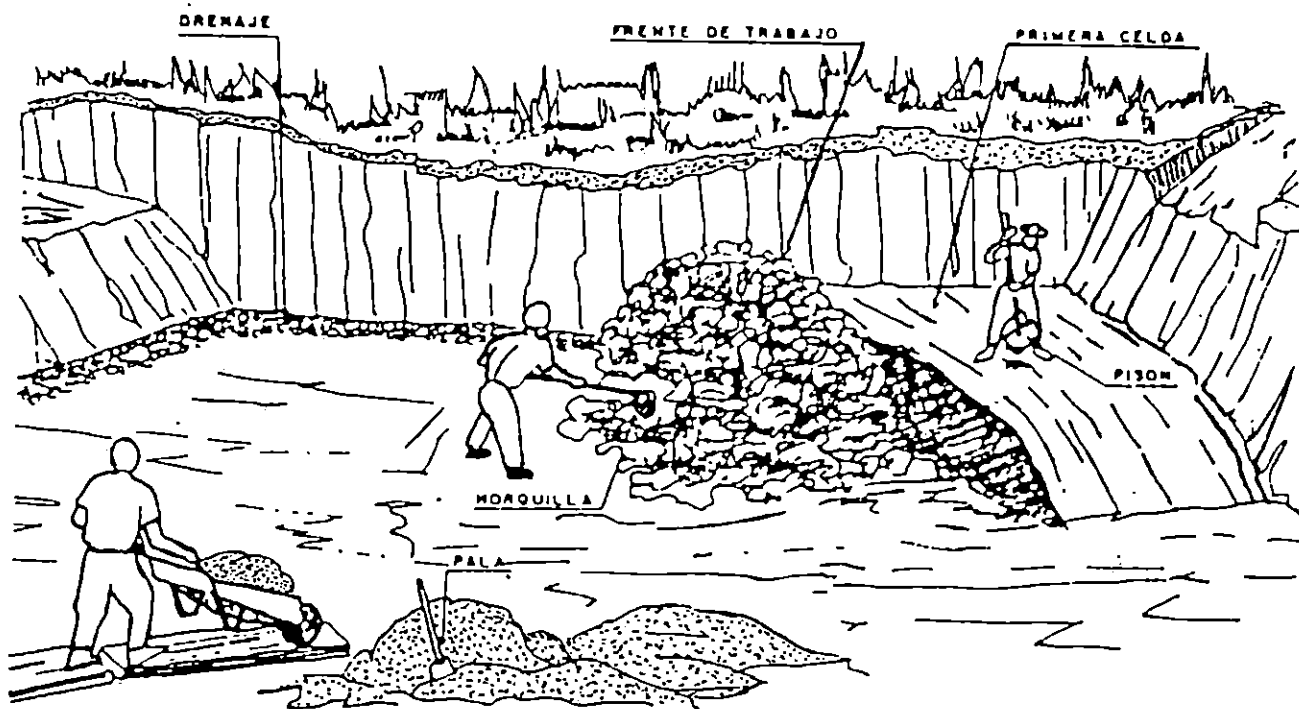


Figura No. 28 Frente de trabajo y detalles de las celdas.

### 6.1.2 Material de Cobertura.

El material de cobertura es muy importante, ya que es lo que diferencia entre un relleno sanitario y un botadero a cielo abierto, la función del material de cobertura es aislar los desechos del medio ambiente y teniendo como objetivos los siguientes:

- Prevenir la proliferación de vectores.
- Evitar el esparcimiento de los desechos por la acción del viento.
- Disminuir la infiltración de aguas lluvias y con esto la cantidad de líquidos percolados.
- Controlar los malos olores.
- Evitar la generación de incendios y presencia de humos.
- Estabilizar el relleno para que sea más transitable.
- Permitir el crecimiento de vegetación.

La cobertura de los desechos se realiza en tres etapas:

- a) Cobertura diaria: En éste tipo de cobertura el espesor de la capa de material es de 20 cm., lo que servirá para controlar el arrastre de papeles y plásticos, controlar la proliferación de vectores y disminuir la infiltración de aguas lluvias.

- b) Cobertura intermedia: Con esta cobertura, se logran los mismos propósitos que con la cobertura diaria, además sirve para el desplazamiento de los vehículos recolectores, da estabilidad a las chimeneas para el drenaje de los gases; por lo que se recomienda un espesor de capa de 30 ó 40 cm., la cual deberá ser colocada cada semana y se deberá controlar de que no se erosione.
- c) Cobertura final: Esta deberá tener un espesor mínimo de 60 centímetros, de los cuales 40 serán de material selecto y los restantes 20 centímetros de materia orgánica (tierra negra), con el fin de que facilite el crecimiento de vegetación.

La cobertura final será compactada en capas de 15 cm., compactando 30 cm y esperando que se produzcan asentamientos en los primeros tres meses antes de aplicar las capas siguientes; para que al final de la compactación se mantenga estable la cota de 992 m.s.n.a. en la superficie se dejará una pendiente entre el 2 y 4%, no se recomiendan pendientes mayores de 4% porque producirán erosión en el terreno; en los bordes expuestos se mantendrá una relación vertical-horizontal de 1:3, no se debe ser muy exigente con la calidad del material de cobertura ya que el fin de éste es solo evitar que los desechos sólidos queden expuestos y dar mayor estabilidad al relleno; por lo tanto se deberá aprovechar todo el material producto de los cortes y en caso de ser necesario

extraerlo del cerro ubicado en el sector Nor-poniente con el fin de minimizar costos por acarreo de material.

Para poder conocer la cantidad de material de cobertura necesaria, generalmente se calcula como un metro cúbico de tierra por cada 4 ó 5 metros cúbicos de desechos sólidos.

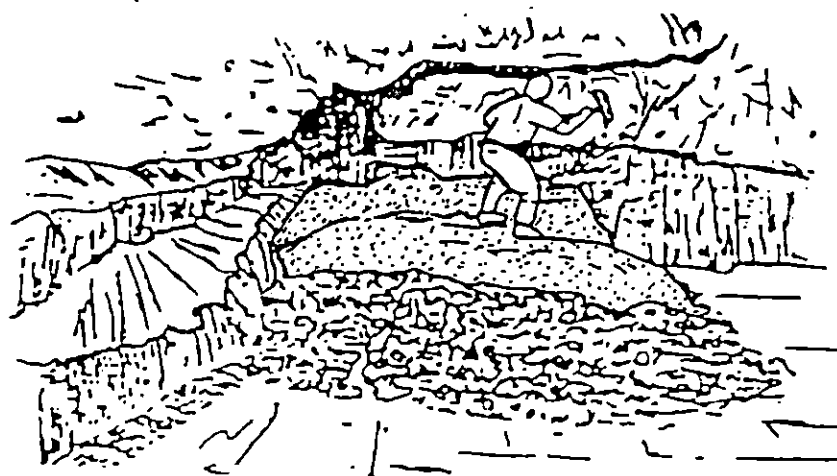
### **6.1.3 Compactación.**

Las densidades alcanzadas en los rellenos sanitarios manuales son relativamente bajas (de 400 a 500 kg/m<sup>3</sup>), ya que las actividades de compactación se realizan con pisonés y rodillos manuales, los cuales se consideran suficientes para este tipo de relleno. No obstante existen otros factores que aumentan la compactación de los desechos en el relleno, entre ellos están:

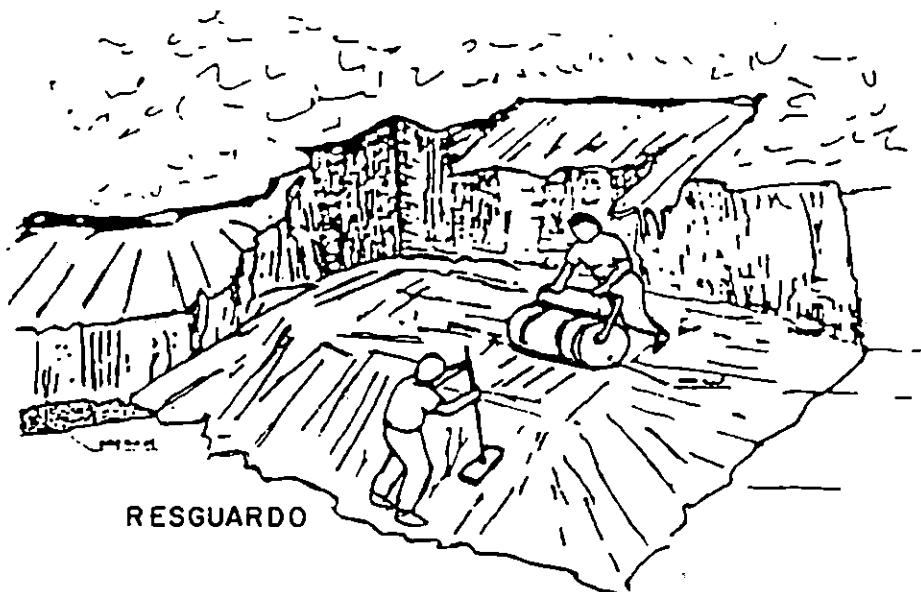
- Tránsito de vehículos sobre las celdas ya terminadas especialmente en la época seca.
- Descomposición de la materia orgánica, la cual se transforma en agua, humus y gases, lo que reduce su volumen haciendo que las celdas superiores compacten debido a su peso a las celdas inferiores.

- Almacenamiento de material de cobertura en las celdas ya terminadas. (Ver figura No.29.)

Además, en periodos secos, es aconsejable esparcir un poco agua sobre la superficie del relleno sanitario, con ayuda de una manguera, para obtener una mejor compactación y evitar la presencia de polvo.



CORTE



RESGUARDO

Figura No. 29 Almacenamiento del material de cobertura.

#### **6.1.4 Vías de Acceso y Procedimientos de Descarga.**

Para una buena operación del relleno sanitario, es necesario mantener las vías de acceso e internas en buen estado, las cuales se les debe dar mantenimiento durante y después de la época lluviosa.

Esta actividad debe ser realizada por una persona responsable (supervisor), a lo largo de la vida útil del relleno sanitario, dicha persona también será encargada de controlar el ingreso de los desechos sólidos, el flujo de los vehículos, así como la descarga en el frente de trabajo.

Cuando ingresen camiones particulares al relleno sanitario (deberán de estar de acuerdo con la municipalidad, ya que se les cobrará por disposición final ya sean particulares o de otras municipalidades; de lo contrario no se les permitirá el ingreso al relleno), el encargado del relleno tendrá la obligación de revisar los desechos a depositar, esto con el fin de evitar el ingreso de desechos peligrosos, ya que el relleno se ha diseñado para dar tratamiento a desechos del tipo residencial y comercial.

Para la descarga de los desechos sólidos en el relleno sanitario se recomienda seguir el siguiente procedimiento, también se llevará un registro de las cantidades de desechos que esta ingresando diariamente al relleno y se explica la forma de como llenar la tabla No 33:



- Los vehículos recolectores se tendrán que reportar en la portería para poder ingresar.
- El encargado del relleno, inspeccionará los vehículos para poder determinar la naturaleza de los desechos.
- Luego de la inspección, se indicará el frente de descarga de los desechos sólidos.
- El camión recolector debe abandonar el relleno sanitario inmediatamente después de haber hecho la descarga de los desechos.

Todo lo anterior deberá aplicarse tanto a camiones del servicio de aseo público como a particulares.

#### PROCEDIMIENTO PARA LLENAR LA TABLA No. 33:

El objetivo principal de este registro, es el de conocer la cantidad de desecho sólido que esta ingresando diariamente al relleno sanitario; lo que nos podría servir de parámetro para evaluar si las unidades están laborando eficientemente, por ejemplo para el camión DODGE que realiza dos viajes al día se puede calcular; cuanto llevo en el segundo viaje y ver si efectivamente esta cubriendo su zona en la jornada diaria de trabajo.

Con este registro diario se formara un archivo de control de ingreso de desechos sólidos. Para llenar la tabla será necesario estar determinando la densidad de los

desechos por lo menos una vez por semana, para poder obtener una densidad promedio mensual con la que se calculará la cantidad de desecho en peso de la basura que esta ingresando. La densidad deberá ser calculada por el supervisor de la siguiente manera: se tomará una muestra representativa de los desechos que se generan en la ciudad llenando un depósito de volumen conocido (1 barril de 55 galones), y pesándolo con los desechos enrasados hasta la superficie, a lo que habrá que descontarle el peso del barril.

Una vez conociendo estos valores la densidad se obtiene de dividir el peso entre el volumen que puede ser expresado en  $\text{kg/m}^3$ , también el supervisor debe de chequear los volúmenes de basura que lleven las unidades recolectoras, esto lo realizará con una cinta métrica donde tomará todas sus dimensiones y encontrará el volumen de basura por viaje, pero antes debe conocer la capacidad volumétrica del camión (volumen del camión vacío), para conocer el porcentaje del volumen total que lleva la basura.

Tabla No. 33 Control de ingreso de desechos sólidos.

Día	Fecha	No. Unidad	Desechos Sólidos		Volumen $\text{m}^3/\text{sem}$	Observaciones
			Volumen $\text{m}^3/\text{dia}$	Densidad $\text{Kg}/\text{sem}$ .		
Lunes						
Martes						
Miércoles						
Jueves						
Viernes						
Sábado						
Total						

FUENTE: GUIA PARA DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES. PAG. 133.

### 6.1.5 Operación en periodo de lluvias.

En la estación invernal, es cuando se presentan los mayores problemas en la operación de los rellenos sanitarios manuales ya que todas las actividades realizadas en éste se ejecutan a la intemperie.

Entre los problemas que podemos enfrentar en este periodo podemos mencionar:

- Dificil acceso de las unidades recolectoras sobre las celdas ya conformadas y posibles atascamientos de los camiones, debido a que la densidad que se alcanza en compactaciones manuales es baja y el suelo se encuentra con un contenido de humedad bastante alto.
- Problemas para la extracción y acarreo (manual en carretillas) del material de cobertura, así como dificultad para la conformación de las celdas lo que da origen a un menor rendimiento de la mano de obra.
- Algunas veces existen lluvias persistentes en la zona del relleno o cuando se dan temporales, solo es posible descargar la basura y el material de cobertura en las terrazas quedando sin efectuarse la compactación de la basura; lo que trae como consecuencia el deterioro estético del relleno, presencia de basura dispersa y aparecimiento de vectores; si no se toman las medidas apropiadas a tiempo.

- Mayor producción de líquidos lixiviados debido a que la lluvia cae directamente sobre las áreas rellenas.

Para poder contrarrestar los problemas antes mencionados, es necesario tomar las siguientes medidas de prevención:

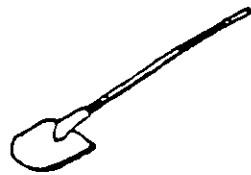
- Se deberá determinar un lugar específico, el cual sea el menos afectado por las lluvias sin problemas de acceso y que se pueda operar en las peores condiciones.
- Se debe de programar la extracción y acopio del material de cobertura de ser posible en periodos secos depositándolo en lugares adecuados y protegiéndolo con plástico, dicho material deberá obtenerse en una cantidad suficiente para que cubra las necesidades del relleno.
- En la época lluviosa se deberá tratar que el avance del relleno sea mas en altura que en extensión, también se debe cubrir la celda en la que se trabajara el día siguiente y la celda en la que se esta trabajando actualmente para evitar el paso del agua lluvia sobre los desechos sólidos y disminuir así la producción de líquidos lixiviados.

### 6.1.6 Herramientas.

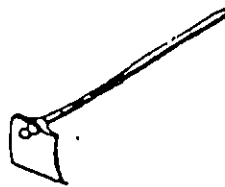
Las herramientas necesarias para la operación del relleno sanitario consisten en empleo de utensilios de albañilería, entre los cuales podemos mencionar: 4 carretillas con llantas de hule, 4 palas, 4 piochas, 2 barras lineales, 2 azadones, 4 pisones de mano, 2 rastrillos y 1 rodillo compactador manuales. Ver figura No.30 y 31.

Esta cantidad de herramientas está en función de los cinco empleados que estarán en el rellano sanitario, que serán los encargados de enterrar los desechos sólidos que llegarán diariamente al relleno, proveniente de la ciudad de San Francisco Gotera.

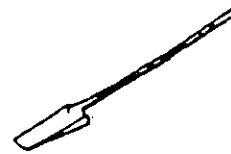
Para el acarreo de material de cobertura o de basura sobre las celdas ya terminadas, se recomienda la colocación de tablonés en forma continua para facilitar el desplazamiento de las carretillas y evitar que se hundan las ruedas especialmente en la época lluviosa, mejorando así el rendimiento de los trabajadores. Ver figura No.32.



