

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



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA  
LA CONSTRUCCION DE UN RELLENO SANITARIO NO  
MECANICO EN EL MUNICIPIO DE TEJUTLA,  
DEPARTAMENTO DE CHALATENANGO.**

**PRESENTADO POR:**

**GABRIELA EUGENIA HERNÁNDEZ MOZ**

**OMAR ANTONIO MEJIA FUNES**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL DE 2005.**

## **UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTORA** :

**Dra. María Isabel Rodríguez**

**SECRETARIA GENERAL:**

**Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos**

## **FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**DECANO** :

**Ing. Mario Roberto Nieto Lovo**

**SECRETARIO** :

**Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández**

## **ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**DIRECTOR** :

**Ing. Luís Rodolfo Nosiglia Durán**

**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:**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA LA  
CONSTRUCCION DE UN RELLENO SANITARIO NO MECANICO EN EL  
MUNICIPIO DE TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE CHALATENANGO.**

**Presentado por:**

**GABRIELA EUGENIA HERNÁNDEZ MOZ**

**OMAR ANTONIO MEJIA FUNES**

**Trabajo de Graduación aprobado por:**

**Docente Director:**

**ING. RICARDO ERNESTO HERRERA MIRÓN**

**Docente Director:**

**ING. LUÍS ALBERTO GUERRERO**

**SAN SALVADOR, ABRIL DE 2005**

**Trabajo de Graduación Aprobado por:**

**Docentes Directores:**

**ING. RICARDO ERNESTO HERRERA MIRÒN**

**ING. LUÍS ALBERTO GUERRERO**

***DEDICO MI ESTUDIO ESPECIAL A:***

***DIOS TODOPODEROSO:***

*Por constituir mi fortaleza espiritual en todo momento, y por permitirme alcanzar una meta más en mi vida.*

***MIS PADRES FRANCISCO HERNANDEZ Y MARIA ALICIA MOZ:***

*Porque me dieron el ser, especialmente a mi Padre que siempre ha estado conmigo apoyándome y dándome lo mejor de si mismo, ya que sin él no hubiera sido posible terminar mi carrera.*

***MI HERMANO ALVARO HERNANDEZ:***

*Por su apoyo brindado, del cual espero que siga adelante en la vida y logre sus metas.*

***MIS AMIGOS:***

*por todo su apoyo y a todas aquellas personas que de alguna manera me ayudaron a finalizar esta meta en mi vida.*

***GABRIELA EUGENIA HERNANDEZ MOZ***

## **AGRADEZCO**

**A DIOS PADRE:** *Por concederme la vida, su protección, la bendición de poder comprender y superar los obstáculos que he encontrado en mi vida y carrera.*

**A NUESTRO SEÑOR JESUCRISTO Y SU SANTA MADRE MARIA:** *Por iluminarme con su luz de paz y de amor que me ha acompañado en los momentos difíciles de mi vida y me han confortado así en todos mis estudios y empresas.*

**A MIS PADRES:** *Por brindarme su amor y comprensión incondicional, por apoyarme en todas mis empresas o proyectos brindándome su consejo y las palabras de aliento que he necesitado en mi vida.*

**A MIS HERMANAS:** *Por brindarme siempre su compañía, su amor y comprensión, apoyándome con palabras de aliento y consuelo en todos los momentos difíciles en los que he estado triste por el trajín de la vida.*

**A MIS ABUELOS:** *Por brindarme su cariño, apoyo y el consejo oportuno que me inspiraron, ayudándome a decidirme por el camino más correcto en la vida.*

**A MI FAMILIA EN GENERAL:** *Por siempre apoyarme y ayudarme en mis dificultades.*

**FINALMENTE:** *A mis amigos y a las personas que de alguna manera ayudaron a la realización de este proyecto.*

**Omar Antonio Mejia Funes**

## INDICE.

CONTENIDO	PAG.
INTRODUCCION GENERAL.....	I
CAPITULO I “GENERALIDADES”.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1 OBJETIVOS GENERALES.....	7
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
1.4 ALCANCES.....	9
1.5 LIMITACIONES.....	10
1.6 JUSTIFICACION.....	11
1.7 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION DESARROLLADA.....	13
CAPITULO II “DIAGNOSTICO ACTUAL DEL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS COMUNES DE LOS MUNICIPIOS DE TEJUTLA,EL PARAISO, LA REINA. AGUA CALIENTE Y SAN FRANCISCO MORAZAN.....	14
2.1 GENERALIDADES.....	15
2.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y DIMENSIONES.....	15
2.1.2 ASPECTOS FISICOS.....	24
2.1.3 PRODUCCIÓN AGROPECUARIA, INDUSTRIA Y COMERCIO.....	32
2.1.4 VIAS DE COMUNICACIÓN.....	34

2.1.5	POBLACION Y VIVIENDA ACTUAL.....	36
2.1.6	MARCO LEGAL. ....	39
2.1.7	DESCRIPCION DEL MODELO DE GESTION DE ASEO PÚBLICO.....	40
2.2	COMPOSICION DE LOS DESECHOS SÓLIDOS. ....	41
2.3	GENERACION DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.....	45
2.3.1	CALCULO DE LA PRODUCCION DIARIA.....	47
2.3.2	PESO VOLUMETRICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS. ....	48
2.4	MANEJO ACTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS. ....	49
2.4.1	ALMACENAMIENTO.....	49
2.4.2	RECOLECCION Y TRANSPORTE.....	51
2.4.3	TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL.....	58
2.5	SISTEMA FINANCIERO DEL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS. ..	59
2.5.1	REGISTRO DE LOS USUARIOS.....	59
2.5.2	TASAS COBRADAS POR EL SERVICIO.....	59
CAPITULO III “ESTUDIOS BASICOS DEL SITIO ESCOGIDO PARA EL DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL” .....		61
3.1	UBICACION GEOGRAFICA. ....	62
3.2	DESCRIPCION DEL SITIO. ....	62
3.2.1	TOPOGRAFIA.....	63
3.2.2	SUELOS.....	66
3.2.3	GEOLOGIA. ....	68
3.2.4	CLIMA. ....	73
3.2.5	PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO. ....	76



3.2.6	CLASIFICACION DEL SUELO EN ESTUDIO.....	77
3.2.7	PERMEABILIDAD DEL SUELO.....	86
3.3	ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS Y ASPECTOS LEGALES QUE LOS RIGEN.....	87
CAPITULO IV “DISEÑO Y PRESUPUESTO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL” .....		90
4.1	DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCION.....	91
4.1.1	TRAZADO DE RUTAS.....	92
4.1.2	CONTROL DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN.....	93
4.2	DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL.....	95
4.2.1	CALCULO DEL VOLUMEN NECESARIO.....	95
4.2.2	CÁLCULO DEL ÁREA REQUERIDA.....	98
4.2.3	PROCEDIMIENTO DE LOS CALCULOS EFECTUADOS PARA COMPLETAR EL CUADRO 4.2.....	100
4.2.4	SELECCIÓN DEL METODO.....	106
4.2.5	CÁLCULO DE LA VIDA UTIL.....	109
4.2.6	CÁLCULO Y DISEÑO DE LA CELDA DIARIA.....	111
4.2.7	CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE TERRAZAS.....	113
4.2.8	CALCULO DE LA MANO DE OBRA.....	114
4.3	DISEÑO DE LAS OBRAS DE DRENAJE.....	117
4.3.1	DRENAJE PLUVIAL.....	124
4.3.2	DRENAJE DE LÍQUIDOS LIXIVIADOS.....	129
4.3.3	DRENAJE DE GASES.....	140

4.4	DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS. ....	143
4.4.1	CERCO PERIMETRAL.....	143
4.4.2	CASETA DE CONTROL Y PORTON DE ACCESO.....	144
4.4.3	INSTALACIONES SANITARIAS.....	144
4.4.4	VIAS DE ACCESO INTERNAS.....	159
4.4.5	ROTULO DE IDENTIFICACION DEL PROYECTO.....	159
4.5	PRESUPUESTO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL.....	162
4.5.1	COSTO DE INVERSIÓN.....	162
4.5.2	COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	164
CAPITULO V “MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL” .....		165
5.1	OPERACIÓN.....	166
5.1.1	CONSTRUCCION DE LA CELDA DIARIA.....	166
5.1.2	MATERIAL DE COBERTURA.....	168
5.1.3	COMPACTACION.....	170
5.1.4	VIAS DE ACCESO Y CONTROL DE DESCARGA DE LOS VEHÍCULOS RECOLECTORES.....	173
5.1.5	OPERACIÓN EN PERIODO DE LLUVIAS.....	175
5.1.6	HERRAMIENTAS.....	179
5.1.7	SEGURIDAD DE TRABAJO.....	182
5.2	MANTENIMIENTO.....	189
5.2.1	CONTROL DE VECTORES.....	189
5.2.2	CONTROL DE GASES EXPLOSIVOS.....	191