PALA



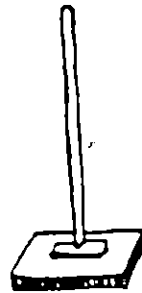
AZADON



SARRA



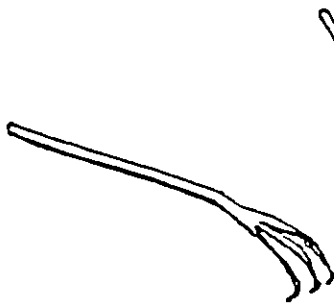
PICA



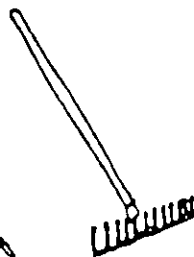
PISON DE MANO



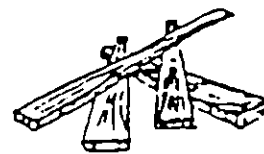
PISON DE MANO



HORQUILLA



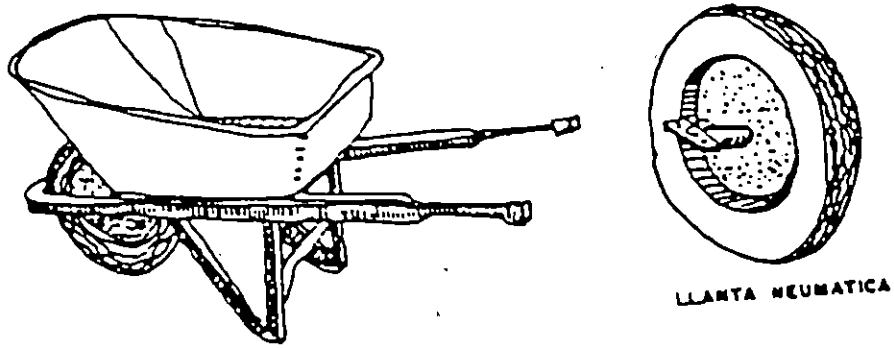
RASTRIILLO



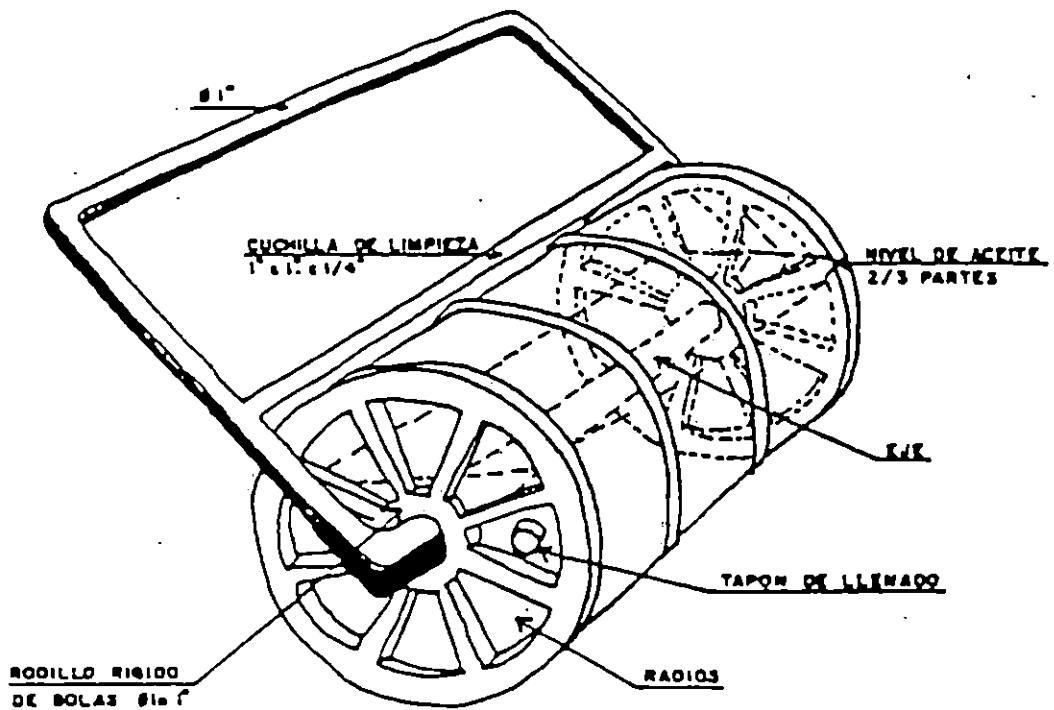
TABLONES

*Herramientas de trabajo*

FIGURA No.30

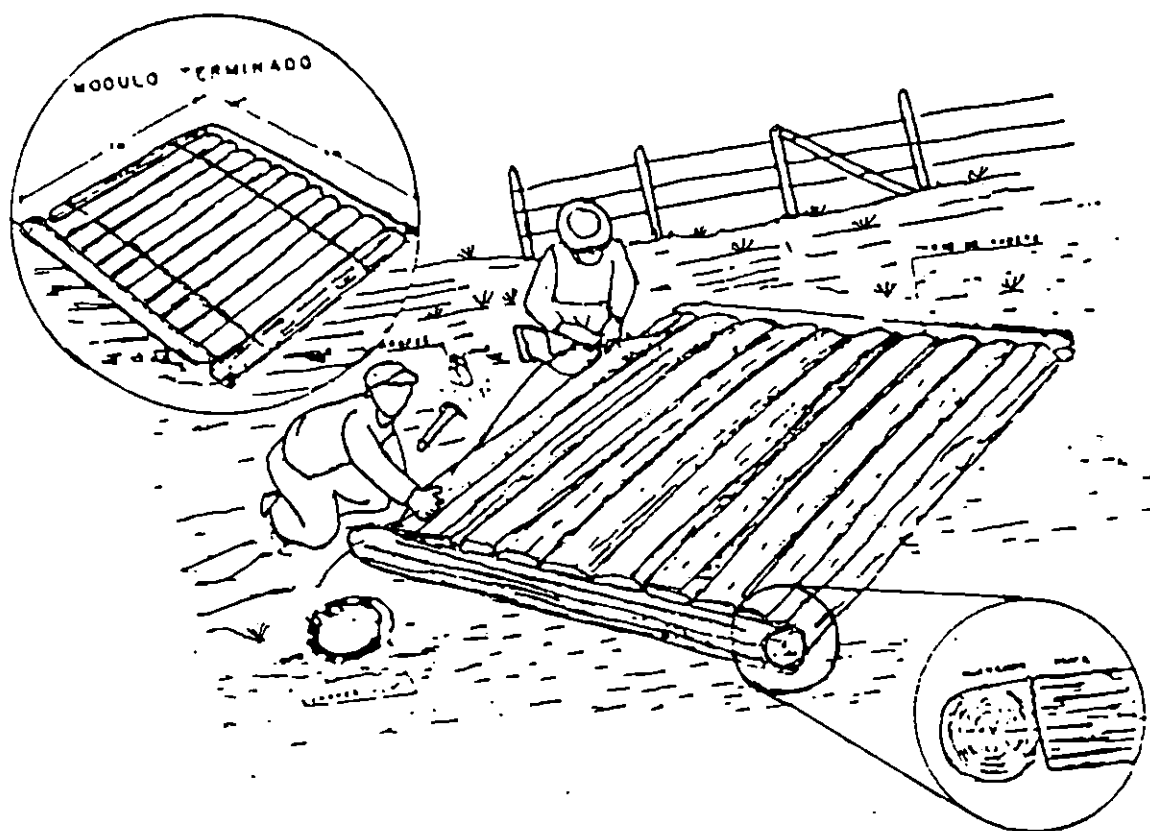


*Carretilla de llanta neumática de 120 litros*



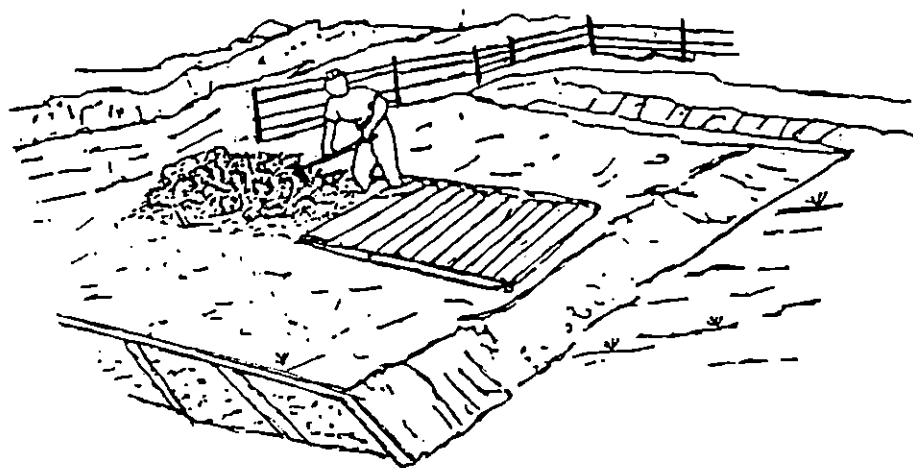
*Barril de 55 galones acondicionado como rodillo compactador*

FIGURA No. 31



*Construcción del módulo para el empalme*

FIGURA No. 32



*Colocar cascajo sobre el módulo*



### 6.1.7 Seguridad de Trabajo.

El manejo de los desechos sólidos es una labor que expone constantemente a los trabajadores a sufrir diversos tipos de accidentes por la manipulación de basura, lo cual da lugar al riesgo de cortaduras por encontrar vidrios rotos o por tener que levantar recipientes a veces demasiado pesados, lo que puede producir un desgaste físico excesivo y en algunas ocasiones desgarramientos musculares, por ello es que se recomienda a la población la utilización de recipientes livianos.

Aparte del riesgo de sufrir accidentes también se tiene el riesgo de contraer enfermedades infecto-contagiosas por el hecho de trabajar con desechos potencialmente contaminados; todo lo anterior se puede dar tanto por negligencia del trabajador como también por el desconocimiento; además de las condiciones en la que se realice el trabajo.

Para evitar los problemas antes descritos, es recomendable elaborar un reglamento de seguridad en el trabajo el cual debe ser observado y autorizado por el inspector de salud de la sección de Saneamiento Ambiental del Hospital de San Francisco Gotera, deberá contemplar como mínimo los siguientes aspectos:

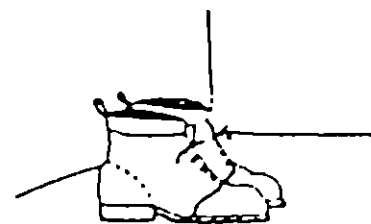
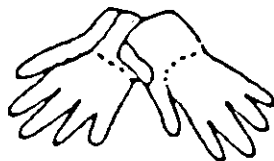
- Los trabajadores deben contar con un equipo consistente en: un par de guantes, botas, mascarilla, y un uniforme. Ver figura No.33.

- No deben de existir jornadas de trabajo mayores de 8 horas, laborando un tiempo efectivo de 6 horas, esto con la finalidad de evitar la fatiga y demasiada exposición a los desechos.
- No ingerir bebidas alcohólicas ni consumir drogas durante la jornada de trabajo, salvo en los casos de prescripción médica.
- Proveer al personal de instalaciones para el aseo y cambio de ropa, con el fin de no transportar cualquier contaminación a sus hogares.
- Deberá contarse con un botiquín de primeros auxilios y al menos uno de los trabajadores deberá ser capacitado para poder dar primeros auxilios.
- Prohibir fumar en el frente de trabajo o cerca de éste, para evitar la generación de incendios.



Overol

Guantes



Botas

**FIGURA. 33**  
*Implementos de protección*

### **6.1.7.1 Reglamento interno sobre la seguridad para la recolección y disposición de la basura.**

#### **Introducción.**

Los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales, han incidido en la conciencia de la sociedad por las consecuencias que estos presentan en algunas ocasiones.

El presente reglamento se enmarca dentro de la Legislación Laboral contenida en el Código de Trabajo en los Art. 265, 266, 53 y 54 en lo que se refiere a Seguridad e Higiene en los centros de trabajo; y tiene como fin proteger la vida, la salud y la integridad de los trabajadores.

El objetivo principal es el de establecer los requisitos mínimos de seguridad e higiene que deben desarrollarse en las labores del sistema de recolección y disposición final de los desechos sólidos, así como también disminuir los riesgos ocupacionales y la frecuencia de los accidentes; debido a las causas directas como son: las condiciones inseguras y actos inseguros (fallas humanas).

**Sección I. Barrido de calles****Art. 1**

El trabajador debe ejecutar la labor del barrido de manera erguida en lo posible y no adoptar posiciones incorrectas.

**Art. 2**

Se prohíbe bromear con los compañeros cuando estén en el desarrollo de sus actividades.

**Art. 3**

No se permitirá laborar al trabajador que se presente bajo la influencia de drogas o en estado de ebriedad.

**Art. 4**

Deberá utilizar en forma correcta el equipo de protección personal, que le sea proporcionado y cuando las circunstancias así lo exijan.

**Art. 5**

Deberá tener la suficiente precaución con el tráfico vehicular, mientras este barriendo o cuando este transportando la basura.

**Art. 6**

Cuando la basura contenga elementos cortopunzantes, vidrios rotos, etc., deberá utilizar guantes de cuero para su manipulación.

**Art. 7**

En época de lluvia o atemporalados deberá utilizar una capa impermeable y botas de hule para su protección.

**Art. 8**

Al finalizar su jornada laboral deberá asearse con agua y jabón, en instalaciones proporcionadas por la municipalidad.

**Art. 9**

No debe lavar su uniforme de trabajo junto con la ropa de la familia.

**Sección II. Recolección de desechos sólidos****Art. 10**

Se prohíbe laborar bajo la influencia de drogas enervantes o en estado de ebriedad.

**Art. 11**

No deberán levantarse en forma individual volúmenes de basura con pesos mayores a 120 libras.

**Art. 12**

Mantener la coordinación necesaria con los compañeros de trabajo, para evitar choques físicos entre ellos; ni se deberá bromear mientras desempeñen sus labores.

**Art. 13**

Se debe de usar el equipo de protección personal, cuando los desechos por sus características así lo exijan.

**Art. 14**

Informar al motorista de las fallas que se observen en las unidades recolectoras.

**Art. 15**

Al final de la jornada laboral deberán asearse en las instalaciones proporcionadas por la municipalidad.

**Art. 16**

Los equipos y uniformes deberán lavarse por separado con la ropa de toda la familia.

**Sección III. Motoristas de las Unidades Recolectoras****Art. 17**

Inspeccionar al inicio de la jornada las unidades, para asegurarse que no fallarán en el transcurso de los recorridos.

**Art. 18**

Deberá desplazarse en los sentidos correctos de las calles y/o avenidas, respetando las señales de tránsito.

**Art. 19**

No debe poseer problemas visuales.

**Art. 20**

No deberá manejar bajo el estado de ebriedad o bajo el efecto de drogas enervantes, fatigas, desvelos, etc.

**Art. 21**

Debe de tener la suficiente capacidad para maniobrar el vehículo y detectar fallas mecánicas.

**Art. 22**

Portará equipo de protección personal y equipo de extinción de incendios.

**Art. 23**

Tomar las precauciones necesarias en tráfico vehicular desordenado, calles angostas, pendientes fuertes, curvas pronunciadas, estados lluviosos, nubes de polvo, etc.

**Art. 24**

Mantener después de cada turno la unidad a su cargo limpia y desinfectada.

## **6.2 MANTENIMIENTO.**

Para que un relleno sanitario opere en óptimas condiciones y no pueda convertirse en un momento dado en un botadero a cielo abierto, es de suma importancia darle un buen mantenimiento a lo largo de su vida útil. Por lo que se propone una guía de recomendaciones para poder alcanzar los objetivos propuestos, donde para lograr lo antes mencionado es necesario tomar en consideración los siguientes factores.

### **6.2.1 Control de Vectores.**

Por lo general los vectores se reproducen de manera acelerada al encontrar un hábitat adecuado para su desarrollo, lo que hace necesario para su control cubrir diariamente los desechos con tierra tratando de tener el menor tiempo posible la basura al descubierto con lo cual se minimiza la acción de roedores, moscas, cucarachas, etc.

En la mayoría de los casos las moscas son llevadas al relleno sanitario a través de los vehículos recolectores, lo que origina que en ocasiones pueda haber abundancia de ellas en el lugar; para estos casos será necesario aumentar la capa de cobertura a un espesor mayor (que podría ser el espesor de la capa de cobertura intermedia 40 cms), con lo que se estaría eliminando la proliferación de insectos y roedores, ya que no es



recomendable la fumigación con insecticida del área del relleno (Ver fig.34), ya que su empleo excesivo no solo origina contaminación en el medio ambiente como por ejemplo la quebrada Portillo Blanco ubicada en el punto mas bajo de la micro-cuenca lo que hace que la escorrentía superficial producto de las precipitaciones drenen hacia ese punto arrastrando el insecticida utilizado en la fumigación, además de ello el empleo de éstos hace que las moscas desarrollen una inmunización al empleo de esos productos.



Figura No. 34. Fumigación para el control de vectores.

### **6.2.2 Control de gases explosivos.**

Para evitar este tipo de problemas, la evacuación de gases deberá realizarse por medio de chimeneas (construidas con barriles perforados de 55 galones llenos de piedra cuarta), las cuales deben evitarse que no sean obstruidas o deformadas, según sea el avance en altura del relleno debido al efecto de asentamiento o al tránsito de los vehículos.

El supervisor o encargado del relleno debe de estar chequeando que el gas extraído por las chimeneas de evacuación de éstos se permanezca quemando continuamente para que la concentración de gas metano, se mantenga por debajo del 25% del LIE (Limite Inferior de Explosividad, es la menor concentración de la mezcla de gases en el aire que produce un flamazo a 25 °C de temperatura y a una atmósfera de presión), en todas las estructuras del relleno.

### **6.2.3 Control de incendios.**

En el área del relleno sanitario donde se este trabajando y alrededor de este, es necesario evitar las quemas de papeles, cartones o cualquier otro material inflamable; ya que sabemos que por la descomposición de la basura se produce metano un gas que es

combustible lo que podría dar origen a un incendio en la zona del relleno. Aparte de esto esta practica degrada el aspecto estético del relleno y da la impresión a las personas de que es un botadero a cielo abierto.

#### **6.2.4 Control del polvo.**

El polvo es uno de los factores que más afectan la salud de los trabajadores así como a los vecinos del área del relleno, por que puede causar irritaciones en la vista así como también en las vías respiratorias, además de que causa deterioro en las maquinas.

Para poder contrarrestar estos efectos es recomendable un riego periódico de agua en las vías de circulación internas, ya que debido al paso de las unidades recolectoras el área donde se levanta la mayor cantidad de partículas de polvo; sumando a esto la acción del viento sobre el suelo, también el material de cobertura que se haya cortado en la conformaciones de las terrazas deberá permanecer cubierto con plásticos para evitar que el viento lo riegue en las áreas de trabajo, afectando así la labor de los trabajadores.

### 6.2.5 Control del material disperso.

El principal fin de controlar el material disperso, es el de evitar la mala apariencia estética que da en el relleno sanitario, además de que los desechos quedan esparcidos en lugares que no son las áreas de trabajo (celdas diarias); la basura que ha sido regada debido a la acción del viento, que haya sido transportada por las ruedas de las unidades recolectoras o cualquier otra causa que la transporte a cualquier otro lugar que no sea el frente de trabajo diario; se deberán mantener limpias las zonas adyacentes a éste siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Los papeles y plásticos arrastrados por el viento se recogerán, al término de la jornada diaria por uno de los trabajadores utilizando un saco y los depositara en el sitio donde se construye la celda. (Ver figura No. 35)
- Colocar mallas móviles cerca de los lugares de descarga y en la dirección predominante de los vientos, estas deberán limpiarse continuamente de los residuos acumulados para que sean funcionales y serán construídas con malla de tipo tela de gallinero clavadas sobre regla pacha y marcos de costanera, con una longitud de 10 mt, ya que el largo o avance de las celdas diarias es de 9.28 mt; la altura de las mallas deberá ser de 1.25 mt esto debido a que el alto de la celda es de 1.0 mt, estas cercas se moverán según el avance de las

celdas dentro de la terraza e igual que el frente de trabajo diario; no tendrán un lugar fijo dentro del relleno.

- Prohibir a las unidades recolectoras que ingresen al relleno con sus cargas al descubierto, por que esto provoca que se caigan algunos desechos de los camiones en las vías de circulación internas y en el acceso principal del relleno así como también en la portería lo que da una mala imagen desde la llegada a él.
  
- El frente de trabajo será planeado de tal forma que los desechos sólidos se depositen en contra de la dirección del viento prevaleciente para que los papeles volantes sean empujados hacia el frente de trabajo. (Ver figura No. 36)

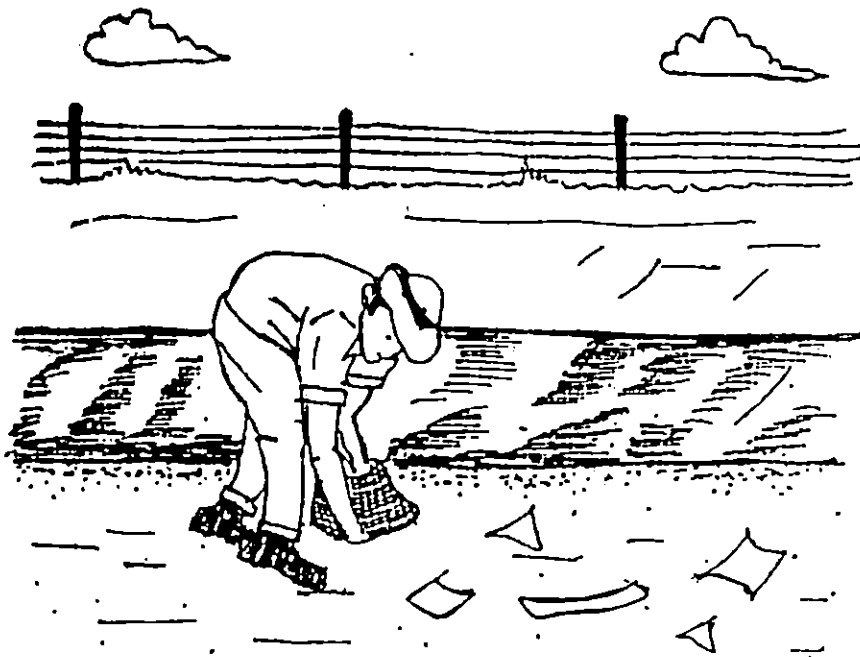


Figura No. 35. Recolección del material disperso al final del día.

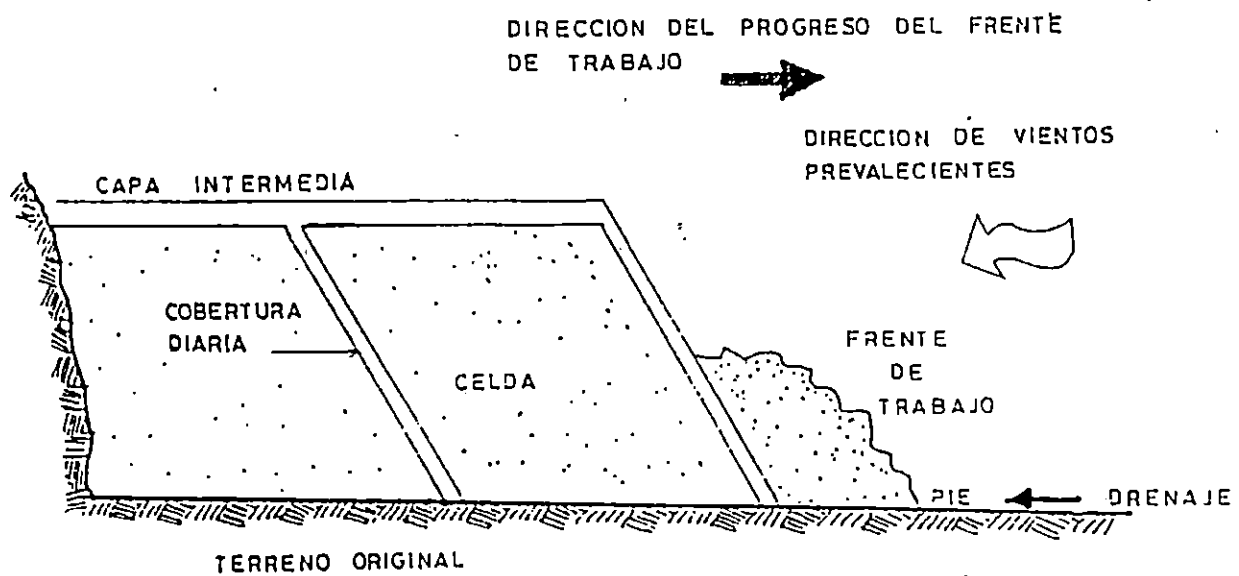


Figura No. 36. Posición del frente de trabajo.

### **6.2.6 Contaminación de las aguas superficiales.**

Para evitar la contaminación de las corrientes de agua naturales, así como el caso de la quebrada Portillo Blanco es necesario mantener en buen estado el drenaje pluvial periférico (canaleta perimetral). Asimismo el frente de trabajo deberá tener drenaje para evitar atascamiento de los vehículos recolectores que ingresen al relleno.

### **6.2.7 Control de desechos peligrosos.**

Como en la ciudad de San Francisco Gotera, no existen industrias (como se pudo observar en la tabla No. 2, "composición de inmuebles de la ciudad" en la sección del diagnóstico de aseo público al inicio del documento capítulo II); el relleno sanitario que se construirá, estará destinado para la disposición final de desechos domiciliarios y comerciales únicamente, por lo que el supervisor será el responsable directo de el chequeo de unidades de origen particular que lleguen a depositar basura, ya que los equipos propiedad de la municipalidad no presentaran este tipo de problemas.

Pero para tener una idea más clara de cuales son a continuación se describen algunos de ellos. Los desechos peligrosos son llamados de este nombre por que representan un alto grado de peligrosidad para la salud de la población. Generalmente se conocen con la sigla C.R.E.T.I.B., donde:

- C : Corrosivos: Son desechos que contienen sustancias con alcalinidad arriba de nueve y abajo de seis.
- R : Reactivos: Contienen sustancias que producen reacciones al unirse con otros elementos.
- E : Explosivos: Desechos que contienen sustancias gaseosas o a presión y que pueden contener pólvora.
- T : Tóxicos: Desechos considerados como pesticidas, los órganos fosforados, etc.
- I : Inflamables: Desechos que contienen sustancias que con una leve temperatura los puede hacer inflamables.
- B : Biológicos: Son los desechos generados principalmente por los hospitales, las morgues, etc.

Generalmente los desechos peligrosos que se producen en la ciudad de San Francisco Gotera son de carácter biológicos, que son generados principalmente por el Hospital Nacional, pero que son depositados internamente por dicho centro, de la siguiente manera: para la recolección utilizan bolsas de color rojo para los desechos considerados peligrosos (biológicos-infecciosos, cortopunzantes y tóxicos), los cuales son depositados en fosas de sección de 0.6 x 0.6 mt, con profundidad de 2.0 mt dándoles cobertura diaria con tierra las fosas son excavadas dentro de las instalaciones del hospital y para los años siguientes van a adquirir un terreno en el Cementerio Público General, para evitar entregarlos al servicio de aseo público. Para los desechos comunes



(papelería de las oficinas administrativas y los desechos del comedor del hospital, así como de un pequeño cafetín que se encuentra dentro de las instalaciones), son recolectados en bolsas de color negro y son entregados a las unidades recolectoras de la Alcaldía.

El supervisor deberá tener un procedimiento para la detección de desechos sólidos que puedan considerarse como peligrosos; en dicho procedimiento deberán incluirse como mínimo los siguientes aspectos:

- Deberá revisar todos los vehículos privados que lleguen a depositar basura al relleno, para que pueda detectar desechos de carácter peligroso y para que forme un archivo del tipo de basura que está ingresando constantemente al relleno sanitario.
  
- Definir el procedimiento de notificación a las autoridades competentes, en caso de detectar algún vehículo con cargas que contenga desechos peligrosos. Cuando en el relleno sean detectados desechos peligrosos de cualquier procedencia, se debe prohibir el acceso de este a la disposición final y notificar de inmediato a las autoridades; que en este caso sería a los inspectores de salud del Hospital Nacional de San Francisco Gotera del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

### 6.2.8 Monitoreo de la calidad del agua.

El agua, para ser utilizada, requiere de ciertas características que el hombre a través del tiempo a ido calificando como buenas y otras como dañinas, llegando a establecer parámetros de las características físicas, químicas y biológicas del agua.

Para tener la plena certeza de que no se están contaminando los niveles freáticos dentro y en los alrededores del relleno sanitario, es necesario tener un sistema de monitoreo de las aguas subterráneas utilizando un pozo de observación ubicado cerca del mojón No.19, (se utiliza actualmente para consumo humano por cuatro familias) que es donde da inicio la quebrada Portillo Blanco; ya que el suelo presenta características de poca permeabilidad según se vio en el estudio de permeabilidad ( $4.6 \times 10^{-4}$  cm/seg. a  $7.9 \times 10^{-4}$  cm/seg.), esto no garantiza que se puedan percolar líquidos y contaminen el agua subterránea de la zona.

Por lo anterior el chequeo continuo del pozo, debe de dar como resultado todos los datos que den la idea de las condiciones en las que se encuentra el nivel freático aguas abajo del relleno. El monitoreo del agua del pozo debe de realizarse antes de dar inicio las operaciones para tener parámetros de las condiciones actuales de las aguas y evaluar en base a esto si se esta dando algún tipo de contaminación.

### 6.2.8.1 Parámetros de análisis de la calidad del agua.

El relleno sanitario manual, aunque es una obra pequeña, dentro de lo posible debe contemplar entre los controles ambientales, por lo menos el monitoreo de la calidad de las aguas antes, durante su ejecución y una vez terminado, de tal modo que el deterioro de las aguas subterráneas en el entorno puedan ser detectados tempranamente.

Dado que el tipo de desechos sólidos en la ciudad de San Francisco Gotera es básicamente de origen doméstico y comercial, es importante destacar que no es necesaria la impermeabilización de la base del terreno ya que se tiene un suelo Limo-arenoso cementado naturalmente, y el espesor por encima del nivel freático es mayor a dos metros, ya que con estas condiciones se disminuye sensiblemente la probabilidad de que el percolado ingrese a las aguas subterráneas.

Para los análisis de las muestras de agua subterránea cercanas (en el pozo de monitoreo), se pueden hacer los recomendados posteriormente los cuales se harán al inicio de las operaciones, pero para que la municipalidad no incurra en grandes gastos y una vez teniendo estos valores como parámetros solo se estará chequeando el potencial de Hidrogeno (pH); ya que una variación de este valor con respecto al tomado antes de las operaciones es un indicador de algún tipo de contaminación en el nivel freático, y será necesario realizar la evaluación de los otros parámetros, para determinar el contaminante que se esta dando.

Para controlar la calidad del agua en el acuífero, donde se construirá el relleno sanitario, se deben analizar los siguientes parámetros (propuestos por Jorge Jaramillo, en Guía para la construcción, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios manuales):

- Potencial de Hidrógeno (pH)
- Oxígeno Disuelto (OD)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO), mg/l
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), mg/l
- Nitratos, mg/l
- Cloruros, mg/l
- Sulfatos, mg/l

#### **6.2.9 Control de hurgadores de basura.**

En el botadero a cielo abierto que existe actualmente en la ciudad de San Francisco Gotera, que se encuentra ubicado en el lugar conocido como Altos de la Presa; se mantienen un aproximado de quince a veinte personas entre adultos y menores de edad (mas o menos seis de ellos son niños). Estas personas se mantienen permanentemente en el basurero tratando de recuperar objetos que puedan tener algún valor comercial o que puedan ser utilizados por ellos mismos.

Este tipo de actividades dificulta la descarga de los camiones ya que las personas se suben a las unidades obstruyendo la labor de los trabajadores, lo que puede ser causa de accidentes de trabajo además del retraso que causan a los equipos de recolección, por lo que en el relleno sanitario manual, cuando comience a operar y durante toda su vida útil **NO SE PERMITIRAN PEPENADORES.**

Es difícil controlar la presencia de hurgadores de basura en el relleno sanitario, ya que estos pueden ingresar terreno sin ser vistos; por lo que es recomendable mantener una estricta vigilancia en la entrada del relleno sanitario; y será responsabilidad del supervisor el no permitir el acceso de personas no autorizadas a las áreas de trabajo.

Una alternativa de solución que podría promover la municipalidad para evitar este problema y esto deberá realizarlo antes de que comience a operar el relleno sanitario, es la de elaborar programas de reinserción para estas personas dentro de la sociedad, deben de censarse el número de personas que actualmente se encuentra en el basurero y no permitir que sigan llegando mas; ejecutar actividades en las cuales se puedan desenvolver y que les permitan obtener ingresos iguales o mayores a los que obtienen hurgando entre los desechos, como ejemplo podemos citar el caso de la ciudad de San Salvador donde los mismos hurgadores han sido reubicados en el sitio de transferencia de los desechos donde descargan las unidades recolectoras y son pasados a un solo camión que los transporta hacia el relleno sanitario, después de recuperar los objetos potencialmente reutilizables o que se puedan utilizar como materia prima para la

elaboración de nuevos productos a través del reciclaje; lo que se obtiene en este proceso es entregado a los hurgadores, pero a partir de este año, como ya todos se encuentran carnetizados serán trabajadores de la municipalidad.

#### **6.2.10 Control de operaciones.**

Para poder desarrollar bien la obra y lograr los objetivos propuestos es necesario organizar y supervisar las labores, para ello es necesario considerar los siguientes factores:

- Registro del ingreso de los vehículos (Tabla No.33)
- Control del flujo de los vehículos desde la portería.
- Orientación del tráfico y zonas de descarga.
- Supervisar la descarga en el frente de trabajo.
- Supervisar la conformación de las celdas.
- Mantener las herramientas en buen estado así como dotar a los trabajadores de los implementos para su protección.
- Tener vigilancia permanente para evitar el ingreso de animales, así como de personas ajenas al relleno.

## **CAPITULO VII**

### **CLAUSURA Y USO FINAL DEL RELLENO SANITARIO**

## 7.1 CLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO

Para que el relleno sanitario se integre al ambiente natural, después de su vida útil, es necesario que las condiciones finales del mismo, deben tener consideraciones paisajísticas.

La clausura del relleno sanitario constituye una parte crítica al final del proyecto, ya que deben intervenir profesionales expertos en la materia, precisamente por que durante el funcionamiento del relleno sanitario se están controlando los niveles de contaminación y al terminar la vida útil de éste, es lógico que el programa de monitoreo termine, pero las posibilidades de contaminación pueden continuar en algunas áreas, mientras el relleno sanitario se estabiliza.

Desafortunadamente, en nuestro país no hay reglamentos que especifiquen normas y/o criterios que controlen los términos de clausura de un relleno sanitario.

Para el bienestar de la población aledaña al relleno sanitario, se ha establecido un compromiso entre la municipalidad de San Francisco Gotera y el Ministerio de Salud Pública (ver anexo No. 11), en cumplir todos los requisitos de construcción, operación y mantenimiento del relleno sanitario, principalmente el control de los líquidos lixiviados para evitar la contaminación de los recursos; tratando de no convertir el lugar en un botadero de basura a cielo abierto. Al final de la vida útil, el terreno tiene que ser



recuperado y usado para fines de reforestación (parques, canchas de fútbol y basketbol, etc.), recreación, esparcimiento, excluyéndose el uso habitacional, es decir, no se podrá construir ninguna estructura o edificación sobre este terreno.

#### **7.1.1 Acabado final y asentamiento.**

La colocación de la cobertura final y el engramado requieren de gran atención, pues no solo incide en el funcionamiento, sino también en la imagen final del relleno terminado.

Con el transcurso del tiempo, los desechos sólidos se descomponen (parte se transforma en gas y parte en liquido), la tierra de cobertura y la humedad penetra en sus vacíos, asentándolo. Después de dos años, el asentamiento se reduce mucho y prácticamente desaparece a los cinco años. Como el asentamiento no es uniforme, se producen depresiones en la superficie del relleno, donde se acumula el agua durante la época de lluvias, por lo tanto, se deberán de hacer nivelaciones al terreno para procurar tener un buen drenaje.

Una vez concluida la vida útil del relleno sanitario, la Alcaldía Municipal deberá velar para que se le dé el acabado final y el mantenimiento necesario, de tal manera que

el terreno sea utilizado por la comunidad, tal como fue previsto al inicio del proyecto.(ver plano No.8).

Si no se cumple con los requisitos establecidos para la operación y mantenimiento, la población no obtendrá uno de los beneficios (recuperación del terreno) de esta obra de saneamiento básico; por lo que, esto podría ser una causa de rechazo de nuevos sitios para implementar rellenos sanitarios, lo que implicaría ubicaciones más lejanas de las áreas urbanas y por consiguiente aumento en los costos de transporte de desechos sólidos.

#### **7.1.2 Criterios para la clausura.**

El cierre del relleno sanitario, se puede hacer en forma parcial o total, para las cuales se pueden tomar en cuenta los siguientes criterios:

- El supervisor o encargado del relleno sanitario, debe clausurar cada parte del relleno, etapas del método de área, con el objeto de asegurar la salud y ambiente de la población aledaña, en coordinación con el Ministerio de Salud.
- Se debe preparar un “Plan de Clausura” en el que se especifiquen las obras, calendarización, cantidad de desechos sólidos que se recibirán, tipo de cubierta final, etc.: debe ser aprobado por las autoridades Municipales y en Salud.

- Realizar un programa para controlar los vectores. En esta actividad es importante la asesoría de la División de Saneamiento Ambiental de los servicios de salud. Si esta etapa no se realiza, es posible que esos bichos, al no disponer de guarida y alimento (Por el entierro de la basura), emigren a las viviendas vecinas, constituyendo un peligro para la salud de la población.
  