5.2.3	CONTROL DE INCENDIOS. ....	192
5.2.4	CONTROL DE POLVO.....	193
5.2.5	CONTROL DEL MATERIAL DISPERSO. ....	194
5.2.6	CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES. ....	196
5.2.7	MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA.....	197
5.2.8	CONTROL DE DESECHOS PELIGROSOS. ....	202
5.2.9	CONTROL DE HURGADORES DE BASURA. ....	204
5.2.10	CONTROL DE OPERACIONES. ....	205
5.3	SEPARACIÓN DE MATERIALES Y MATERIA ORGANICA. ....	206
CAPITULO VI “ASPECTOS AMBIENTALES” .....		211
6.1	GENERALIDADES.....	212
6.2	ASPECTOS AMBIENTALES A SER AFECTADOS NEGATIVAMENTE POR LA IMPLEMENTACION DEL RELLENO SANITARIO. ....	213
6.2.1	ASPECTOS AMBIENTALES DE MAYOR IMPORTANCIA EN EL SITIO DE INTERES.....	215
6.3	METODOS PARA ESTUDIAR Y EVALUAR EL IMPACTO AMBIENTAL.....	216
6.3.1	PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. ....	217
6.3.2	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	219
6.3.3	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MÉTODOS.....	226
6.4	COMPLEMENTACIÓN DEL FORMULARIO AMBIENTAL. ....	231

6.4.1	LINEAMIENTOS PARA LA COMPLEMENTACIÓN DEL FORMULARIO AMBIENTAL. ....	231
6.4.2	LISTA DE DOCUMENTOS QUE DEBERÁN ANEXAR AL FORMULARIO..	238
CAPITULO VII “CLAUSURA Y USO FINAL DEL RELLENO SANITARIO MANUAL” .....		240
7.1	CLAUSURA Y POSTCLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO. ....	241
7.1.1	ACABADO FINAL Y ASENTAMIENTO.....	243
7.1.2	CRITERIOS ESPECÍFICOS PARA EL CIERRE O CLAUSURA DEL RELLENO.....	244
7.2	INFORMACION AL PÚBLICO.....	245
7.2.1	PARTICIPACION DE LA CIUDADANIA ORGANIZADA. ....	247
7.2.2	CONSEJOS PARA LOS CIUDADANOS.....	251
CAPITULO VIII “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES” .....		254
CONCLUSIONES. ....		255
RECOMENDACIONES.....		259
BIBLIOGRAFIA. ....		263
ANEXOS.....		265

## **INTRODUCCION GENERAL.**

En los últimos años se ha tomado un gran interés y atención sobre el manejo de los desechos sólidos generados por la población tanto del área urbana como rural, siguiendo la información y el ritmo cambiante en los hábitos de consumo de la sociedad se han buscado métodos de disposición final de desechos sólidos que presentan técnicas adecuadas que pueden ser aplicadas y que se apegan a las exigencias y posibilidades de las poblaciones que desean dar una solución integral a los desechos sólidos que producen.

Uno de los métodos de disposición final que se adapta mejor a las posibilidades y necesidades de poblaciones menores de 40,000 habitantes y que tiene un impacto prácticamente nulo en el ambiente si se maneja bien y que ayuda a preservar la salud pública; es el método de relleno sanitario manual, cuyo costo de operación y mantenimiento es accesible para los presupuestos asignados a los gobiernos locales de cada región.

En este documento se presenta un estudio de factibilidad y una propuesta de diseño para la construcción de un relleno sanitario no mecánico (manual) en el municipio de Tejutla departamento de Chalatenango, se realizo un estudio de generación y composición de los desechos sólidos en el municipio de Tejutla, el cual sirvió de base para los municipios de El Paraíso, La Reina, Agua Caliente y San Francisco Morazán, ya que estos municipios presentan características similares, en lo que respecta a la

fuente generadora, hábitos de consumo y desarrollo económico del área urbana, técnicas para un adecuado manejo de los desechos sólidos comunes, se propusieron rutas de recolección y el equipo adecuado para tal actividad, así como la frecuencia con la que ha de llevarse a cabo la recolección, un análisis técnico del sitio que las municipalidades antes mencionadas tienen destinado para la realización del relleno sanitario, se determinaron los costos de inversión, así como los costos de operación y mantenimiento tomando en cuenta las condiciones locales para el buen funcionamiento del relleno sanitario, se proponen técnicas de reducción, reciclaje y rehúso de algunos desechos sólidos y se presentan los lineamientos requeridos para complementar el formulario ambiental el cual es requerido para la obtención del estudio de impacto ambiental.

El contenido del documento comprende VIII capítulos, los cuales son los siguientes; capítulo I comprende los aspectos generales, capítulo II es un diagnóstico actual del sistema de manejo de los desechos sólidos comunes de los municipios de Tejutla, El Paraíso, La Reina, Agua Caliente y San Francisco Morazán, capítulo III comprende los estudios básicos del sitio escogido para dicho proyecto, capítulo IV es el diseño y presupuesto del relleno sanitario, capítulo V es una guía de operación y mantenimiento, capítulo VI aspectos ambientales, capítulo VII clausura y uso final del relleno sanitario y el capítulo VIII conclusiones y recomendaciones.

# ***CAPITULO I***

## ***“GENERALIDADES”***

## 1.1 ANTECEDENTES.

Durante siglos los desechos de las poblaciones se han arrojado en forma indiscriminada, creando promontorios de gran volumen, en las cercanías de las ciudades. Como la mayoría de los residuos eran orgánicos la naturaleza terminaba incorporándolos naturalmente al suelo, teniendo como consecuencia lo que se podría llamar una mínima contaminación, al tener un crecimiento bastante notorio de los asentamientos humanos, comenzaron a aparecer vertederos en los que la basura se tapaba con tierra; pero sin controles que evitaran la contaminación del suelo y las reservas de agua que están en el mismo, de ahí surge el método de relleno sanitario, el cual es una técnica de disposición final de desechos sólidos que no necesita gran cantidad de recursos humanos y económicos para su ejecución en los pequeños pueblos o ciudades.

Tomando en cuenta las limitaciones tecnológicas y económicas que tienen los países en vías de desarrollo, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) ha realizado estudios de factibilidad en los cuales recomienda la implementación de rellenos sanitarios manuales (no mecanizados o parcialmente mecanizados), ya que dichas técnicas pueden ser aplicadas a poblaciones pequeñas.<sup>1</sup>

En El Salvador el interés por solucionar el problema data desde el año de 1854 y es hasta el año de 1977 que se implementa la modalidad de rellenos sanitarios

---

<sup>1</sup> Factibilidad y diseño de relleno sanitario no mecanizado para la ciudad de Ilobasco. Tesis – U.E.S. año 1995.



mecanizados que por su alto costo de mano de obra y maquinaria para la operación y mantenimiento, esta forma de disposición final de los desechos sólidos fue descartada; luego en 1992 se recomienda la construcción del relleno sanitario manual en el municipio de Sensuntepeque, departamento de Cabañas promovido por la OPS a través de los programas de salud ambiental.<sup>2</sup>

El municipio de Tejutla antes del año 2000 no contaba con servicio de recolección ni con un sitio específico para depositar sus desechos sólidos, si no que estos eran arrojados en distintos lugares de la comunidad, tales como predios baldíos, a orillas de las calles, o en algunas ocasiones los desechos eran quemados por cierta parte de la población, generando todo lo anterior problemas al medio ambiente, proliferación de vectores y un paisaje antiestético.

En el año 2000 el gobierno local decidió adquirir un camión de volteo para la recolección tratando de cubrir todos los sectores, y decidió también adquirir un terreno que se encuentra ubicado a la orilla del camino rural que de Tejutla conduce a el municipio de El Paraíso, a una distancia aproximada de 1 ½ Km. del centro urbano, en donde depositar los desechos sólidos recolectados y así disminuir el problema que se estaba agudizando por los diversos promontorios de basura que se estaban generando en diversas partes de la ciudad aunque es importante señalar que ese terreno se ha convertido en un botadero a cielo abierto generando los problemas que trae consigo un sitio así.

---

<sup>2</sup> Relleno Sanitario manual un estudio de factibilidad para el municipio de San Francisco Gotera, departamento de Morazán. Tesis – U.E.S. año 2000.

En Agua Caliente se organizó la municipalidad en el año 2003, contratando los servicios particulares para la recolección de la basura, la cual se dispone en un botadero a cielo abierto que se encuentra ubicado al sur del municipio, a 2 Km. del pueblo sobre la calle que conduce a Santa Rosa. El mismo sistema de recolección particular es implementado en los municipios de La Reina y El Paraíso donde la disposición final se realiza en botaderos no autorizados localizados a orillas de las calles, predios baldíos, sobre ríos o quebradas y otros lugares clandestinos. Teniendo como inconveniente notable para el municipio de San Francisco Morazán, la falta de recolección y disposición en un solo lugar de los desechos sólidos que producen generando promontorios de basura en cualquier lugar, según lo decida el criterio de la persona que desea deshacerse de sus desechos producidos en un tiempo determinado.

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 finalmente los desechos sólidos, es por ello que los municipios antes mencionados han adquirido un terreno para utilizarlo como relleno sanitario, que se encuentra ubicado sobre la calle que conduce a El Paraíso a una distancia aproximada de 3 Km. del área urbana de Tejutla, en un sector en el cuál se observan terrenos rústicos, utilizados como potreros. El acceso se encuentra balastreado, transitable con cualquier tipo de vehículo todo el año, con buen mantenimiento.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los municipios de Tejutla, El Paraíso, La Reina, Agua Caliente y San Francisco Morazán en el departamento de Chalatenango no cuentan con un apropiado manejo y disposición final de los desechos sólidos que son generados por sus poblaciones y eso trae consecuencias tales como; la proliferación de vectores que son causantes de muchas enfermedades de importancia sanitaria en salud pública, como también la contaminación al medio ambiente (contaminación de aguas subterráneas, superficiales y la atmósfera).