- Hacer pública la clausura final del relleno sanitario por los medios de comunicación, anunciando que ya no se permitirá la disposición de las basuras en el lugar e informar a la comunidad sobre la existencia del nuevo lugar para disposición final de la basura.
  
- Colocar avisos, informando a la ciudadanía las sanciones que se aplicarán a quienes infrinjan las normas dictadas al respecto.
  
- Inspeccionar el lugar terminado del relleno sanitario y recomendar que el sitio no sea usado por lo menos durante los primeros dos años y deberá ser examinado durante ese periodo para poder determinar su comportamiento y estabilidad.
  
- Si el relleno se va a clausurar por etapas; es necesario cubrir cada área que se vaya clausurando con una capa de vegetación, para prevenir la erosión y dar un mejor aspecto estético al lugar.

## **7.2 EDUCACION AL PUBLICO**

### **7.2.1 Participación de la ciudadanía organizada.**

La participación ciudadana es un elemento indispensable para el manejo integral de los desechos sólidos y requiere de una alta dosis de voluntad y de recursos materiales, pero también de un proceso de educación y sensibilización, al necesitar producir un cambio en los hábitos desde el nivel de consumo hasta el manejo de los desechos sólidos dentro y fuera de la casa. También implica la forma de conciencia sobre los costos inherentes en un manejo correcto de los desechos, que se refleja en una disposición de pago por estos servicios.

En el caso de los desechos sólidos, la participación se va desarrollando dentro de un lento proceso que conduce a la población a asumir un papel ciudadano, desde el cual puede ejercer el derecho de intervenir, en un esfuerzo del cual dependen la salud y la calidad de vida de la comunidad donde vive. Esto implica una toma de conciencia de las diversas responsabilidades y deberes para el mantenimiento de un sistema integral que permita el mejor y más saludable manejo de los desechos sólidos.

La participación comunitaria requiere de ciertos elementos que la vuelvan más operativa. En primer lugar, deben existir formas organizativas que representen los

intereses comunitarios y que sean interlocutores legalmente reconocidos entre los ciudadanos y las autoridades municipales.

Pero la dinámica de la participación ciudadana también requiere el involucramiento de las organizaciones gubernamentales que actúan a nivel local. Debido a que estas pueden ejecutar el papel más cercano a las comunidades y los gobiernos municipales si cuentan con una estructura descentralizada, tal es el caso de las unidades de salud y los distritos de educación, lo que posibilita la toma de decisiones más acordes con las características locales y una vinculación mas fluida con la comunidad.

La inclusión en el diseño de programas educativos a través de campañas dirigidas tanto a la población adulta en sus hogares, como a los niños en sus hogares y centros escolares, fortalecerá la educación de los habitantes en el campo del medio ambiente así como en desechos sólidos.

La educación de la población y los elementos técnicos empleados por el sistema permitirán que el problema de la basura sea solucionado en forma integral. Esta es una tarea fuerte cuyos beneficios son a largo plazo, pero con mayor impacto en el problema de la basura.

### 7.2.2 Algunos consejos para los ciudadanos.

- Cuando en su comunidad o colonia se vaya formando un promontorio de basura, avise cuanto antes a la Alcaldía Municipal y procure poner un rotulo prohibiendo que se sigan botando desperdicios en el lugar.
- La Alcaldía Municipal cobra impuesto por la recolección de basura, por lo tanto, si los usuarios pagan y hasta sus lugares de domicilio no llegan a recoger los desechos, deben solicitar que se amplíe la cobertura.
- Si ha pasado algún tiempo, que usted avisó a la Alcaldía Municipal y a pesar de eso no llegan a recoger la basura, denuncie el caso ante el Ministerio de Salud, la Unidad de Medio Ambiente de la P.N.C., o a la misma fiscalía. Estas instituciones tienen el deber de atender esta denuncia.
- Concientize a sus vecinos y amigos sobre lo negativo que es botar la basura en lugares inapropiados. La mayoría de promontorios son creados por personas sin conciencia a las que se le suman otras, es decir este es un problema cultural.
- Promover campañas para mantener limpia la ciudad de San Francisco Gotera, incentivar a la cultura ambiental, proveer depósitos de basura para la limpieza y

salud de las calles y los lugares públicos, ya que son acciones que contribuyen a la protección del medio ambiente.

### **7.2.3 Programa para el mejoramiento del Aseo Público de la ciudad de San Francisco Gotera.**

Para tener un mejor servicio de aseo público, se elaborará un programa que contemplará las siguientes actividades:

#### **a) Reactualizar el registro de las cuentas de los usuarios.**

La alcaldía municipal tiene registrados un total de 2,484 usuarios, a los cuales, el cobro por la prestación del servicio de aseo público se les hace por metro cuadrado de inmueble, incluyendo en un solo recibo el servicio de aseo, alumbrado público y mantenimiento de calles.

Por ésta razón, se hace necesario, la separación de las cuentas para poder conocer los ingresos por cada uno de los servicios prestados, e iniciar un proceso de recuperación del

monto de la mora, que aparece en el estado de cuentas que edita la alcaldía de cada uno de los usuarios.

Además, es necesario que los costos de operación y mantenimiento de los servicios prestados se manejen por separado, de tal manera que se puedan conocer el costo real del servicio.

Elaborar un libro donde se lleve el registro, de todos los gastos de operación y mantenimiento por cada uno de los servicios prestados.

**b) Actualización de las tasas de impuesto del Servicio de Aseo.**

Es necesario preparar una propuesta de cambios en las tasas de impuestos, la cual, deberá ser sometida a aprobación por el Consejo Municipal, los que deberán crear una ordenanza municipal del servicio de aseo público. Cabe mencionar que, las tasas de cobro por el servicio de aseo se incrementarán cuando el relleno sanitario comience a funcionar, debido a que se estará cobrando por la disposición final de los desechos.

La revisión de las tasas y elaboración de las ordenanzas municipales de aseo, podrá ser desarrollado con personal de la alcaldía, solicitando la asesoría del Instituto Salvadoreño para el Desarrollo Municipal (ISDEM), para que a través de la experiencia con otras municipalidades, puedan ayudarles a elaborar dichas ordenanzas.



**c) Creación de la Sección del Servicio de Aseo.**

El servicio de aseo por ser una labor de mucha importancia dentro de la comunidad, es una actividad que necesita estar bajo la dirección de una persona responsable de la sección, que deberá ser como mínimo un técnico que conozca sobre la Administración de los Servicios de Aseo, por lo que se recomienda crear la sección para la prestación del servicio de aseo público e incluirlo como parte del organigrama de la alcaldía municipal.

El personal de campo de esta sección deberá contar con un uniforme distintivo, con equipo de trabajo adecuado como por ejemplo guantes, gorras, zapatos y cinturones elásticos para la protección de la columna, así mismo, proporcionar las instalaciones adecuadas con servicios sanitarios y duchas para asearse después de la jornada diaria de trabajo.

**d) Diseño de rutas de recolección.**

No existe un diseño de rutas de recolección, actualmente el recorrido solo se realiza de acuerdo al criterio del motorista, lo que hace que se estén utilizando mal los recursos con que cuenta la municipalidad.

El técnico encargado de la sección de aseo público, debe diseñar las rutas de recolección a través de un plano actualizado de la ciudad, donde se debe incluir en el mismo diseño la frecuencia de recolección por semana; ya que pasando todos los días los usuarios no se educan en lo referente a cuando deben sacar los desechos, por que si no lo hacen un día, tienen la seguridad de que pasará el día siguiente. Todos los camiones deben de usar una campana para avisar a los habitantes el momento en que va pasando el camión. Todo lo anterior con el objeto de aumentar la cobertura de recolección.

**e) Barrido de calles.**

El barrido de calles se realiza actualmente, solo en dos cuadras del mercado y ocho cuadras de la zona comercial, utilizando dos trabajadores para poder realizar esta actividad lo que da una cobertura de recolección muy baja (17.54%), en la prestación de éste servicio. Por lo que se necesita, ampliar las rutas de barrido de calles contratando mas personal para desarrollar esta actividad, los cuales deben de ser dotados con el equipo necesario e implementos de uso personal. Los uniformes de la cuadrilla de barredores, así como de los demás trabajadores de campo del aseo público pueden ser solicitados a una empresa, como por ejemplo el Banco donde la alcaldía deposita los fondos municipales, a éstos uniformes se les puede estampar el logo de la empresa que los esta patrocinando, para que pueda servirles de publicidad; esto lo realizará la alcaldía con la finalidad de reducir los costos para la dotación de estos implementos.

**f) Elaboración de un programa educativo y convenio entre instituciones.**

De la actitud ciudadana depende el éxito de mantener limpia una ciudad, y para poder implementar un programa de manejo integral de desechos sólidos, es necesario contar con el 100% de la participación ciudadana. Por lo tanto es necesario tomar en cuenta los aspectos expuestos en la sección 7.2 de este estudio, como por ejemplo: acercamiento a la comunidad, educación del público, solicitar el apoyo de instituciones educativas y de salud; así como también el de directivas comunales y/o de barrios y colonias.

Para poder desarrollar todo esto es necesario, realizar dentro de la sección de aseo público un programa de capacitación, para la persona encargada de recibir denuncias por la mala prestación del servicio, para que realice consulta ciudadana, promueva en campañas técnicas de reducción, recuperación y reciclaje de desechos sólidos; con proyectos dirigidos a escuela y colegios.

También se puede realizar un convenio con el Instituto Nacional "14 de Julio de 1875" de la ciudad de San Francisco Gotera, en el que se acuerde entregarle la zona de reforestación del proyecto, sector norte del terreno, para que los estudiantes que estén en periodo de realizar sus horas sociales, trabajen en la construcción de un vivero municipal que sea financiado por la Alcaldía Municipal y administrado por el Instituto.

Dicho convenio puede realizarse para un periodo a largo plazo ya que siempre habrá estudiantes en horas sociales y por lo tanto se puede mantener el vivero funcionando.

La producción anual de plantas, deberán ser donadas a la comunidad en campañas de reforestación, que pueden ser promovidas para las fiestas patronales del municipio o entregadas a los estudiantes al inicio de la época invernal; los árboles pueden ser entregados a cualquier ciudadano que los solicite, y en especial a los niños creando así en ellos una mejor educación ambiental y conciencia de protección de los recursos naturales.

Se propone crear un centro de compost, auxiliados en aspectos técnicos por los estudiantes del Bachillerato Agrícola del Instituto Nacional, y que deberá estar incluido en el convenio mencionado anteriormente. Evaluando la topografía del terreno en el sector norte, se podrán colocar las pilas de compost, dichas obras deberán ser presupuestadas y diseñadas además de elaborar las especificaciones técnicas para su construcción.

**g) Programa del mantenimiento del equipo.**

El equipo utilizado para la prestación del servicio de aseo, debe de ser de uso exclusivo para estas actividades y no ser ocupado para otras como por ejemplo en proyectos de infraestructura, ya que ésta práctica deteriora las unidades lo que vendría a significar una menor eficiencia en la prestación del servicio.

Las unidades no cuentan con un mantenimiento preventivo, y solamente son reparadas cuando fallan, por lo que hace necesario llevar un registro de reparaciones así como el consumo de aceites y combustibles, esto deberá llevarse por separado lo que ampliaría y facilitaría el registro contable de las unidades.

También se debe elaborar un calendario de mantenimiento en las unidades, para llevar un buen control y que éstos puedan estar laborando en las mejores condiciones lo que equivale al buen funcionamiento de éstas y por lo tanto mayores coberturas en la prestación de los servicios.

#### **7.2.3.1 Separación de materiales.**

Esta técnica se realizará con el objeto de la reutilización de los materiales; y para determinar el tipo de desecho a separar, se ha tomado como base los materiales que se desechan en el municipio y que pueden ser reutilizados o reciclados. Entre ellos están:

- 1- Los metales
- 2- El papel
- 3- El plástico
- 4- El vidrio

## 5- Materia Orgánica

### 1- LOS METALES (Específicamente Aluminio y hierro).

Los productores y fabricantes de metales han promocionado activamente el reciclaje desde los años sesenta. El reciclaje tiene sentido desde el punto de vista económico, por varias razones: puede proporcionar una fuente nacional de metales, disminución de la energía necesaria para producirlos, los materiales reciclados son de una composición uniforme y conocida, y las impurezas son separadas fácilmente.

En el caso del aluminio, para fines de reciclaje, se pueden separar todos los objetos desechados como las ollas, cacerolas, picheles, marcos de cama, ventanas, mesas y sillas; manubrios de bicicleta, latas de bebidas gaseosas, cervezas y otras bebidas; bates, perfiles de cielo falso, antenas de televisores, refrigeradoras y otros electrodomésticos, y todos aquellos elaborados de ese material.

Del hierro se pueden separar las piezas de camas, sillas, mesas y otros muebles de hierro; sobrantes de polines y otros derivados de la construcción y demolición como por ejemplo puertas, varillas, alambres, clavos deformados, barriles, piñones, ejes, bancadas de maquinaria, tornillos, arandelas y tuercas deformadas; manivelas, malla ciclón y otros utensilios elaborados de este material.

## 2- EL PAPEL

En base al peso, el papel constituye un componente importante de los residuos sólidos urbanos. Como este porcentaje puede ser grande, el reciclaje del papel representaría una ocasión relativamente fácil para desviarlos del relleno sanitario, con lo que se estaría reduciendo el impacto sobre los bosques, reducir las fibras y el consumo de energía a nivel nacional.

El tipo de papel que podremos separar, es el papel periódico, facturas y copias, papel de fotocopadoras, papel bond, papel de computadoras, revistas, separadores de archivos, cuadernos, folders, libros, libretas, agendas, cartulina y todo aquel papel que pueda absorber líquidos fácilmente y que este libre de contaminantes como grasa, aceite, polvo goma y papel carbón.

## 3- EL PLASTICO

El crecimiento en el uso de los plásticos se ha producido sobre todo en los productos de consumo, ya que los plásticos han sustituido, en gran parte, a los metales y al vidrio como metales para recipientes. Los plásticos, tienen diversas ventajas: son ligeros, y por lo tanto reducen los costos de transporte; son duraderos, y a menudo proporcionan un recipiente más seguro; pueden presentarse en diversas

formas y pueden ser fabricados para que sean flexibles o rígidos y son buenos aislantes.

Por sus diversas utilidades pueden ser objeto de separación todos recipientes desechados como los botes, platos, tapones, material de envoltura, mangueras de jardinería, juguetes y los demás objetos termoplásticos elaborados en poliestileno, polipropileno. No debe incluirse en estos aquellos que se encuentran mezclados con concreto y/o asfalto; y plásticos no procesables llamados termofraguantes como la melamina, formal de hído de urea y fenol formal de hído; en el que se incluyen, productos laminados, ruedas de esmeril, cajas moldeadas, clavijas eléctricas, tapones de botella, perillas, mangos de cuchillos, botones, cadenas, teléfonos, interruptores, formica, etc.

#### 4- VIDRIO

Las ventajas de reciclar el vidrio, incluye: la reutilización del material, ahorros de energía. Estos materiales son los menos generados en la ciudad, y se podrán separar todos objetos como los botes, botellas y todos los depósitos elaborados de vidrio que puedan utilizarse, como por ejemplo: envases de encurtidos, salsas, jaleas, aceites, dulces, etc.



Debe aclararse que la separación de estos materiales debe darse solamente en aquellos que se encuentran en perfectas condiciones dado que su objetivo final es ser utilizados nuevamente como depósitos; por lo tanto no se debe de incluir aquellos materiales que están quebrados.

#### 5- MATERIA ORGANICA.

La materia orgánica constituye el 95% del total de desechos sólidos generados por la ciudad de San Francisco Gotera, por lo que puede separar con el objeto de desarrollar una compostera, que consiste en convertir la materia orgánica en un componente bioquímicamente inactivo llamado compost. Se puede decir, que el compost es un material que se obtiene por la acción microbiana controlada, donde se utilizan los desechos orgánicos como materia prima.

El proceso de composteo es semejante al de la naturaleza para renovar el suelo, es por eso que en el relleno sanitario, se implementará una compostera en el área de reforestación del terreno, la cual servirá como fuente para el mejoramiento de los suelos de la zona, y que puede ser desarrollada con la colaboración de los estudiantes del bachillerato Agrícola del Instituto Nacional de San Francisco Gotera.

Como técnica de procesamiento de los desechos orgánicos urbanos generados por la ciudad de San Francisco Gotera, el compostaje ofrecerá las siguientes ventajas:

- Es la única técnica operativa actual para reutilizar la materia orgánica.
- Es adecuada para manejar principalmente los desechos provenientes de vegetales, madereras, cárnicos, etc.
- Se complementa generalmente con otros procesos como el de recuperación de materiales, entre otros.
- Mejoramiento de los suelos de la zona.
- Se puede implementar esta técnica con la ayuda del Bachillerato Agrícola impartido por el Instituto Nacional de San Francisco Gotera.

obtengan puedan ser entregadas a instituciones educativas y al público en general para promover campañas de reforestación en la zona. Cuando todo esto este concluido la Alcaldía procederá en acto público a la entrega del terreno a la comunidad.

**CAPITULO VIII**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 8.1 CONCLUSIONES.

- 1- El aseo público del municipio de San Francisco Gotera, es deficiente en cuanto a las siguientes actividades: No existe una planificación técnica para la prestación del servicio, las rutas del barrido de calles son muy reducidas. La cobertura de recolección es buena (88.84%); pero puede alcanzarse el 100%, ya que se cuenta con el equipo suficiente para la recolección.
- 2- El sistema de cobro actual no permite captar el 100% de los ingresos que se deberían percibir, por lo que existe un déficit del 22.1%, entre lo ingresado y la recaudación estimada por la prestación del servicio; esto debido a un proceso de facturación y cobranza inadecuado, ya que la información contable no está diseñada para el manejo de cuentas separadas y en un solo recibo se incluyen: Aseo Urbano, Alumbrado Público y Mantenimiento de calles.
- 3- El botadero actual utilizado por la ciudad de San Francisco Gotera, no es un método sanitario para la disposición de la basura, por lo que se debe de hacer un cierre sanitario; por que genera inconvenientes y problemas de salud haciendo necesario un cambio radical de dicho sistema, como el relleno sanitario manual que es un método que esta al alcance del municipio, debido a que no requiere grandes recursos técnicos ni financieros para su funcionamiento.