En el municipio de Tejutla la disposición final de los desechos sólidos, se realiza en un botadero a cielo abierto, el cual se encuentra localizado a la orilla del camino rural que de Tejutla conduce a el municipio de El Paraíso, a una distancia aproximada de 1 ½ Km. del centro urbano, este botadero genera humos debido a la quema de los desechos, los cuales contaminan el aire y perjudican a las personas que viven cerca del lugar, los lixiviados que se producen no son controlados, los cuales al infiltrarse al suelo contaminan el agua subterránea, los mantos acuíferos superficiales y también se da el problema de la generación de vectores los cuales emigran a las viviendas más cercanas, la población más afectada es la del cantón Estanzuela, el cual se encuentra ubicado a unos 300 mt. de el botadero a cielo abierto.

Los municipios de El Paraíso y La Reina no cuentan con un sistema de manejo de desechos sólidos prestado directamente por las municipalidades, lo cual genera que la población que no está de acuerdo con el pago de la recolección por un medio privado,

disponga al libre albedrío la disposición final de sus desechos sólidos en botaderos no autorizados, diseminados en distintas partes de las comunidades, tales como predios baldíos, a las orillas de las carreteras, sobre ríos o quebradas y otros lugares clandestinos, constituyendo éstos, focos de contaminación severos para las comunidades y un paisaje muy antiestético.

En el caso del municipio de San Francisco Morazán, se han generado 9 botaderos a cielo abierto de los cuales, 4 se encuentran a la orilla del río La Quebrada, el cual es contaminado por los lixiviados producidos por los desechos ahí depositados, los demás se encuentran en la siguiente ubicación; sobre la calle nueva que conduce a el municipio, otro se encuentra dos cuabras antes de la escuela y unidad de salud, el siguiente al final de la cancha de fútbol, otro sobre la calle la Ronda valle San Antonio, y el ultimo  $\frac{1}{2}$  cuadra al costado poniente del parque central. Como se puede apreciar algunos botaderos están ubicados en zonas especiales, como el localizado cerca de la unidad de salud.

El municipio de Agua Caliente, cuenta en este momento con un servicio privado para la recolección, que se realiza 2 días a la semana cubriendo a la población urbana que han llegado a un acuerdo con la alcaldía, ésta paga el servicio privado teniendo como sitio de disposición final, un botadero a cielo abierto ubicado al Sur del municipio a 2 Km. del área urbana sobre la calle que conduce a Santa Rosa cercano a la quebrada los Vados, originando que la fauna silvestre como zopilotes, ratas y otros tipos de animales se proliferen y sean portadores de enfermedades, dañando además la flora junto al suelo por la cantidad de jugos lixiviados que se infiltran y los que pueden recorrer tramos de

la quebrada originando acumulamientos de agua que son tomados como abrevaderos por los animales de la zona, lo cual puede causarles enfermedades.

### **1.3 OBJETIVOS.**

#### **1.3.1 OBJETIVOS GENERALES.**

- Realizar un estudio de factibilidad y diseño de un relleno sanitario no mecánico para la disposición final de los desechos sólidos comunes, en el municipio de Tejutla departamento de Chalatenango, el cual servirá además para la disposición final de los municipios de La Reina, El Paraíso, Agua Caliente y San Francisco Morazán.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Realizar un estudio de generación y de composición de los desechos sólidos en el municipio de Tejutla el cual servirá de base para los demás municipios.
- Proponer técnicas que permitan un adecuado manejo y disposición final de los desechos sólidos comunes.
- Proponer rutas de recolección y el equipo adecuado para tal actividad, así como la frecuencia con la que ha de llevarse a cabo la recolección.

- Realizar el análisis técnico del sitio escogido por la municipalidad para la disposición final de los desechos y diseñar el Sistema de Relleno Sanitario.
- Determinar los costos de inversión del relleno sanitario, así como los costos de operación y mantenimiento.
- Presentar el manual para la operación y el mantenimiento, tomando en cuenta las condiciones locales para el buen funcionamiento del relleno sanitario.
- Proponer técnicas de reducción, reciclaje y rehúso de algunos desechos sólidos.
- Presentar los lineamientos requeridos para complementar el formulario ambiental, el cual es necesario para determinar los parámetros del estudio de impacto ambiental.

#### 1.4 ALCANCES.

- El estudio de factibilidad que se realizó así como la propuesta de diseño solamente contempla; el manejo y disposición final de los desechos de naturaleza no peligrosa, además la propuesta de diseño es un relleno sanitario no mecánico, se realizaron estudios de suelo necesarios y la factibilidad del sitio que las municipalidades tienen predispuesto para dicho proyecto.
- La propuesta de disposición final contempla no sólo el volumen de desechos generados por el municipio de Tejutla, sino también los generados por los municipios de El Paraíso, La Reina, Agua Caliente, y San Francisco Morazán.
- La proyección del servicio que prestará el relleno sanitario contempla los volúmenes de desechos generados por los municipios antes mencionados en un periodo no menor de 5 años.
- Facilitar un manual de operación y mantenimiento del relleno sanitario, para que funcione eficientemente.
- En el aspecto ambiental se presentan los lineamientos requeridos para completar el formulario ambiental, el cual permitirá hacer la gestión para la realización del estudio de impacto ambiental, hasta el dictamen dado por el MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) para éste.

## 1.5 LIMITACIONES.

- Para realizar el estudio de factibilidad es necesario hacer una alta inversión, por tanto la investigación se desarrolló de acuerdo a las condiciones económicas de los involucrados y el apoyo de entidades que promueven este tipo de proyectos.
- La propuesta de las rutas de recolección estuvo sujeta a las condiciones actuales de la red vial y la limitación de las alcaldías para mejorar el sistema de recolección.
- Falta de colaboración por parte de la población con respecto a la recolección de la información necesaria para el estudio de composición y generación de desechos sólidos en el municipio de Tejutla.



## 1.6 JUSTIFICACION.

En nuestro país el proceso de disposición final de los desechos sólidos casi en su totalidad consisten en botaderos a cielo abierto, los cuáles son focos de contaminación al medio ambiente y sirven de hábitat de vectores y animales, aumentando el riesgo de propagación de enfermedades contagiosas de importancia sanitaria en salud pública.

Actualmente, la disposición final de los desechos sólidos recolectados en el municipio de Tejutla y el municipio de Agua Caliente, se realiza en un sitio localizado a la orilla del camino rural que de Tejutla conduce al municipio de El Paraíso y en un sitio localizado al Sur del municipio de Agua Caliente a unos 2 Km. del área urbana sobre la calle que conduce a Santa Rosa respectivamente, estos lugares de disposición final no llenan los requerimientos de un relleno sanitario convirtiéndose en botaderos a cielo abierto los cuales contaminan los recursos agua, suelo y aire, afectando la calidad de vida de la flora, fauna y habitantes de la zona.

El suelo es contaminado por la infiltración que resulta de los líquidos lixiviados (jugo concentrado producto de la descomposición de los desechos sólidos) de los estratos, ya que, no existe ningún tipo de impermeabilización en la superficie del suelo, provocando una percolación hacia las aguas subterráneas contaminándolas y debido a la escorrentía producida por la lluvia los lixiviados pueden llegar a las fuentes de agua superficiales las cuales también son contaminadas.

El recurso aire es contaminado, debido a la generación de humos que son producidos por la quema de la basura, contaminando de esta forma la atmósfera, causando

enfermedades respiratorias a los habitantes que viven cerca de los botaderos, obstrucción de la vía cuando se coloca el camión a desalojar los desechos. Además, se genera desvalorización de las propiedades y áreas aledañas a los botaderos.

Los municipios de La Reina, El Paraíso y San Francisco Morazán depositan sus desechos sólidos en botaderos no autorizados localizados a orillas de las calles, predios baldíos, sobre ríos o quebradas y otros lugares clandestinos, generando focos de contaminación, en los cuales hay proliferación de vectores que luego emigran a las viviendas y estos son causantes de muchas enfermedades, estos focos de contaminación diseminados por todas partes crean un paisaje antiestético en las comunidades.

Por todo lo anterior, es que las municipalidades antes mencionadas se han unido y han adquirido un terreno en el cual se pretende construir un relleno sanitario manual, el cual es una técnica de disposición final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestias ni peligro para la salud pública; tampoco perjudica al medio ambiente su operación ni después de terminado el mismo, si se maneja, operativiza y mantiene adecuadamente. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que pueden causar los líquidos y gases producidos en el relleno por efecto de la descomposición de la materia orgánica y por su bajo costo de operación y mantenimiento se adapta perfectamente en nuestro país.

## 1.7 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION DESARROLLADA.

Para alcanzar los objetivos propuestos en el presente trabajo, se revisó toda la bibliografía necesaria como lo es, consulta de tesis, tanto de la Universidad de El Salvador como de otras universidades, consulta de libros referentes al tema, se revisó y aplico el reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos del MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) en El Salvador, se recurrió también a entrevistas con el personal de las alcaldías involucradas en el proyecto así como personas encargadas del área de desechos sólidos del MARN y del MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social) para la obtención de toda la información existente que fue necesaria para la realización de este trabajo.

Se utilizo una estación total para el levantamiento topográfico, tanto en planta como en perfil y de todo el equipo necesario para los estudios básicos del sitio donde se pretende construir el relleno sanitario.

Para obtener la composición de los desechos sólidos, se tomo un muestreo representativo de la carga de un camión recolector que procede de una ruta típica de recogida, se cuarteo la muestra y se tomo una parte para un cuarteamiento adicional hasta llegar a obtener una muestra de unos 50 Kg. Es importante también la obtención del peso específico de los desechos sólidos, para esto se utilizo el método de pesado de camiones.

## ***CAPITULO II***

***“DIAGNOSTICO ACTUAL DEL  
MANEJO DE LOS DESECHOS  
SÓLIDOS COMUNES DE LOS  
MUNICIPIOS DE TEJUTLA,  
EL PARAISO, LA REINA, AGUA  
CALIENTE Y SAN FRANCISCO  
MORAZAN”***

## 2.1 GENERALIDADES.

### 2.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y DIMENSIONES.

#### ***Tejutla.***

Municipio y distrito del departamento de Chalatenango. Está limitado por los siguientes municipios: al Norte, por La Reina y San Francisco Morazán; al Este, por San Francisco Morazán, San Rafael y El Paraíso; al Sur, por el embalse de la presa Cerrón Grande y al Oeste, por La Reina. Se encuentra ubicado entre las coordenadas siguientes: 14°13'35" LN. (Extremo septentrional) y 14°03'40" LN. (Extremo meridional). Como se muestra en la figura N° 1.

El área total del municipio es de 107.48 Km<sup>2</sup>

Area rural: 107.35 Km<sup>2</sup>

Area Urbana: 0.13 Km<sup>2</sup>

Perímetro: 72.5 Km.

Elevación: 350 m.s.n.m

#### ***El Paraíso.***

Municipio del distrito de Dulce Nombre de María, departamento de Chalatenango. Está limitado por los siguientes municipios: al Norte, por Tejutla y San Rafael, al Este, por San Rafael; al Sur, por el embalse de la presa Cerrón Grande; al Oeste, por Tejutla y el embalse de la presa Cerrón Grande. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes: 14°08'05" LN. (Extremo septentrional) y 14°04'05" LN.

(Extremo meridional); 89°02'47" LWG (extremo oriental) y 89°07'34" LWG. (Extremo occidental). Como se muestra en la figura N° 2.

El área total del municipio es de: 52.14 Km<sup>2</sup>

Área rural: 51.79 Km<sup>2</sup>

Área urbana: 0.35 Km<sup>2</sup>

Perímetro: 43.50 Km.

Elevación: 265 m.s.n.m

### ***La Reina.***

Municipio del distrito de Tejutla, departamento de Chalatenango. Está limitado por los siguientes municipios: al Norte, por la Palma, al Este, por San Francisco Morazán y Tejutla; al Sur, por Nueva Concepción y al Oeste, por Agua Caliente. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes: 14°16'34" LN. (Extremo septentrional); 14°04'54" LN. (Extremo meridional); 89°05'40" LWG. (Extremo oriental) y 89°12'10" LWG. (Extremo occidental). Como se muestra en la figura N° 3.

El área total del municipio es de: 133.50 Km<sup>2</sup>

Área rural: 133 Km<sup>2</sup>

Área urbana: 0.50 Km<sup>2</sup>

Perímetro: 61.50 Km.

Elevación: 265 m.s.n.m

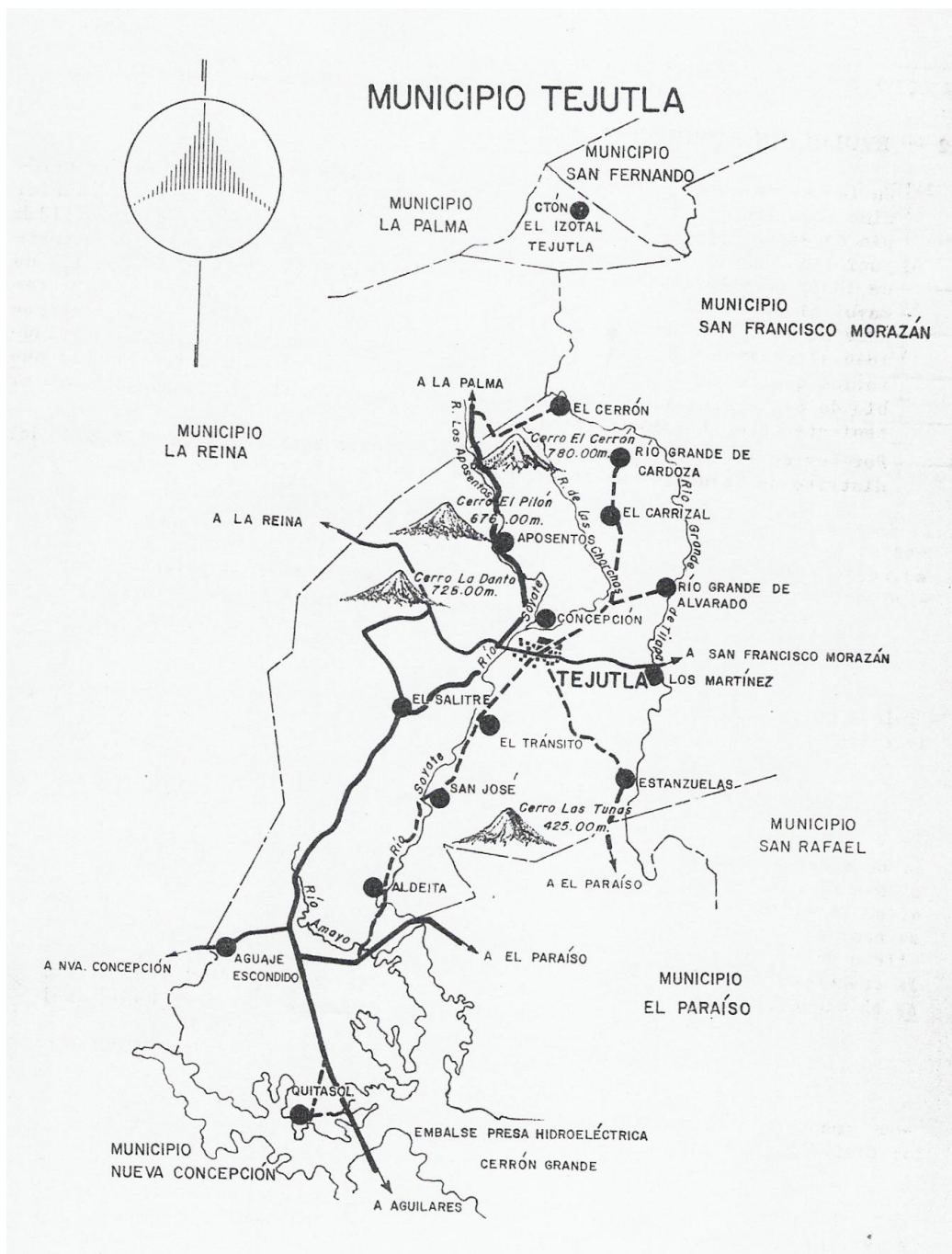


Figura N° 1. Ubicación Geográfica del Municipio de Tejutla.