- 4- No se necesita impermeabilizar los niveles de desplante de las terrazas con arcilla, en base a los estudios de suelos y permeabilidad, en donde dio como resultado el rechazo de resistencia a la penetración y una tasa de infiltración que varía en el rango de  $4.6 \times 10^{-4}$  y  $7.9 \times 10^{-4}$  (cm/seg), clasificándolo como un suelo poco permeable, además el suelo (arena limosa SM), se considera “aceptable” en cuanto a su trabajabilidad para utilizarlo como material de cobertura.
- 5- La vida útil del relleno podría incrementarse un poco, si se educa al público y se impulsan programas básico-fundamentales que incluyan: la reducción de desechos, recuperación y reciclaje de materiales.
- 6- La implementación del relleno sanitario manual en la ciudad de San Francisco Gotera, tendrá impactos positivos en salud pública, como por ejemplo, la reducción de enfermedades gastrointestinales y respiratorias, así como también el mejoramiento proporcionado a la comunidad (Cantón El Triunfo, Caserío Los Gómez), siendo esto la terminación de una obra de paso (puente sobre el río Seco), y el mejoramiento continuo de la calla a dicho cantón.

## 8.2 RECOMENDACIONES.

Para el sistema actual de Aseo Público se recomienda lo siguiente:

- 1- Crear una sección de desechos sólidos y de limpieza, que cuente con un personal capacitado para la gestión del servicio de aseo público.
- 2- Debe de haber un diseño de rutas de recolección para las unidades en servicio, con el propósito de ampliar y mejorar la cobertura de recolección, en base a un plano actualizado de la ciudad.
- 3- Que se diseñe un sistema de barrido de calles, con una sección uniformada que cumpla con las exigencias de la población y al pago por el servicio prestado.
- 4- Elaborar un sistema de cobro adecuado y actualizado (con una periodicidad mensual), que permita captar el 100% de los ingresos de los servicios prestados por la Alcaldía.
- 5- El primer paso para una buena apertura, operación y funcionamiento del relleno sanitario, es la clausura y el cierre del botadero actual o cualquier otro de carácter informal que exista en la ciudad.

- 6- El relleno sanitario manual, que se pretende construir, ha sido diseñado exclusivamente, para el municipio de San Francisco Gotera, por lo tanto, no se pueden vender servicios a otras municipalidades cercanas (San Carlos, Divisadero, Jocoro, Lolotiquillo, Chilanga, Yoloaiquin, etc.), ya que iría en detrimento de la vida útil del relleno para la cual fue calculado.
- 7- Elaborar campañas educativas a través de las cuales se enseñe a la población la forma adecuada de almacenamiento domiciliar de los desechos sólidos, trabajando en acción conjunta con el Departamento de Saneamiento Ambiental, del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
- 8- Promover la elaboración de compost para incrementar la vida útil del relleno sanitario, y producir abono orgánico para su comercialización o utilización en los viveros propios de la Alcaldía.
- 9- Una vez finalizada la vida útil del relleno se recomienda colocar un rotulo, con el nombre de la obra, parque o campo deportivo como uso final (después de 20 años de finalizado), indicando que se construyó sobre un relleno sanitario.
- 10- El botadero a cielo abierto que actualmente utiliza la municipalidad, no es un



método de disposición final sanitario; por lo que se recomienda su clausura a medida se implemente el nuevo relleno sanitario manual y que ha sido sugerido por los inspectores de salud de la Departamental de Salud de Morazán.

**BIBLIOGRAFIA.**

JARAMILLO, JORGE A.

GUIA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACIÓN DE RELLENOS  
SANITARIOS MANUALES

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (O. P. S.)

WASHINGTON D. C. SEPTIEMBRE DE 1,991.

TCHOBANDGLOUS GEORGE – THEISEN HILARY – VIGIL A. SAMUEL

GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, VOLUMEN I Y II.

Mc GRAW-HILL. FEBRERO DE 1,998.

UMAÑA GRANADOS, JUAN GUILLERMO

EVALUACION Y SELECCIÓN DEL SITIO PARA RELLENO SANITARIO DE LA  
MICROREGION DE JUAYUA.

JULIO DE 1,998.

UMAÑA GRANADOS, JUAN GUILLERMO

ESTUDIO DEL SISTEMA DE ASEO PUBLICO DE LA CIUDAD DE  
CHALCHUAPA.

ENERO 1,999.

UMAÑA GRANADOS, JUAN GUILLERMO  
APUNTES DE CATEDRS DE INGENIERIA SANITARIA Y SANEAMIENTO  
AMBIENTAL  
U. E. S. 1,998.

MIDES S. E. M. DE C. V.  
MANEJO INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS DEL GRAN SAN SALVADOR  
CINTEC. TREDI.

GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR  
PLAN MAESTRO DE DESARROLLO Y APROVECHAMIENTO DE LOS  
RECURSOS HIDRICOS. DOCUMENTO BASICO No. 9  
RECURSOS Y DEMANDAS POTENCIALES DE LA REGION HIDROGRAFICA H  
ENERO DE 1,981.

ECHEGOYEN BLANCO, BERNARDO VITELIO  
FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO PARA  
LA CIUDAD DE ILOBASCO.  
TESIS - U. E. S.  
CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE DE 1,995.

MOYA TURCIOS, GUILLERMO  
PROPUESTA PARA LA CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE RELLENO  
SANITARIO PARA LA DISPOSICION FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS DEL  
MUNICIPIO DE SAN MIGUEL.  
TESIS - U. E. S.  
CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 1,995

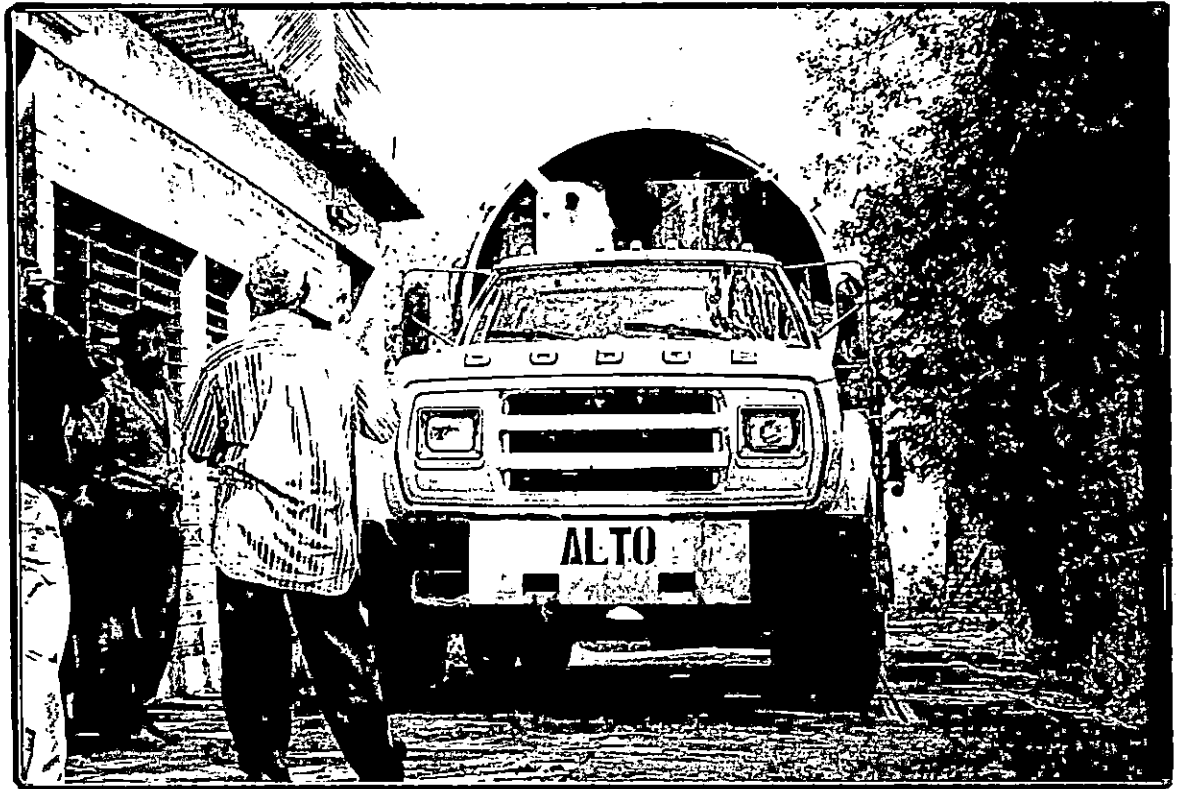
REVISTA ASIA No. 116  
INGENIERIA Y ARQUITECTURA COMO FACTORES DEL DESARROLLO.  
SAN SALVADOR, JUNIO DE 1,995

FIGUEROA ABREGO, NUVIA IVONNE  
DISEÑO PARA UN SISTEMA PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS  
DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.  
TESIS - U. E. S.  
CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 1,989

FONDO DE INICIATIVA DE LAS AMERICAS EL SALVADOR  
ADEL. MORAZAN  
EDUCACION AMBIENTAL, REFORESTACION Y CONSERVACION DE SUELOS  
Y AGUA EN EL MUNICIPIO DE CORINTO.  
MARZO DE 1999

A N E X O S

A N E X O No. 1



a) Pesado de la unidad recolectora No.1.



b) Pesado de la unidad recolectora No.2.

A N E X O No. 2



c) Recipientes de uso domiciliar de plásticos.

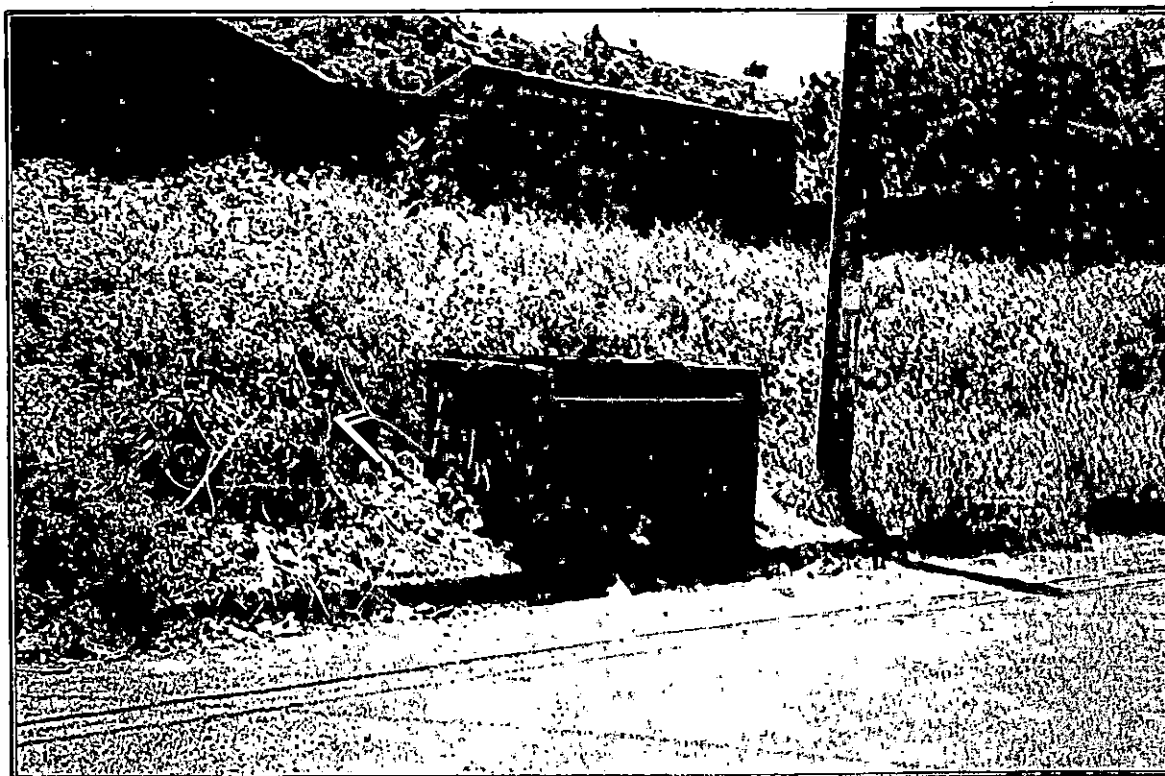


d) Recipientes de uso domiciliar de metal.

A N E X O No. 3



e) Recipientes especiales (contenedor en Mercado Municipal).



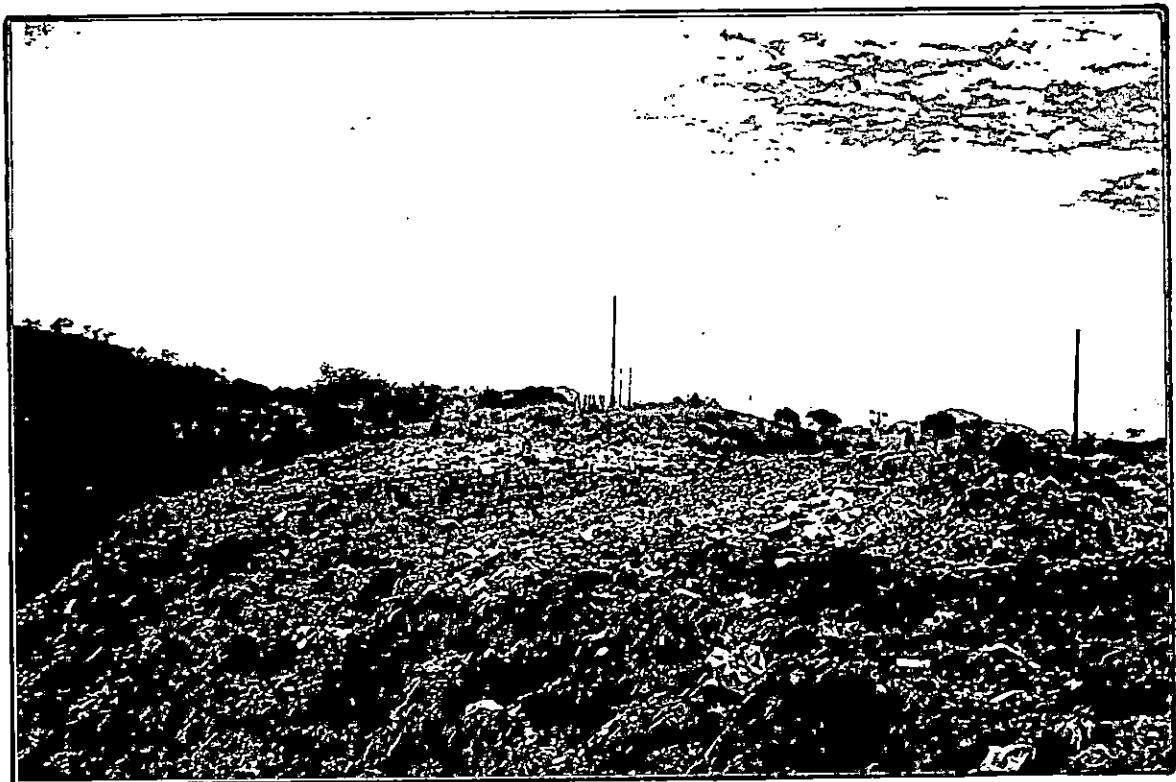
f) Recipientes especiales (contenedor en Col. Los Almendros).



A N E X O No. 4



g) Ubicación del basurero (Altos de la Presa, San Carlos).

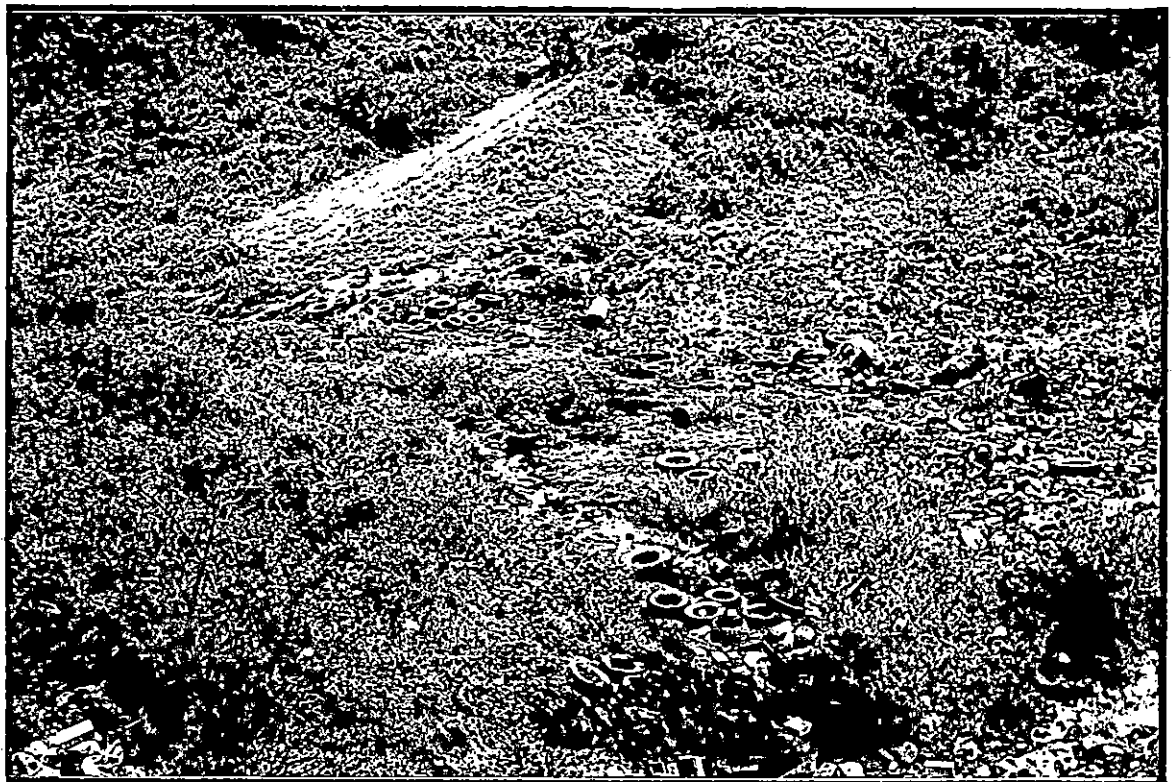


h) Situación actual del basurero.