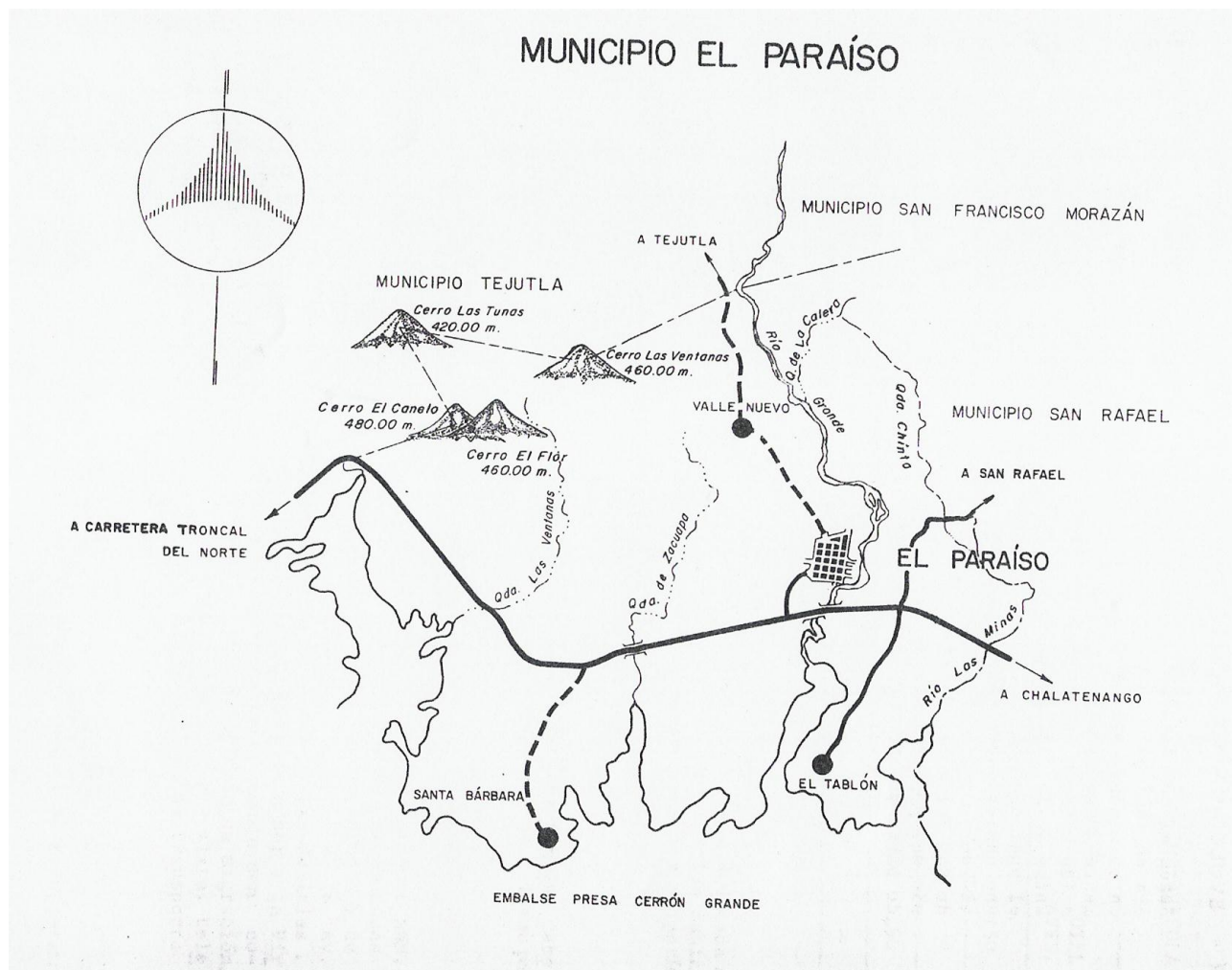


Figura N° 2 Ubicación Geográfica del Municipio de El Paraíso.



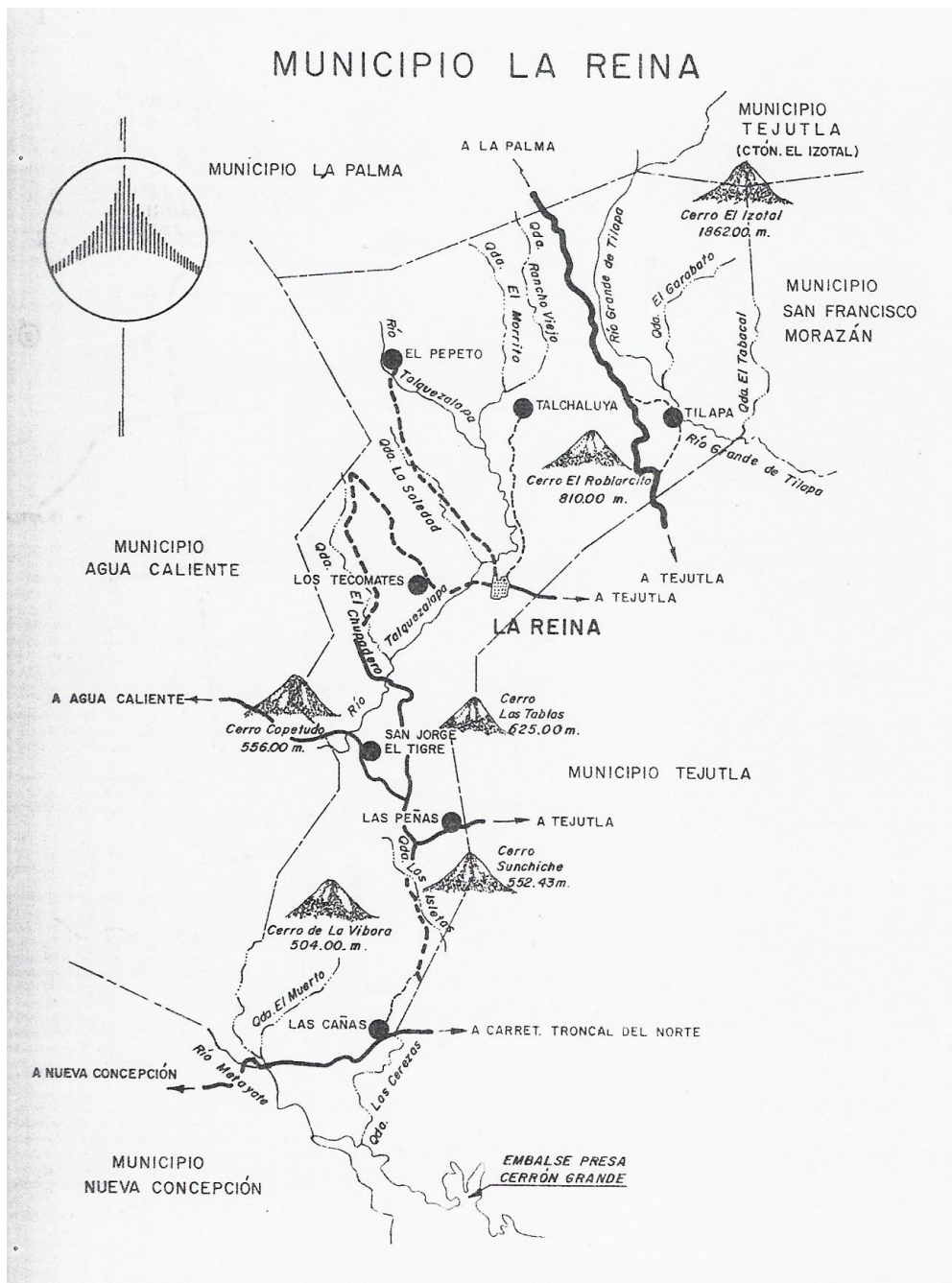


Figura N° 3 Ubicación Geográfica del Municipio de La Reina.

***Agua Caliente.***

Municipio del distrito y departamento de Chalatenango. Está limitado por los siguientes municipios: al Norte, por la Palma y Metapán (este último del departamento de Santa Ana); al Este, por La Reina; al Sur y Oeste, por Nueva Concepción. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes:

14°16'15" LN. (Extremo septentrional); 14°05'53" LN. (Extremo meridional); 89°10'33" LWG. (Extremo oriental) y 89°17'20" LWG. (Extremo occidental). Como se muestra en la figura N° 4.

El área total del municipio es de: 195.74 Km<sup>2</sup>

Área rural: 195.61 Km<sup>2</sup>

Área urbana: 0.13 Km<sup>2</sup>

Perímetro: 56.50 Km.

Elevación: 350 m.s.n.m.

***San Francisco Morazán.***

Municipio del distrito de Dulce Nombre de María, departamento de Chalatenango. Está limitado por los siguientes municipios: al Norte, por San Fernando y Tejutla; al Este, por Dulce Nombre de María y San Fernando; al Sur, por San Rafael; al Oeste, por Tejutla y La Reina. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes: 14°17'58" LN. (Extremo septentrional); 14°08'04" LN. (Extremo meridional); 89°01'00" LWG. (Extremo oriental) y 89°06'01" LWG. (Extremo occidental). Como se muestra en la figura N° 5.

El área total del municipio es de: 97.17 Km<sup>2</sup>

Área rural: 97.12 Km<sup>2</sup>

Área urbana: 0.05 Km<sup>2</sup>

Perímetro: 51.50 Km.

Elevación: 540 m.s.n.m

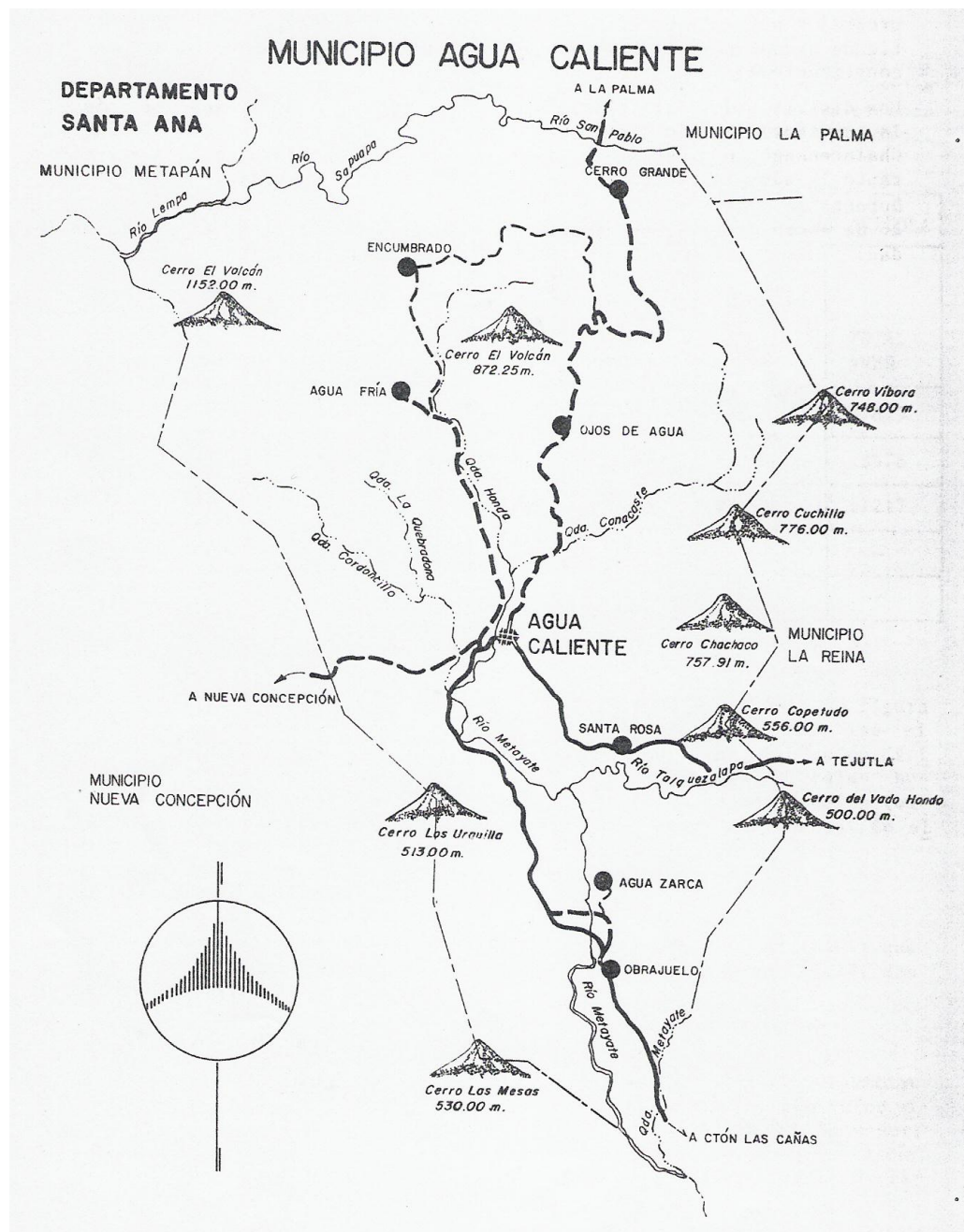


Figura N° 4 Ubicación Geográfica del Municipio de Agua Caliente.

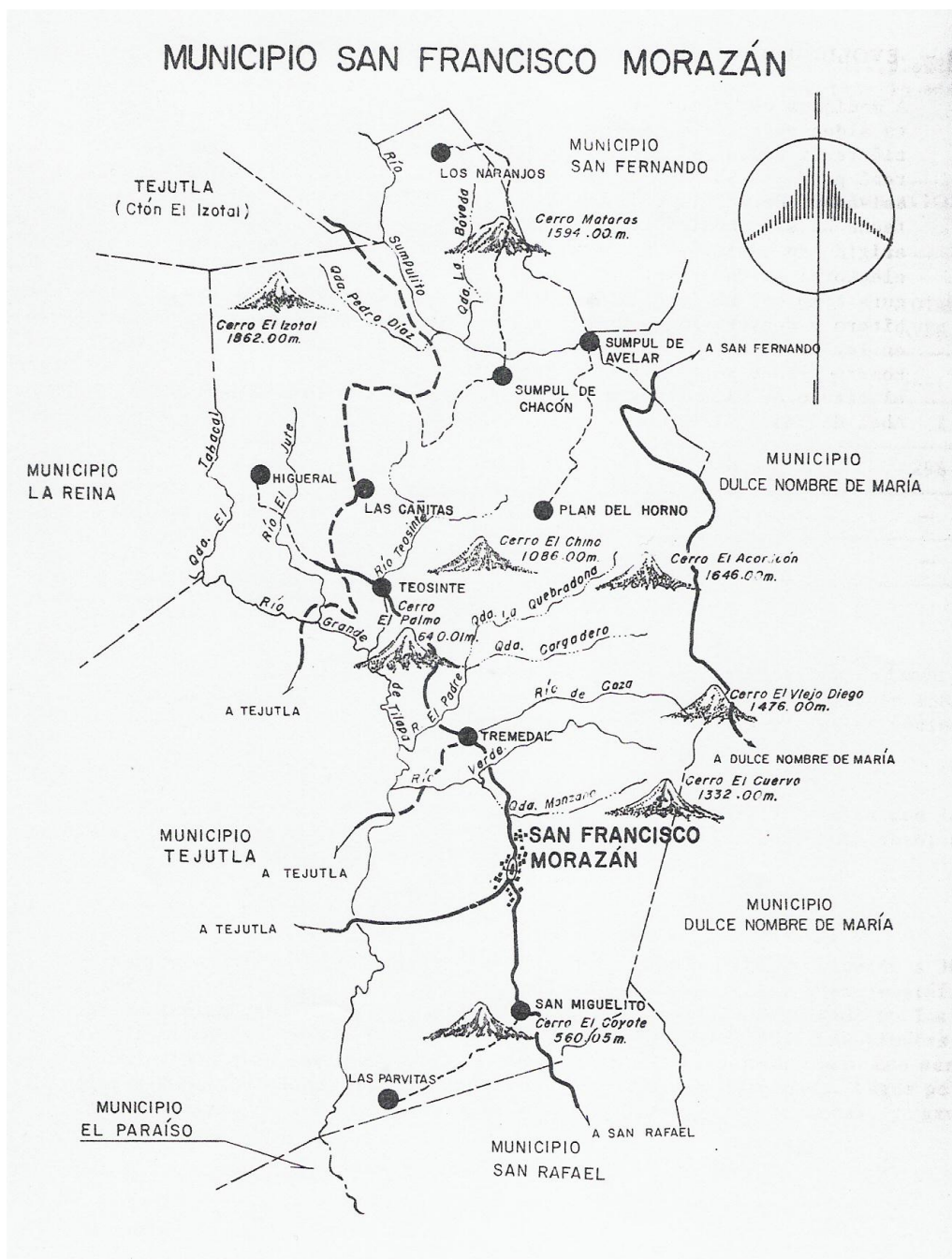


Figura N° 5 Ubicación Geográfica del Municipio de San Francisco Morazán.

## 2.1.2 ASPECTOS FISICOS.

### 2.1.2.1 Clima.

#### *Tejutla.*

El clima es caluroso. Pertenece al tipo de tierra caliente. El monto pluvial anual oscila entre 1600 y 2100 mm.

#### *El Paraíso.*

El clima es caluroso, pertenece al tipo de tierra caliente. El monto pluvial anual oscila entre 1600 y 1775 mm.

#### *La Reina.*

El clima es fresco y agradable, pertenece al tipo de tierra caliente y tierra templada. El monto pluvial anual oscila entre 1575 y 2000 mm.

#### *Agua Caliente.*

Su clima es cálido, pertenece al tipo de tierra caliente. El monto pluvial anual oscila entre 1400 y 2000 mm.

#### *San Francisco Morazán.*

Dentro del municipio se puede denotar dos tipos de clima; fresco y agradable, en la parte Norte y cálido en la parte Sur; o sea tierra caliente y tierra fría. El monto pluvial anual oscila entre 1800 y 2400 mm.

### 2.1.2.2 Vegetación.

#### *Tejutla.*

La flora constituye bosque húmedo subtropical. Las especies arbóreas más notables son: morro, pepeto, madre cacao, pino de ocote, nance, roble, Chaparro y otros.

#### *El Paraíso.*

La flora constituye bosque húmedo subtropical. Las especies arbóreas más notables son: pepeto, madre cacao, pino de ocote, chaparro, nance, roble y otros.

#### *La Reina.*

La flora está constituida por bosque húmedo subtropical. Sus especies arbóreas más notables son: cedro, Ceiba, copinol, pepeto, madre cacao, nance y chaparro.

#### *Agua Caliente.*

La flora está constituida por bosque húmedo subtropical. Sus especies arbóreas más notables son: nance, volador, zopilocuavo, pino, morro y otros.

#### *San Francisco Morazán.*

La flora está constituida por bosque; húmedo subtropical, muy húmedo subtropical y muy húmedo montano bajo.

### 2.1.2.3 Suelos.

#### *Tejutla.*

Los tipos de suelo que se encuentran en el municipio son: Aluviones y Grumosoles Entisoles y Vertisoles. Conforman la fase profunda ligeramente a nivel. Litosoles y Regosoles. Enfisoles, constituyen la fase ondulada a montañosa muy accidentada;

Lotosoles Arcillo Rojizos y Litosoles. Alfisoles son la fase pedregosa superficial, de ondulada a montañosa muy accidentada.

***El Paraíso.***

Los tipos de suelo que se encuentran en el municipio son: Regosoles y Aluviales, Entisoles (conforman la fase casi a nivel, ligeramente inclinada); Aluviales y Grumosoles Entisoles y Vertisoles. (Son la fase profunda ligeramente a nivel); Litosoles y Regosoles Entisoles (constituyen la fase ondulada montañosa muy accidentada).

***La Reina.***

Los tipos de suelo que se encuentran en el municipio son: los Litosoles y Regosoles. Entisoles (fase ondulada a montañosa muy accidentada) y Lotosoles Arcilla y Litosoles. Alfisoles (fase pedregosa superficial, de ondulada a montañosa muy accidentada).

***Agua Caliente.***

Los diferentes tipos de suelos que existen en el municipio son: Lotosoles Arcillo Rojizos y Litosoles. Alfisoles (fase pedregosa superficial, de ondulada a montañosa muy accidentada). Suelos Aluviales y Grumosoles Entisoles y Vertisoles. (Fase profunda ligeramente a nivel) y Litosoles y Regosoles. Entisoles. (Fase ondulada a montañosa muy accidentada).