A N E X O No. 4a



i) Descarga de los desechos sólidos en el botadero actual.



j) Escurrimiento de los líquidos lixiviados del basurero.

A N E X O No. 5

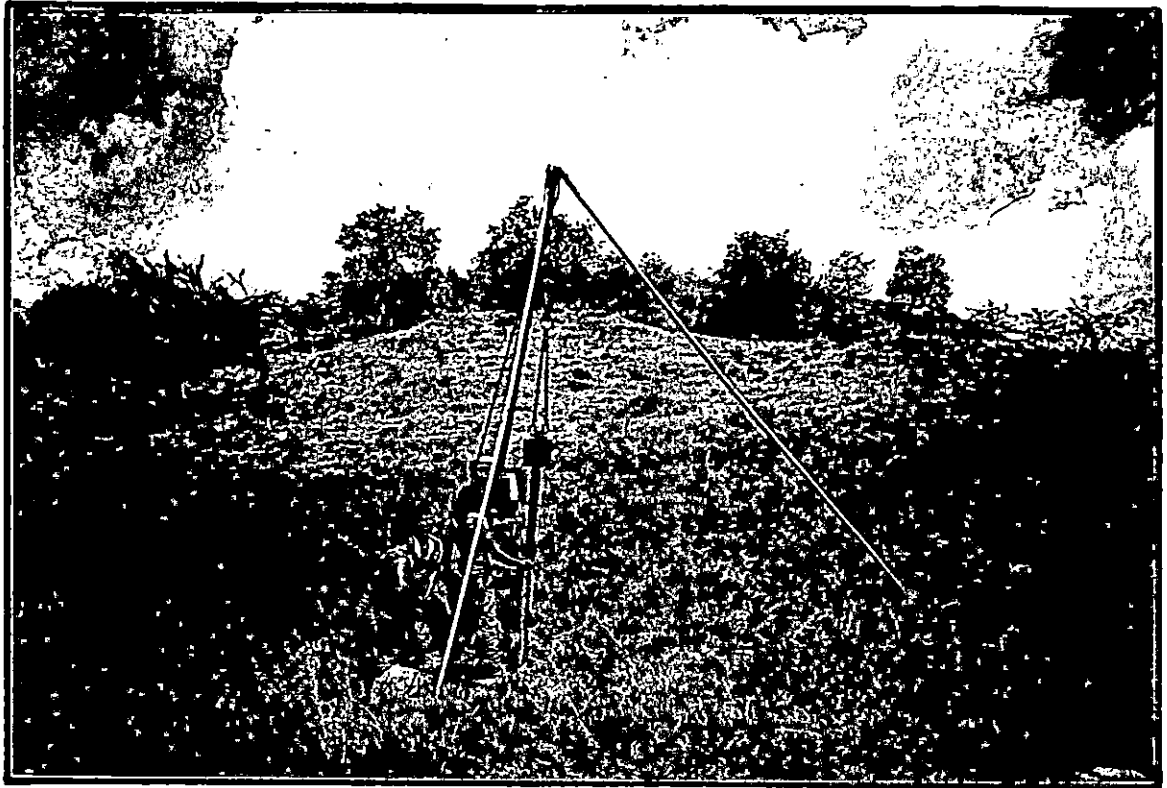


k) Instalaciones del Rastro Municipal de San Francisco Gotera.



l) Descarga de las aguas residuales del rastro a la quebrada Agua Fría.

**A N E X O No. 6**



**m) Perforación del suelo con cuchara partida**



**n) Caída de martillo en proceso de Penetración Standard.**

ANEXO No.7.



**S.A DE C.V.**

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador \* el salvador

TEL.: 225-16-07

FAX: 226-76-52

San Salvador 14 de Septiembre de 1999

Señores

Engelberto Perez

Ronal I. Trejo

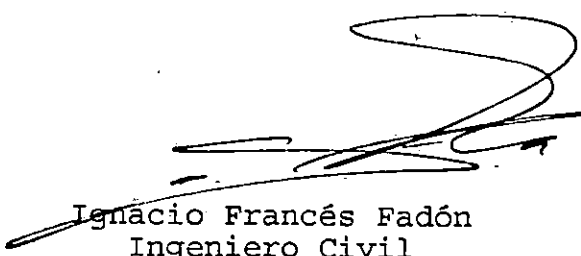
Presente

Señores:

Nos dirigimos a Uds. por medio de la presente para remitirles tres copias del Informe correspondiente al estudio de suelos que realizamos en el terreno ubicado en Portillo Blanco del Caserío Los Gómez Cantón El Triunfo en San Fco Gotera donde proyectan ubicar un Relleno Sanitario.

Sin otro particular nos suscribimos de Uds. quedando a sus órdenes para cualquier ampliación a los conceptos vertidos en el presente informe:

Aténtamente

  
Ignacio Francés Fadón  
Ingeniero Civil





**S. A DE C. V.**

TEL.: 225-16-07

FAX: 226-76-52

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador \* el salvador

## INDICE

- I INTRODUCCION
- II OBJETIVO
- III DESCRIPCION DEL LUGAR
- IV TRABAJO DE CAMPO
- V ENSAYOS DE LABORATORIO
- VI RESULTADOS OBTENIDOS
  - VI-1 Estratigrafía
  - VI-2 Correlación entre "N" y la compacidad  
o consistencia del suelo.
  - VI-3 Contenido de humedad.
  - VI-4 Tabulación de "N"
- VII ANALISIS DE RESULTADOS
- VIII CONCLUSIONES
- IX RECOMENDACIONES
- X PLANO Y PERFILES ESTRATIGRAFICOS
- XI ANEXOS



**S.A DE C.V.**

TEL.: 225-16-07

FAX: 226-76-52

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador \* el salvador

## I INTRODUCCION

Presentamos por este medio los resultados de la Investigación del sub-suelo realizada en terrenos del lugar conocido como Portillo Blanco del Caserío Los Gómez en el Cantón el Triunfo de San Francisco Gotera donde se proyecta ubicar un relleno Sanitario.

El trabajo se ha realizado a solicitud de Engelberto Pérez y Ronal I. Trejo.

## II OBJETIVO

El estudio de Mecánica de Suelos se orientó para determinar las condiciones del sub-suelo y las características físicas y mecánicas de los estratos detectados, definir la capacidad de carga del sub-suelo y dar las recomendaciones necesarias para la cimentación de las estructuras proyectadas, descapote, cota de fundación, drenajes, etc.

Para tal fin se realizaron 5 sondeos exploratorios, con equipo de penetración estandar, distribuidos según se muestra en el esquema anexo, la máxima profundidad explorada, pese a



haber repetido cada sondeo, fue de apenas 2.0 mts., detectándose suelo compacto en el fondo de cada sondeo.

### III DESCRIPCION DEL LUGAR

El sitio estudiado se encuentra en el Lugar conocido como Portillo Blanco del caserío Los Gómez en el Cantón El Triunfo en la jurisdicción de San Francisco Gotera.

### IV TRABAJO DE CAMPO

Se realizaron 5 sondeos exploratorios con equipo de Penetración Estandar, con el objeto de obtener muestras representativas y contínuas para su identificación, determinar su contenido de humedad y la resistencia presentada por el suelo a la penetración de una cuchara partida de 2" (50.8 mm) de diámetro externo, hincada con un martillo de 140 lbs. (63.5 Kg.) que se deja caer desde una altura de 30" (76 cm.) contándose los golpes necesarios para penetrar un pie (30.5 cm.), según se establece en la norma ASTM D-1586 "PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR Y MUESTREO DE SUELOS CON CUCHARA PARTIDA"

### V ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras obtenidas se analizaron en el Laboratorio efectuándose ensayos según se describe en las Normas ASTM siguientes:

siguiente forma:

Estrato 1 (SC-OL)

Conformado por arena-arcillosa (SC), orgánica (OL), color café oscuro que constituye un estrato superficial cuyo máximo espesor, detectado, es de 0.5 mts.

Estrato 2 (SM)

Compuesto por arena-limosa, ligeramente plástica, color café claro, la que se encuentra cementada naturalmente, lo que comunmente se conoce como talpetate, habiendo una pequeña porción superficial que se encuentra intemperizada.

VI-2 CORRELACION ENTRE "N" Y LA COMPACIDAD O  
CONSISTENCIA DEL SUELO

En base al número de golpes de la prueba de Penetración Estandar la Consistencia o Compacidad de los suelos puede clasificarse como:

SUELOS COHESIVOS		SUELOS FRICCIONANTES	
CONSISTENCIA	N	COMPACIDAD	N
Muy blanda	0-1	Muy suelto	0-4
Blanda	2-4	Suelto	5-10
Media	4-8	Semi-suelto	11-20
Firme	9-15	Semi-compacto	21-30
Dura	16-30	Compacto	31-50
Muy dura	mas de 30	Muy compacto	mas de 50

### VI-3 CONTENIDO DE HUMEDAD

Los contenidos naturales de humedad del subsuelo, en la zona estudiada, varían entre 4.7 y 25.2 por ciento detectandose los valores máximo, mínimo y promedio en cada sondeo según se detalla a continuación:

SONDEO	W máximo %	W mínimo %	W promedio %
1	23.7	11.5	16.9
2	8.0	8.0	8.0
2R	4.7	4.7	4.7
3	12.5	12.5	12.5
3R	13.6	13.6	13.6
4	7.0	7.0	7.0
4R	11.0	7.2	9.6
5	24.0	9.2	16.6
5R	25.2	11.3	18.3

VI-4 TABULACION DE "N"

Dada la relación que existe entre "N" y la

capacidad de carga del suelo, a continuación se presenta una tabla resumen de los valores de "N" en cada sondeo, la cruz (+) indica contaminación con orgánicos, y el asterisco (\*) suelos orgánicos:

Prof	S1	S2	S 2R	S3	S 3R	S4	S 4R	S5	S 5R
0.5	4*	41	60	R*	50	69	20	19*	5*
1.0	16	R	R		R	R	R	R	43
1.5	84								R
2.0	R								

## VII ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación se consig nan los resultados obtenidos en el campo y en la pruebas de laboratorio:

VII-1 Existe en el área explorada una zona en estado suelto con baja capacidad de carga, además de un estrato superficial contaminado con orgánicos. Todo lo cual se detalla en el cuadro siguiente:

SONDEO	Profundidad del estrato orgánico		Profundidad del estrato suelto	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
1	0+0.0	0-0.5	0+0.0	0-0.5
2	-----	-----	-----	-----
2R	-----	-----	-----	-----
3	0+0.0	0-0.5	-----	-----
3R	-----	-----	-----	-----
4	-----	-----	-----	-----
4R	-----	-----	-----	-----
5	0+0.0	0-0.5	-----	-----
5R	0+0.0	0-0.5	0+0.0	0-0.5

VII-2 Los estratos areno-limosos-cementados detectados (talpetate) no son muy susceptibles a la

erosión, socavación o a disminuir su capacidad de carga con la presencia de humedad.

VII-3 Los estratos arcillosos y areno-arcillosos son susceptibles a disminuir su cohesión con la presencia de agua hasta convertirse en "lodo" sin ninguna capacidad de carga.

VII-4 En los suelos contaminados con orgánicos no puede considerarse la compacidad o consistencia presentada al momento de la prueba como permanente ya que con el tiempo según la fase orgánica se vaya descomponiendo en agua, gases y un muy pequeño residuo mineral, se incrementará el volumen de vacíos y la deformabilidad a la vez que se reducirá la capacidad de carga.

VII-5 Los contenidos naturales de humedad de suelo, se encuentran dentro de lo que podría considerarse como normales en las arena-arcillosas-organicas (SC-OL) y bajos en las arenas-limosas-cementadas, presentandose contenidos de humedad promedio que oscilan entre 4.7 y 18.3 %.

VII-6 Para los estratos detectados, siempre que no estén contaminados con orgánicos, se pueden tomar los siguientes parámetros para el análisis numérico de

sus propiedades:

SUELOS FRICCIONANTES		SUELOS COHESIVOS	
$\phi$ ángulo de fricción interna	"N"	$c_u$ Kg/cm <sup>2</sup>	"N"
29	5-10*	0.6-1.2	5-10*
30	11-15	1.2-1.9	10-15
31	16-20	1.9-2.5	15-20
32	21-25	2.5-3.1	21-25
33	26-30	3.1-3.7	25-30

\* NOTA:

Bajo circunstancias inferiores a las señaladas será necesario considerar la posibilidad de "falla local" con los siguientes valores:

$$O' = \text{Arc.tg}(2/3\text{tg}\phi)$$

$$c' = 2/3c$$



## VIII CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el campo, en las pruebas de Laboratorio, que se practicaron en las muestras obtenidas, y en la inspección realizada en el campo, durante el proceso de sondeo, podemos concluir:

### VIII-1 SUELO ORGANICO

Se ha detectado un delgado estrato superficial orgánico (SC-OL) que en la zona explorada presenta un espesor máximo de 0.5 mts.

### VIII-2 SUELO SUELTO

Los suelos sueltos, donde los hay, presentan un espesor máximo de 0.5 mts.

### VIII-3 CONTENIDO DE HUMEDAD

Los contenidos naturales de humedad de suelo, se encuentran dentro de lo que podría considerarse como normales en las arena-arcillosas-orgánicas (SC-OL) y bajos en las arenas-limosas-cementadas.

## IX RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en las pruebas de Campo y Laboratorio así como las conclusiones de ellas deducidas nos permitimos recomendar lo siguiente:

### IX-1 PERFORACION PROFUNDA


La alta compacidad de los suelos superficiales ha hecho imposible profundizar más de 2 mts. con el equipo de penetración estandar, pese a haberse repetido cuatro de ellas, por lo que no se ha establecido el espesor del estrato superficial resistente, definido como arena-limosa ligeramente plástica cementada, por lo que al momento de hacerse el estudio definitivo del lugar se deberán hacer perforaciones profundas ya sea manualmente, pozos a cielo abierto, o con equipo de perforación rotativo para establecer su espesor y la permeabilidad que presenta.

### IX-2 GEOLOGIA Y SISMOLOGIA

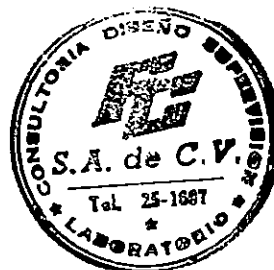
En la etapa final del estudio se recomienda hacer una evaluación completa de los aspectos geológicos y simológicos de la zona mediante profesionales expertos en el tema.

Sin otro particular, quedamos a sus apreciables órdenes para cualquier consulta o ampliación sobre los conceptos vertidos en el presente informe.

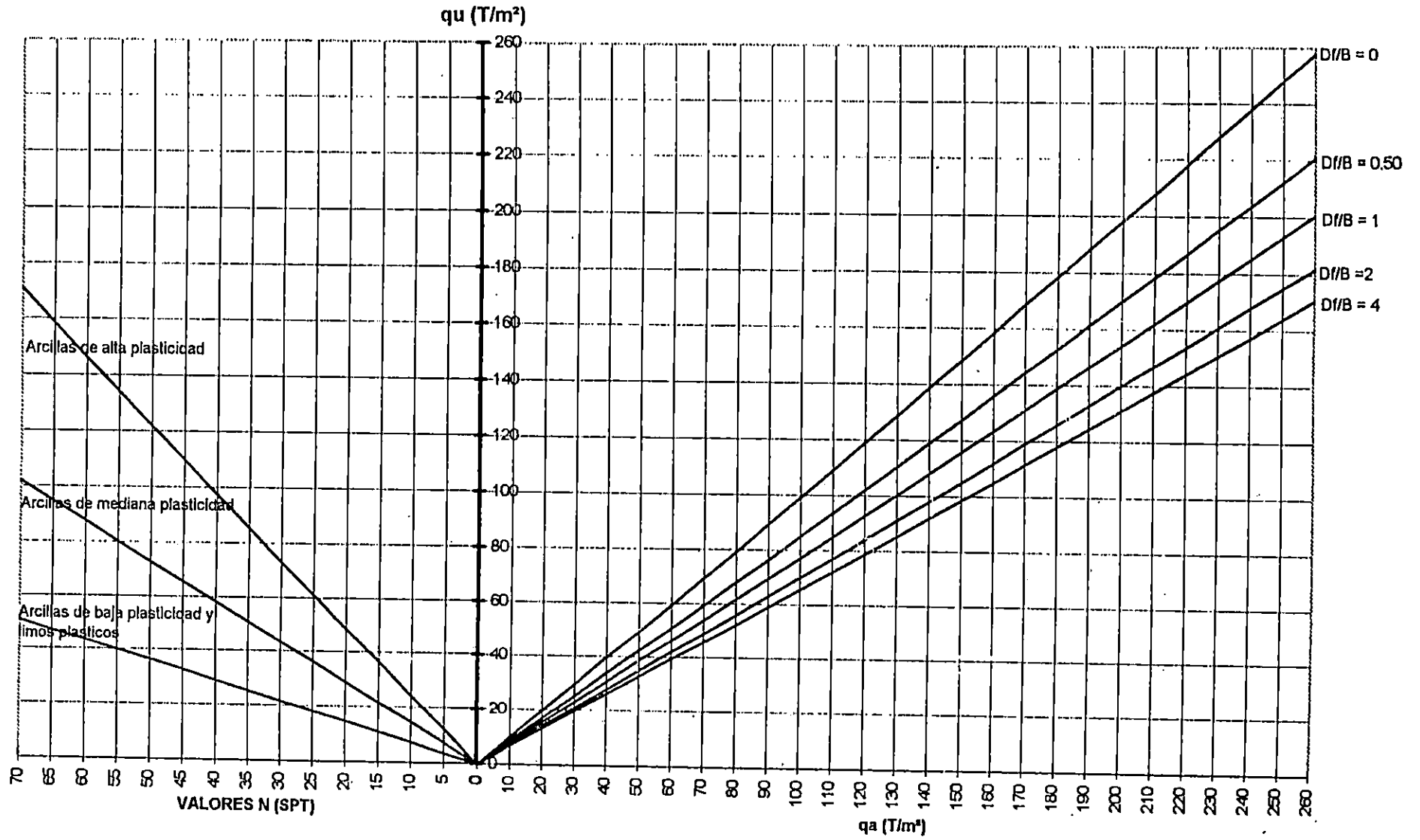
Atentamente:



Ignacio Francés Fadón  
Ingeniero Civil



# NOMOGRAMA SOWERS - PECK



# Zapatas en arena

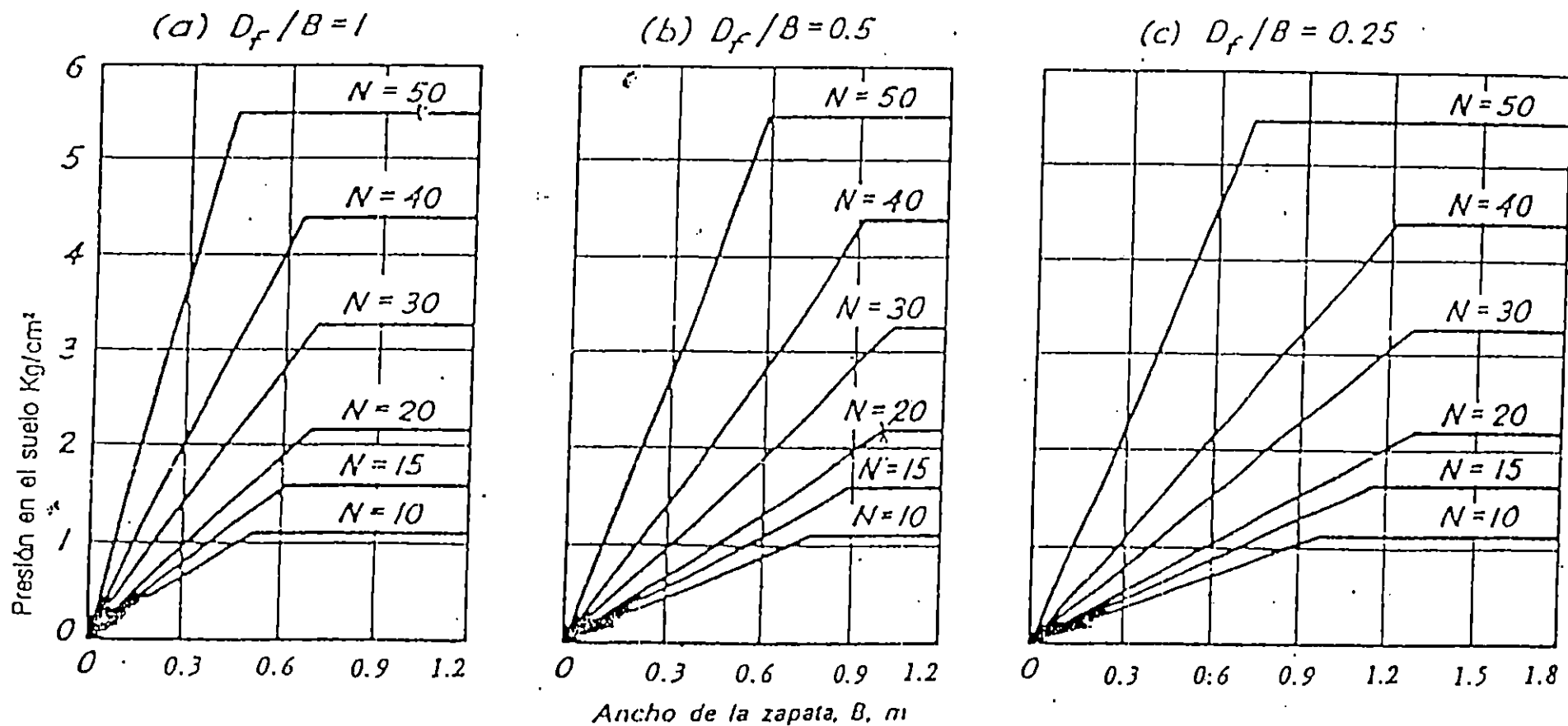
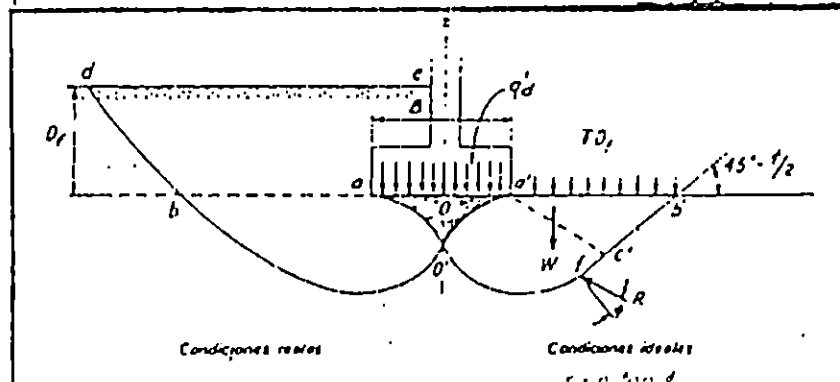


Diagrama de proyecto para determinar las dimensiones de zapatas poco profundas, apoyadas en arena.





**S.A. DE C.V.**

TEL.: 25-16-07

DISEÑO/SUPERVISION/CONSULTORIA/LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.  
 pasaje las victorias # 29 colonia laycol san salvador, el salvador

DIVISIONES PRINCIPALES		REPRES. GRAFICA.	NOMBRES TIPICOS	
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS MAS DEL 50% ES RETENIDO EN LA MALLA 200	GRAVAS 50% O MAS DE LA FRACCION GRUESA SE RETIENE EN LA MALLA No 4	GW	GRAVAS BIEN GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVAS Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS.	
		GP	GRAVAS MAL GRADUADAS MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO GRADA DE FINOS.	
		GM	GRAVAS LIMOSAS MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO.	
	ARENAS MAS DEL 30% DE LA FRACCION GRUESA PASA LA MALLA No 4	ARENAS LIMPIAS	SW	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCO O NADA DE FINOS.
			SP	ARENAS MAL GRADUADOS, ARENA CON GRAVA, CON POCO O NADA DE FINOS.
		ARENAS CON FINOS	SM	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO.
	SC		ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y ARCILLA.	
	SUELOS DE GRANO FINO 50% O MAS PASA LA MALLA 200	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO DE 50% O MENOR	ML	LIMOS INORGANICOS, ARENAS MUY FINAS POLVO DE ROCA, LIMOS ARENOSOS O ARCILLOSOS LIGERAMENTE PLASTICOS
			CL	ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD, ARCILLAS CON GRAVA ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS
			OL	LIMOS ORGANICOS, ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD.
		LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50%	MH	LIMOS INORGANICOS, LIMOS MICACEOS Y DIATOMACEOS, LIMOS ELASTICOS
			CH	ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS FRANCS
OH			ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD, LIMOS ORGANICOS DE MEDIA PLASTICIDAD.	
SUELOS CON ELEVADA PROPORCION DE MATERIA ORGANICA		Pt	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICO	



**F.C.S.A. DE C.V.**

TEL.: 225-16-07

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

FAX: 226-76-52

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador \* el salvador

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

**Sondeo 1**


Inspector: \_\_\_\_\_ I.F.F. \_\_\_\_\_ Proyecto: Relleno Sanitario/Cerro Portillo Blanco  
 Elevacion: \_\_\_\_\_ Ubicacion: Gotera, Morazan  
 Peso Martillo: 140 lbs Caída: 30" Fecha: 04/Septiembre/1999  
 Cuadrilla 3 - 5 - W

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N	consistencia o compacidad		
0.5	44	2		4	Muy Suelto	23.7	Arena arcillosa orgánica color café oscuro
		2					
		2					
1.0	44	5		16	Semi-Suelto	15.6	Arena limosa plastica cementada color gris "TALPETATE"
		6					
		10					
1.5	36	25		84	Muy Compacto	11.5	" " " "
		40					
		44					
2.0	PP	50 R	2.00	R	Muy Compacto		Penetración con punta
2.5							
3.0							
3.5							
4.0							
4.5							
5.0							
5.5							
6.0							

# **S.A. de C.V.**

CALCULO, DISEÑO, SUPERVISION, CONSULTORIA Y LABORATORIO  
 Pje las victorias No. 29 colonia layco, S.S. TEL.: 25 16 07

**PROYECTO:** Relleno Sanitario Cerro Porti-LOCALIZACION: Gotera Morazan  
Ilo Blanco  
**INSPECTOR:** I.F.F **CUADRILLA:** 3-5-W **No. de SONDEO:** 1.-  
**PESO de MARTILLO:** 140 lbs. **ELEVACION:** \_\_\_\_\_ **FECHA:** 4-9-99

CONTENIDO NATURAL DE AGUA 75      50      25	Estrati- grafia	" N "						Profun- didad (m)
		10	20	30	40	50	60	
	SC-OL							1 (84)
	SM TALPETATE							
	PP							2
	R							3
								4
								5
								6
								7
								8
								9
								10
								11
							12	





**S.A DE C.V.**

TEL.: 225-16-07

FAX: 226-76-52

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador \* el salvador

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

**Sondeo 2**

Inspector: \_\_\_\_\_ I.F.F. \_\_\_\_\_ Proyecto: Relleno Sanitario/Cerro Portillo Blanco  
 Elevacion: \_\_\_\_\_ Ubicacion: Gotera, Morazan  
 Peso Martillo: 140 lbs Caída: 30" Fecha: 04/Septiembre/1999  
 Cuadrilla: 3 - 5 - W

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N	consistencia o compacidad		
0.5	33	4		41	Compacto	8.0	Arena limosa plástica cementada
		11					color gris
		30					"TALPETATE"
1.0	PP	35	2.00	R	Muy Compacto		Penetración con punta
		R					
1.5							
2.0							
2.5							
3.0							
3.5							
4.0							
4.5							
5.0							
5.5							
6.0							



# S.A. de C.V.

CALCULO, DISEÑO, SUPERVISION, CONSULTORIA Y LABORATORIO  
Pje las victorias No. 29 colonia layco, S.S. TEL.: 25 16 07

**PROYECTO:** Relleno Sanitario, Cerro Porti-**LOCALIZACION:** Gotera, Morazán  
Ilo Blanco

**INSPECTOR:** I.F.F. **CUADRILLA:** 3-5-W **No. de SONDEO:** 2.-

**PESO de MARTILLO:** 140lbs. **ELEVACION:** **FECHA:** 4-9-99

CONTENIDO NATURAL DE AGUA			Estratigrafía	" N "						Profundidad. (m)
75	50	25		10	20	30	40	50	60	
			SM TALPETATE							1
			PP							2
			R							3
										4
										5
										6
										7
										8
										9
										10
										11
										12



**S.A DE C.V.**

TEL.: 225-16-07

FAX: 226-76-52

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador \* el salvador

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

**Sondeo 2R**

Inspector: \_\_\_\_\_ I.F.F. \_\_\_\_\_ Proyecto: Relleno Sanitario/Cerro Portillo Blanco  
 Elevacion: \_\_\_\_\_ Ubicacion: Gotera, Morazan  
 Peso Martillo: 140 lbs Caída: 30" Fecha: 04/Septiembre/1999  
 Cuadrilla: 3 - 5 - W

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N	consistencia o compacidad		
0.5	36	10		60	Muy Compacto	4.7	Arena limosa plástica cementada color gris "TALPETATE"
		25					
		35					
1.0	PP	41	2.00	R	Muy Compacto		Penetración con punta
		R					
1.5							
2.0							
2.5							
3.0							
3.5							
4.0							
4.5							
5.0							
5.5							
6.0							



S.A. de C.V.

CALCULO, DISEÑO, SUPERVISION, CONSULTORIA Y LABORATORIO  
Pje las victorias No. 29 colonia layco, S.S. TEL.: 25 16 07

**PROYECTO:** Relleno Sanitario, Cerro Porti-LOCALIZACION: Gotera Morañan  
Ilo Blanco

**INSPECTOR:** I.F.F. **CUADRILLA:** 3-5-W **No. de SONDEO:** 2 R

**PESO de MARTILLO:** 140 lbs. **ELEVACION:** **FECHA:** 4-9-99

CONTENIDO NATURAL DE AGUA			Estratigráfica	" N "						Profundidad (m)
75	50	25		10	20	30	40	50	60	
			SM TALPETATE							1
			PP							2
			R							3
										4
										5
										6
										7
										8
										9
										10
										11
										12



**S.A DE C.V.**

TEL.: 225-16-07

FAX: 226-76-52

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador \* el salvador

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

**Sondeo 3**

Inspector: \_\_\_\_\_ I.F.F. \_\_\_\_\_ Proyecto: Relleno Sanitario/Cerro Portillo Blanco  
 Elevacion: \_\_\_\_\_ Ubicacion: Gotera, Morazan  
 Peso Martillo: 140 lbs Caída: 30" Fecha: 04/Septiembre/1999  
 Cuadrilla 3 - 5 - W

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			equivale lencia	N	consistencia o compacidad		
0.5	19	36		R	Muy Compacto	12.5	Arena arcillosa orgánica color café oscuro
		25					
		R					
1.0							
1.5							
2.0							
2.5							
3.0							
3.5							
4.0							
4.5							
5.0							
5.5							
6.0							





**S.A DE C.V.**

TEL.: 225-16-07

FAX: 226-76-52

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador \* el salvador

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

**Sondeo 3R**

Inspector: \_\_\_\_\_ I.F.F. \_\_\_\_\_ Proyecto: Reileno Sanitario/Cerro Portillo Blanco  
 Elevacion: \_\_\_\_\_ Ubicacion: Gotera, Morazan  
 Peso Martillo: 140 lbs Caída: 30" Fecha: 04/Septiembre/1999  
 Cuadrilla 3 - 5 - W

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N	consistencia o compacidad		
0.5	23	6		50	Compacto	13.6	Arena limosa plástica cementada color gris "TALPETATE"
		10					
		40					
1.0	PP	38	2.00	R	Muy Compacto		Penetración con punta
		R					
1.5							
2.0							
2.5							
3.0							
3.5							
4.0							
4.5							
5.0							
5.5							
6.0							

# FE S.A. de C.V.

CALCULO, DISEÑO, SUPERVISION, CONSULTORIA Y LABORATORIO  
 Pje las victorias No. 29 colonia layco, S.S. TEL.: 25 16 07

**PROYECTO:** Relleno Sanitario, Cerro Porti **LOCALIZACION:** Gotera Morazan  
 llo Blanco  
**INSPECTOR:** I.F.F. **CUADRILLA:** 3-5-W **No. de SONDEO:** 3 R  
**PESO de MARTILLO:** 140 lbs. **ELEVACION:** **FECHA:** 4-9-99

CONTENIDO NATURAL DE AGUA 75 50 25	Estratigrafía	" N "						Profundidad. (m)
		10	20	30	40	50	60	
	SM TALPETATE							1
	PP							2
	R							3
								4
								5
								6
								7
								8
								9
								10
								11
								12





**S.A DE C.V.**

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador \* el salvador

TEL.: 225-16-07

FAX: 226-76-52

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

**Sondeo 4**

Inspector: \_\_\_\_\_ I.F.F. \_\_\_\_\_ Proyecto: Relleno Sanitario/Cerro Portillo Blanco  
 Elevacion: \_\_\_\_\_ Ubicacion: Gotera, Morazan  
 Peso Martillo: 140 lbs Caída: 30" Fecha: 04/Septiembre/1999  
 Cuadrilla: 3 - 5 - W

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N	consistencia o compacidad		
0.5	42	12		69	Muy Compacto	7.0	Arena limosa plástica cementada color gris "TALPETATE"
		33					
		36					
1.0		R		R			
1.5							
2.0							
2.5							
3.0							
3.5							
4.0							
4.5							
5.0							
5.5							
6.0							



S.A. de C.V.

CALCULO, DISEÑO, SUPERVISION, CONSULTORIA Y LABORATORIO  
Pje las victorias No. 29 colonia layco, S.S. TEL.: 25 16 07

**PROYECTO:** Relleno Sanitario, Cerro Porti-**LOCALIZACION:** Gotera Morazan  
Ilo Blanco

**INSPECTOR:** I.F.F **CUADRILLA:** 3-3-W **No. de SONDEO:** 4.-

**PESO de MARTILLO:** 140 lbs. **ELEVACION:** **FECHA:** 4-9-99

CONTENIDO NATURAL DE AGUA			Estratigrafía	" N "						Profundidad (m)
75	50	25		10	20	30	40	50	60	
			SM TALPETATE							(69)
			R							1
										2
										3
										4
										5
										6
										7
										8
										9
										10
										11
										12



**F.C.S.A. DE C.V.**

TEL.: 225-16-07

FAX: 226-76-52

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

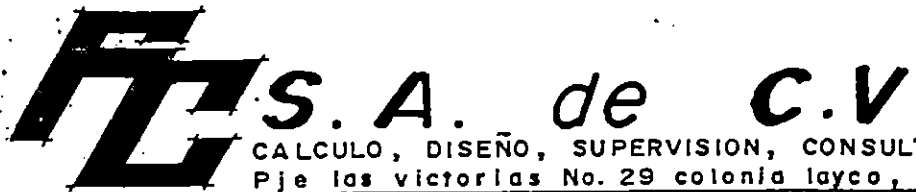
calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador \* el salvador

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

**Sondeo 4R**

Inspector: \_\_\_\_\_ i.F.F. Proyecto: Relleno Sanitario/Cerro Portillo Blanco  
 Elevacion: \_\_\_\_\_ Ubicacion: Gotera, Morazan  
 Peso Martillo: 140 lbs Caída: 30" Fecha: 04/Septiembre/1999  
 Cuadrilla 3 - 5 - W

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N	consistencia o compacidad		
0.5	15	4		20	Semi-Suelto	11.0	Arena limosa plástica cementada color gris "TALPETATE"
		10					
		10					
1.0	20	30	R	Muy Compacto	7.2	" " " "	
		15					
		R					
1.5							
2.0							
2.5							
3.0							
3.5							
4.0							
4.5							
5.0							
5.5							
6.0							



CALCULO, DISEÑO, SUPERVISION, CONSULTORIA Y LABORATORIO  
 Pje las victorias No. 29 colonia layco, S.S. TEL.: 25 16 07

**PROYECTO:** Relleno Sanitario, Cerro Porti-LOCALIZACION: Gotera Morazan  
 Ilo blanco  
**INSPECTOR:** I.F.F **CUADRILLA:** 3-5-W **No. de SONDEO:** 4 R  
**PESO de MARTILLO:** 140 lbs. **ELEVACION:** **FECHA:** 4-9-99