### ***San Francisco Morazán.***

Los diferentes tipos de suelos que existen en el municipio son: Litosoles y Regosoles. Entisoles (fase ondulada a montañosa muy accidentada), Latosoles Arcillo Rojizos y Litosoles. Alfisoles (fase pedregosa superficial, de ondulada a montañosa muy accidentada), suelos Podzolicos Rojo Amarillento y Litosoles (fase pedregosa, de ondulada a montañosa) y Latosoles Hidrohumivo. Oxisol (fase de montañas elevadas y accidentadas).

#### **2.1.2.4 Topografía.**

En los municipios de Tejutla, El Paraíso, La Reina, Agua Caliente y San Francisco Morazán, la topografía está constituida principalmente por una gran cantidad de cerros, quebradas y muy pocas planicies.

#### **2.1.2.5 Hidrografía.**

##### ***Tejutla.***

Riegan al municipio los ríos: Soyate, Amayo, Grande de Tilapa, Las Chorchas, Zarco, Los Aposentos y las quebradas; El Cortez de Muñoz, Cusuco del Llano, Los Chorros, Las Isletas o el Chumelo, San Brandona, El Obraje, El Chelo, El Ojushte.

##### **RIOS PRINCIPALES.**

Grande de Tilapa: nace fuera de este municipio y comienza su recorrido dentro de él, a 5.8 Km. al Norte de la ciudad de Tejutla, en el confluencia con la quebrada el Tabacal, sirviendo como límite municipal con San Francisco Morazán, corre 3.5 Km. de Noreste

a Sureste. Hasta su confluencia con el río Teosinte y de este punto corre 9.5 Km. al Sur donde entra a formar parte como límite principal de San Rafael y El Paraíso, desembocando en el embalse del Cerrón Grande. Sus afluentes en el tramo de este municipio son los ríos: El Jute, Teosinte, El Padre, Verde y las quebradas: El Obraje y El Salto; su longitud es de 13 Km.

Soyate: se forma de la confluencia de los ríos; Los Aposentos y Las Chorchas a 0.5 Km. al Norte de la ciudad de Tejutla; corre en dirección Noreste a Suroeste, desde su formación hasta llegar a 0.7 Km. al Sur del Cantón y Caserío Aldeira en donde su curso es hacia el Este. Tiene como afluente a las quebradas: El Cortez, La Quebradota y Obraje. Desemboca en el embalse de la Presa Cerrón Grande. De longitud 10 Km.

### ***El paraíso.***

Este municipio es regado por los ríos: Grande, Las Minas; y las quebradas: Desacuapa, China, Loma Lisa, Mandadero o Las Crucitas y El Ojushte. El costado Sur de este municipio es bañado por el embalse de la Presa Cerrón Grande.

### **RIOS PRINCIPALES.**

Grande: penetra en este municipio a 3.7 Km. al Norte del pueblo de El Paraíso, en un tramo de su recorrido sirve de límite entre este municipio y el de San Rafael, corre en dirección de Norte a Sur, hasta desembocar en el embalse de la Presa Cerrón Grande; tiene como afluente la quebrada la Galera. La longitud de su recorrido dentro de su municipio es de 5.3 Km.

Las Minas: se forma de la confluencia de dos quebradas sin nombre, en el municipio de San Rafael, hace su entrada en El Paraíso, 2 Km. al Noreste de su cabecera municipal;

corre hacia el Sur y desemboca en el embalse de la Presa Cerrón Grande. La longitud de su recorrido dentro del municipio es de 3.5 Km.

### ***La Reina.***

Riegan el municipio los ríos: Talquezalapa, Grande de Tilapa, Los Aposentos y Metayate; las quebradas: Isletas o El Chumelo, San José, Las Cañas, La Cereza, El Muerto, El Flor o El Plateado, Poza Redonda, La Granadilla, El Chupadero, del Macho Muerto, del Llano, La Soledad, Cusuco, Zapote, El Pepeto, El Infiernillo, Las Trojas, Rancho Viejo, El Morrito, El moluxe, de Monte Verde, El Escobillar, El Garabato, El Naranja, El Tabacal y las Víboras.

### **RIOS PRINCIPALES.**

Talquezalapa: se forma de la confluencia de las quebradas de Monte Verde y El Moluxe, a 5.8 Km. al Noreste de la Vía de la Reina, corre de Norte a Sur y recibe la afluencia de las quebradas Las Trojas, El Pepeto, El Infiernillo, Zapotes, La Soledad, del Macho Muerto y El Chupadero. La longitud dentro del municipio es de 15.5 Km.

Metayate: nace fuera de este municipio; corre de Noreste a Sureste a la vez sirve de límite al lado Sur con el municipio de Nueva Concepción, desembocando en el embalse de la Presa Cerrón Grande. La longitud que recorre dentro del municipio es de 2 Km.

Grande de Tilapa: nace fuera del municipio a 9.5 Km. al Norte de la Vía de La Reina, corre de Norte a Sur y recibe la afluencia de las quebradas: El Escobillar y El Garabato. La longitud que recorre dentro del municipio es de 8.5 Km.

### ***Agua Caliente.***

Riegan al municipio los ríos: Lempa, Sapuapa, San Pablo, Metayate, Talquezalapa; las quebradas: El Aguacatillo, La Carbonera, La Gloria, El Tigre, El Jute, El Pilón, Mal Paso, Mezcalon o Agua Fría, El Atonal, Bartolo, La Quesera, La Montañita, de Agua Honda, de las Vegas, Cordoncillo, Salitrillo, Salto Colorado, Grande, Los Micos, Conacaste, El Ojushte, El Jute, El Palo Verde, Sálamo, La Acosta, Cañalitas, El Salitre, Las Víboras y El Cafetal.

### **RIOS PRINCIPALES.**

Lempa: río de gran caudal que a su paso por el municipio de Agua Caliente le sirve de límite natural con el de Metapán (departamento de Santa Ana), en un tramo aproximado de 2 Km. que va desde la desembocadura del río Sapuapa hasta la desembocadura de la quebrada El Aguacatillo.

Sapuapa: se forma de la confluencia del río San Pablo y la quebrada Terrero, a 9 Km. al Norte del pueblo de Agua Caliente, corre de Este a Oeste y desemboca en el río Lempa. Sus afluentes son; las quebradas: Los Micos y de Agua Honda. La longitud dentro del municipio es de 10 Km.

Metayate: se forma de la confluencia de las quebradas Agua Fría y Honda, 8.9 Km. al Norte del pueblo de Agua Caliente, corre de Norte a Sur y desemboca en el embalse de la Presa Cerrón Grande tiene como afluente al río Talquezalapa y las quebradas Las Vegas, Los Micos, Conacaste, Cordoncillo, Salitrillo, La Gloria, Palo Verde, El Cafetal, Cañalitas, El Jute y Poza Redonda. La longitud dentro del municipio es de 20.5 Km.

***San Francisco Morazán.***

Riegan al municipio: Sumpulito, El Jute, El Teosinte, El Padre, Grande de Tilapa, de Caza y Verde; las quebradas: Pedro Díaz, Los Infiernillos, La Bóveda, Mejias, Joya del Jute, El Tabacal, Los Naranjos, Tulteca, Cutal, La Quebradona, La Guanca, Cargadero, El Níspero, El Obraje, Limón o dantas, Manzano, El Salto, La Calavera y El Achiotal.

**RIOS PRINCIPALES.**

Grande de Tilapa: nace fuera del municipio de San Francisco Morazán y empieza a formar parte de él a partir de su confluencia con la quebrada el Tabacal, corre en dos etapas; la primera de Noreste a Sureste y luego de Norte a Sur hasta salir del municipio, sirviendo de límite natural con el municipio de Tejutla. Recibe la afluencia por su margen derecho de los ríos: El Jute, Teosinte, EL Padre y Verde. La longitud que recorre dentro del municipio es de 14 Km.

Sumpulito: nace fuera del municipio de San Francisco Morazán y al entrar a éste, sirve de límite natural con el municipio de San Fernando; corre de Norte a Sur y luego cambia su rumbo de Oeste a Este. Sus afluentes son las quebradas: Pedro Díaz, La Bóveda, Infiernillos, Mejias, Joya del Jute y Los Avelar. La longitud que recorre dentro del municipio es de 7 Km.

El Padre: se forma de la confluencia de las quebradas Guanca y La Quebradona, 4.4 Km. al Norte del pueblo de San Francisco Morazán; corre de Noreste a Sureste y desemboca en el río Grande de Tilapa. Sus afluentes son: el río de Caza y la quebrada El Cargadero. La longitud que recorre dentro del municipio es de 3.5 Km.

Verde: nace 3.5 al Noreste del pueblo de San Francisco Morazán; corre de Este a Oeste y desemboca en el río Grande de Tilapa; recibe la afluencia de la quebrada Manzano. La longitud que recorre dentro del municipio es de 6.5 Km.

### 2.1.3 **PRODUCCIÓN AGROPECUARIA, INDUSTRIA Y COMERCIO.**

#### ***Tejutla.***

Los productos agrícolas de mayor cultivo son: granos básicos, café, plantas hortenses, frutícolas. Hay crianza de ganado: vacuno, porcino, caballar y mular; lo mismo que aves de corral.

El municipio carece de industria. En el comercio local existen tiendas, un mercado pequeño y otros, la parte del Caserío el Coyolito que se encuentra a orilla de la carretera Troncal del Norte se puede observar bastantes comercios entre ellos tenemos; talleres, comedores, etc. Su comercialización la realizan con las cabeceras municipales de San Francisco Morazán, San Rafael, El Paraíso, La Reina y La Palma.