CONTENIDO NATURAL DE AGUA			Estratigrafía	" N "						Profundidad. (m)
75	50	25		10	20	30	40	50	60	
			SM							
			TALPETATE							
			R							1
										2
										3
										4
										5
										6
										7
										8
										9
										10
										11
										12



**F.G.S.A. DE C.V.**

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador \* el salvador

TEL.: 225-16-07

FAX: 226-76-52

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

**Sondeo 5**

Inspector: \_\_\_\_\_ I.F.F. \_\_\_\_\_ Proyecto: Relleno Sanitario/Cerro Portillo Blanco  
 Elevacion: \_\_\_\_\_ Ubicacion: Gotera, Morazan  
 Peso Martillo: 140 lbs Caída: 30" Fecha: 04/Septiembre/1999  
 Cuadrilla: 3 - 5 - W

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N	consistencia o compacidad		
0.5	34	4		9	Suelto	24.0	Arena arcillosa orgánica color café oscuro
		4					
		5					
1.0	20	21		R	Muy Compacto	9.2	Arena limosa plástica cementada color gris "TALPETATE"
		31					
		R					
1.5							
2.0							
2.5							
3.0							
3.5							
4.0							
4.5							
5.0							
5.5							
6.0							





**S.A DE C.V.**

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador \* el salvador

TEL.: 225-16-07

FAX: 226-76-52

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

**Sondeo 5R**

Inspector: \_\_\_\_\_ I.F.F. \_\_\_\_\_ Proyecto: Relleno Sanitario/Cerro Portillo Blanco  
 Elevacion: \_\_\_\_\_ Ubicacion: Gotera, Morazan  
 Peso Martillo: 140 lbs Caída: 30" Fecha: 04/Septiembre/1999  
 Cuadrilla 3 - 5 - W

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N	consistencia o compacidad		
0.5	38	1		5	Suelto		Arena arcillosa orgánica color café oscuro
		1					
		4					
1.0	28	10		43	Compacto		Arena limosa plástica cementada color gris "TALPETATE"
		13					
		30					
1.5	PP	40		R	Muy Compacto		Penetración con punta
		R					
2.0							
2.5							
3.0							
3.5							
4.0							
4.5							
5.0							
5.5							
6.0							

# FC S.A. de C.V.

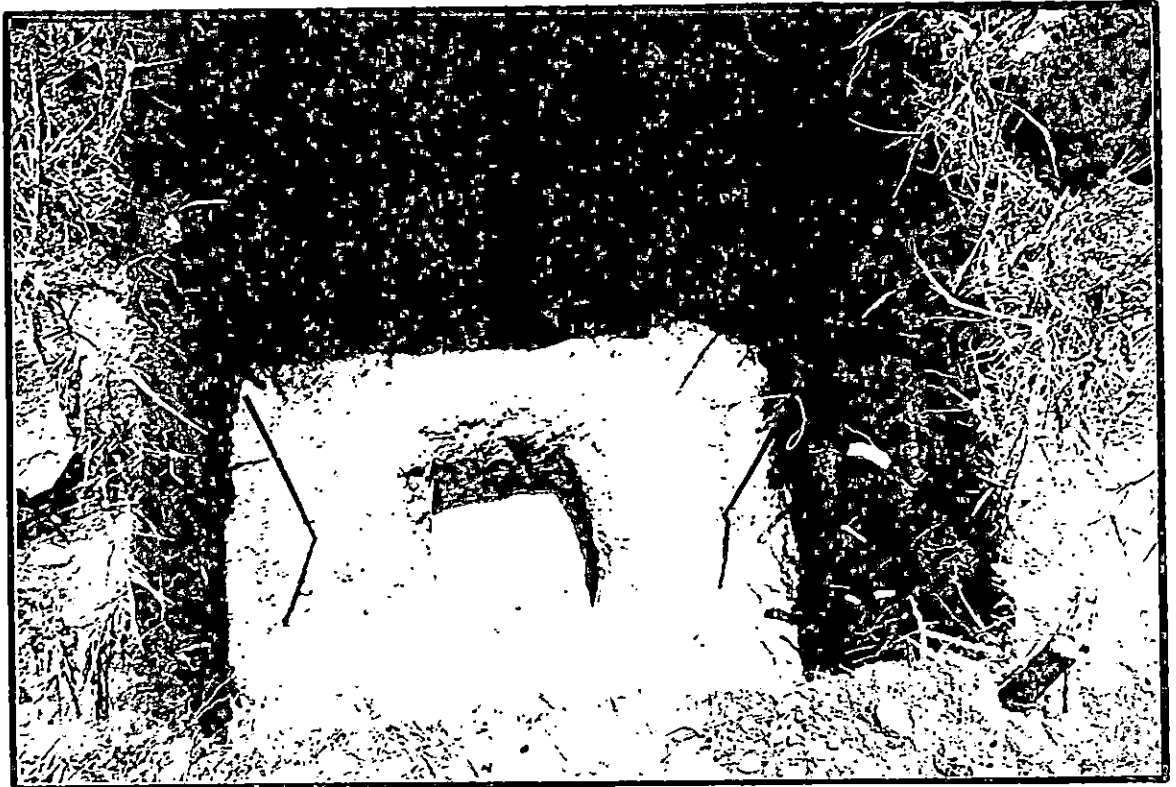
CALCULO, DISEÑO, SUPERVISION, CONSULTORIA Y LABORATORIO  
 Pje las victorias No. 29 colonia layco, S.S. TEL.: 25 16 07

**PROYECTO:** Relleno Sanitario, Cerro Porti-**LOCALIZACION:** Gotera Morazan  
 Ilo Blanco  
**INSPECTOR:** I.F.F **CUADRILLA:** 3-5-W **No. de SONDEO:** 5 R  
**PESO de MARTILLO:** 140 lbs. **ELEVACION:** **FECHA:** 4-9-99

CONTENIDO NATURAL DE AGUA 75 50 25	Estrati- grafia	" N "						Profun- didad. (m)
		10	20	30	40	50	60	
/	SC-OL							1
	SM TALFETATE							2
	PP							3
	R							4
								5
								6
								7
								8
								9
								10
								11
								12



**A N E X O No. 8**



**m) Vista de pozo para prueba de permeabilidad.**



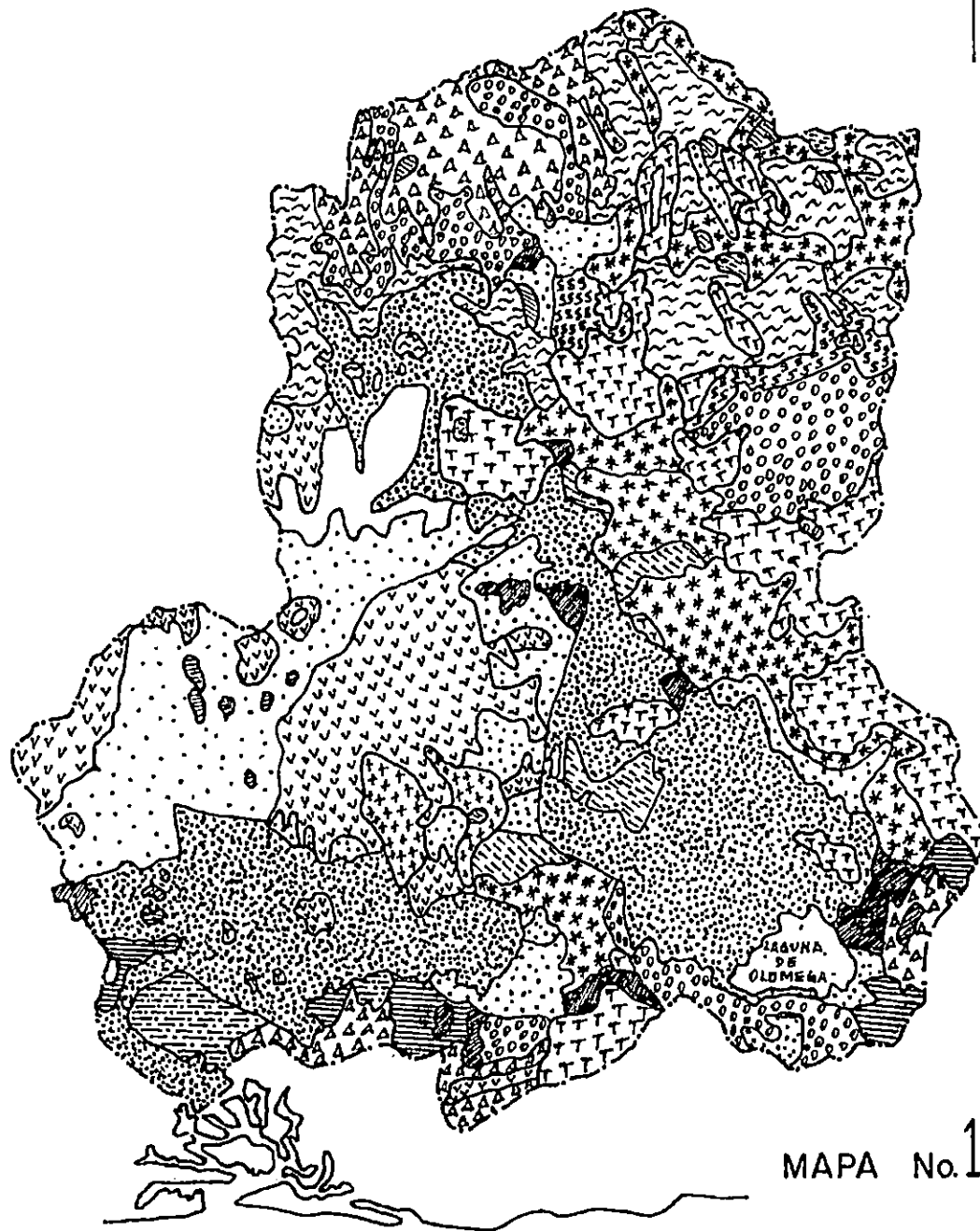
**n) Colocación de niveles fijos de referencia.**

**A N E X O No. 9**

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL HOSPITAL NACIONAL SAN FRANCISCO GOTERA, HACE CONSTAR QUE: Después de efectuada la inspección por personal del Nivel Central del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social al terreno que la Alcaldía pretende adquirir para construir el RELLENO SANITARIO para la municipalidad de San Francisco Gotera; esta Dirección toma a bién RESOLVER LO SIGUIENTE: El terreno cumple con algunos requisitos sanitarios para ejecutar el proyecto en mención, previo realizar los estudios pertinentes para este tipo de proyecto. Por consiguiente el terreno en mención podrá ser adquirido por la municipalidad de San Francisco Gotera, con fines de ser utilizado para construir dicho relleno sanitario, siempre y cuando el diseño de dicho relleno garantice un buen manejo de los líquidos lixiviados; ya que existen aguas abajo, dos afloramientos de agua ubicados a unos QUINIENTOS METROS del sitio de interés y que actualmente sirven de fuente de abastecimiento para cuatro familias, a las cuales debe de proporcionar seles alternativas para el abastecimiento de agua potable. Por lo tanto se emite la Resolución Correspondiente para dar tramite al proyecto.

















No habiendo más que resolver, firmo la presente en El Hospital Nacional San Francisco Gotera, a las diez horas del día veintidos de febrero de mil novecientos noventa y nueve.

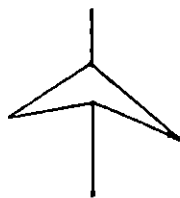
  
  
Dr. HEBER ARISMENDES FLORES PORTILLO.



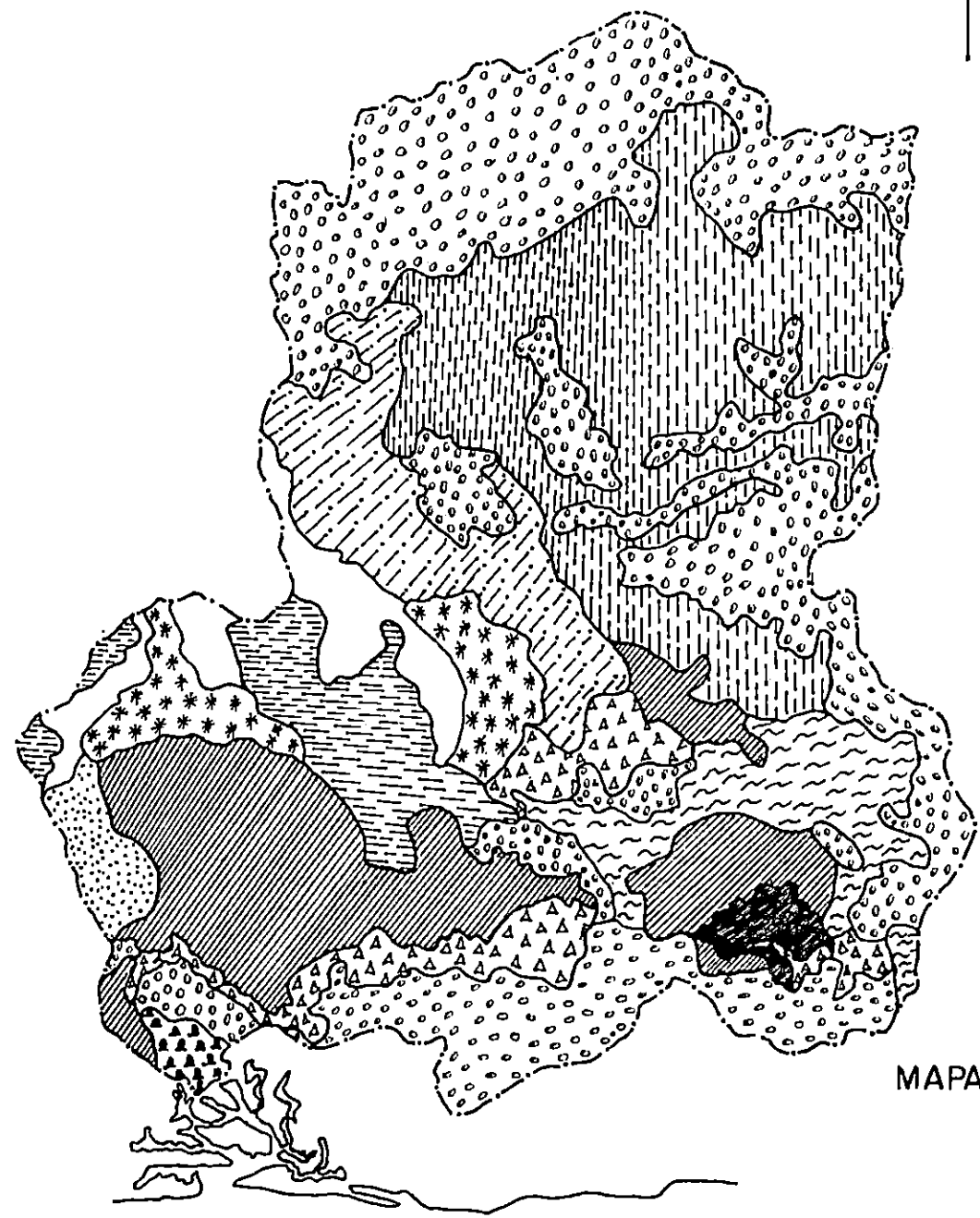
MAPA No. 1 GEOLOGÍA DE LA ZONA.













L E Y E N D A.

F O R M A C I O N E S. MORAZAN CHALATENANGO BALSA MO CUS CATLAN SAN SALVADOR		H O L D C E N O. ALUVIONES INTERCALADOS CON PIROCLASTITAS.
		EFUSIVAS BASALTICAS.
		PIROCLASTITAS ACIDAS. EPICLASTITAS VOLCANICAS (TOBAS COLOR CAFE).
		PLIO - PLEISTOCENO. EFUSIVAS ANDESITICAS-BASALTICAS Y PIROCLASTITAS.
		EFUSIVAS ANDESITICAS Y BASALTICAS.
		PIROCLASTITAS ACIDAS. EPICLASTITAS VOLCANICAS. TOBAS.
		EFUSIVAS ACIDAS E INTERMEDIAS ACIDAS.
		PIROCLASTITAS ACIDAS. EPICLASTITAS VOLCANICAS. TOBAS ARDIENTES Y FUNDIDAS.
		SEDIMENTOS FLUVIALES Y LACUSTRES CON INTERCALACIONES DE PIROCLASTITAS.
		EFUSIVAS ANDESITICAS-BASALTICAS.
		EFUSIVAS ANDESITICAS. PIROCLASTITAS Y EPICLASTITAS VOLCANICAS.
		OLIGOCENO - MIOCENO. EPICLASTITAS VOLCANICAS. CON CORRIENTES DE LAVA INTERCALADAS.
		EFUSIVAS ACIDAS.
		PIROCLASTITAS ACIDAS. EPICLASTITAS VOLCANICAS CON TOBAS ARDIENTES Y FUNDIDAS.
	EFUSIVAS BASICAS E INTERMEDIAS HASTA INTERMEDIAS ACIDAS. PIROCLASTITAS Y EPICLASTITAS VOLCANICAS.	
	LIMITE DE LA REGION HIDROGRAFICA.	



S I M B O L O G I A



-  SUELOS REGOSILES Y ALUVIALES. ENTISOLES.
-  SUELOS ALUVIALES Y GRUMOSILES. ENTISOLES Y VERTISOLES.
-  ANDOSILES Y REGOSILES. INCEPTISOLES Y ENTISOLES.
-  LATOSILES ARCILLO ROJIZOS Y ANDOSILES. ALFISOLES E INCEPTISOLES.
-  REGOSILES. LATOSILES ARCILLO ROJIZOS Y ANDOSILES. ENTISOLES. ALFISOLES E INCEPTISOLES.
-  LATOSILES ARCILLO ROJIZOS. ALFISOLES.
-  LATOSILES ARCILLO ROJIZO Y LITOSILES. ALFISOLES.
-  LITOSILES Y REGOSILES. ENTISOLES.
-  LATOSILES ARCILLO ROJIZOS Y LITOSILES. ALFISOLES.
-  GRUMOSILES. LITOSILES Y LATOSILES ARCILLO ROJIZOS. VERTISOLES Y ALFISOLES.
-  PANTANOS SUJETOS A LAS MAREAS.
-  LIMITE DE CUENCA.

MAPA No. 2. CLASIFICACION DE LOS SUELOS.