#### ***El Paraíso.***

Los productos agrícolas de mayor cultivo son: granos básicos, café, plantas hortenses, frutícolas. Hay crianza de ganado: vacuno, porcino, caballar y mular; lo mismo que aves de corral.

En este municipio se elaboran productos lácteos y se procesa la caña de azúcar de pilón y panela. Su comercialización la realiza con las cabeceras municipales de San Rafael, Santa Rita, Dulce Nombre de María.

### ***La Reina.***

Los productos agrícolas de mayor cultivo son: cereales, fríjol y caña de azúcar. Existe la crianza de ganado; vacuno y porcino. Lo mismo que de aves de corral.

En este municipio, se elaboran productos lácteos y azúcar de panela. En el comercio local existen tiendas, un mercado pequeño y otros. La comercialización la realiza con las cabeceras municipales de La Palma, Tejutla y Agua Caliente.

### ***Agua Caliente.***

Los productos agrícolas de mayor cultivo son: cereales y café, pero en menor escala. Existe la crianza de ganado: vacuno, porcino, caballo y mular; lo mismo que aves de corral.

La principal industria consiste en la elaboración de productos derivados de la leche. Su comercio lo realiza con las cabeceras municipales de La Reina, Nueva Concepción, La Palma y Metapán, en el comercio local se encuentran pequeños negocios.

### ***San Francisco Morazán.***

Los productos agrícolas de mayor cultivo son: cereales, frutas, caña de azúcar y palmeras. Existe crianza de ganado: vacuno - bovino, caballo y mular; lo mismo que de aves de corral.

Entre la industria más importante podemos mencionar, la elaboración de productos lácteos, dulce de panela y objetos de palma. Su comercialización la realiza con las

cabeceras municipales de San Fernando, Tejutla, Dulce Nombre de Maria, San Rafael y La Reina.

#### 2.1.4 VIAS DE COMUNICACIÓN.

##### *Tejutla.*

La ciudad de Tejutla se une por carretera pavimentada que conduce de la ciudad de San Salvador a la frontera El Poy (CA-4), el desvío para ésta se encuentra a 10 Km. del desvío de Amayo sobre la carretera antes mencionada virando hacia la derecha en ese punto.

Esta ciudad también se une por carretera pavimentada con la ciudad de La Palma y por carretera de tierra transitable todo el año con cualquier tipo de vehículo con los municipios de San Rafael y El Paraíso. Cantones y Caseríos se enlazan por caminos vecinales a la cabecera municipal.

##### *El Paraíso.*

El pueblo de El Paraíso se une por carretera pavimentada que conduce de la ciudad de San Salvador a la frontera El Poy (CA-4), llegando al desvío de Amayo se cruza hacia la derecha sobre la carretera que conduce al municipio de Chalatenango, el desvío a El Paraíso se encuentra a 6 Km. del desvío de Amayo sobre carretera a Chalatenango virando al lado izquierdo en ese punto.



Este pueblo se une también por carretera pavimentada y mejorada con los pueblos de San Rafael, Santa Rita y con la ciudad de Dulce Nombre de María. Cantones y Caseríos se enlazan por caminos vecinales a la cabecera municipal.

### ***La Reina.***

La Villa de La Reina se une por carretera pavimentada que conduce de la ciudad de San Salvador a la frontera El Poy (CA-4), el desvío para ésta se encuentra a 8 Km. del desvío de Amayo sobre la carretera antes mencionada, virando hacia la izquierda en ese punto.

La Villa de La Reina se comunica también por carretera sin pavimentar transitable todo el año con cualquier tipo de vehículo, con el pueblo de Agua Caliente, La Palma y Tejutla. Caminos vecinales unen entre si los Cantones y Caseríos del municipio.

### ***Agua Caliente.***

La Villa de Agua Caliente se une por carretera pavimentada que conduce de la ciudad de San Salvador a la frontera El Poy (CA-4), llegando al desvío de Amayo se cruza hacia la izquierda recorriendo 6 Km. llegando al desvío de Agua Caliente que se encuentra a la derecha, recorriendo 8 Km. hasta llegar a esta Villa.

La Villa de Agua Caliente se comunica por carretera pavimentada con las poblaciones de La Reina, hacia el Norte y Nueva Concepción, hacia el Sur. Caminos vecinales unen Cantones y Caseríos a la cabecera municipal.

### ***San Francisco Morazán.***

El pueblo de San Francisco Morazán se une por carretera pavimentada que conduce de la ciudad de San Salvador a la frontera El Poy (CA-4), llegando al desvío de Amayo se

cruza hacia la derecha sobre la carretera que conduce al municipio de Chalatenango, el desvío al municipio de San Rafael se encuentra a 8 Km. del desvío de Amayo, se recorren 3 Km. sobre la carretera a San Rafael la cual es de tierra transitable todo el año con cualquier tipo de vehículo, encontrando así el desvío a San Francisco Morazán recorriendo desde este punto 7 Km. hasta el área urbana de éste.

El pueblo de San Francisco Morazán se comunica también por carretera de tierra transitable todo el año con cualquier tipo de vehículo, con las poblaciones de: Tejutla, Dulce Nombre de María, Chalatenago y San Rafael; caminos vecinales enlazan Cantones y Caseríos a la cabecera municipal.

Todos los municipios antes mencionados en lo que respecta al área urbana cuentan con el servicio de energía eléctrica y telecomunicaciones.

#### **2.1.5 POBLACION Y VIVIENDA ACTUAL.**

Las características que influyen de gran manera en el sistema de aseo público; es el crecimiento de la población y la densidad que se tiene por área de la misma, ya que es importante conocer la producción percapita de desechos sólidos, subrayando que es importante también analizar el número de viviendas y características de vida a la que está acostumbrada y al nivel de consumo de la población.

De acuerdo con los Censos Oficiales de las poblaciones de los municipios en estudio en los años de 1971 y 1992 se ha obtenido la población proyectada para el año 2004 por

medio del Método de Crecimiento Geométrico, este método considera que algunas ciudades crecen en proporción correspondiente a un porcentaje uniforme de la población actual del periodo.

El método de proyección Geométrico es el que da resultados más lógicos y apegados a la realidad que las áreas urbanas de los municipios en estudio muestran por ser estas pequeñas pero con un manifiesto estado de desarrollo, buenos servicios de comunicación y buen clima; este método permite obtener resultados menores de población a corto plazo, pero mayores en largos periodos.

Debido a las características propias de las áreas urbanas de los municipios en estudio consideramos que a corto plazo no crecerá significativamente y ni en la misma proporción, por lo que su aumento tenderá a modificarse dependiendo de la coyuntura socioeconómica de las áreas urbanas de los municipios en estudio. Los datos obtenidos se muestran en el cuadro 2.1.

$$P_f = P_0(1 + r)^{(n)} \quad \text{Formula del Método de Crecimiento Geométrico}$$

Donde:

$P_f$  : población futura

$P_0$  : población actual

$r$  : tasa de crecimiento

$n$  :  $(t_f - t_0)$  intervalo de años.

Cuadro 2.1 Datos de población de los municipios en estudio.

Municipio	Población Censo de 1971			Población Censo de 1992						Población Proyectada 2004		
	Pob. Total.	Pob. Urban.	Pob. Rural	Pob. total	Tasa Total.	Pob. Urban.	Tasa Urban.	Pob. Rural	Tasa Rural.	Pob. Total.	Pob. Urban.	Pob. Rural
Tejutla	9319	1051	8268	12913	1,57	1409	1,41	11504	1,59	15559	1666	13893
El Paraíso	3603	1377	2226	9979	4,97	3574	4,65	6405	5,16	17861	6164	11697
La Reina	7553	1589	5964	7635	0,05	2227	1,62	5408	-0,46	7682	2701	4981
Agua Caliente	6952	1339	5613	8480	0,94	1916	1,72	6544	0,73	9464	2351	7113
San Fran. Morazán	4278	724	3554	2279	-2,95	807	0,52	1472	-4,11	1591	859	732
Total										52157	13741	38416

Fuente: Dirección de Estadística y Censos.

Cuadro 2.2 Datos de viviendas actuales en el área urbana de los municipios en estudio.

Municipio	Nº de viviendas
Tejutla	470
El Paraíso	850
La Reina	600
Agua Caliente	597
San Francisco Morazán	350
Total	2867

Fuente: Unidad de Salud de cada municipio.

### 2.1.6 MARCO LEGAL.

El servicio de aseo público es prestado de acuerdo a las competencias por las municipalidades, según las siguientes leyes:

- Ordenanza Municipal Reguladora de Tasas por Servicios Municipales de Tejutla, departamento de Chalatenango; Decreto N° 2 Diario Oficial Tomo N° 350 N° 56, de fecha 19 de Marzo del 2001.
- Reformas a la Ordenanza de Tasas por Servicios Municipales de Tejutla, departamento de Chalatenango; Decreto N° 2 Diario Oficial Tomo N°362 N° 5, de fecha 9 de Enero del 2004.
- Código Municipal Art. 4 Inciso 19, establecido por Decreto N° 274 de la Asamblea Legislativa, publicado en el Diario Oficial N° 23 Tomo N° 290 del 5 de Febrero de 1986.
- Código de Salud publicado en el Diario Oficial en el Tomo N° 299 del 11 de Mayo de 1988, refiriéndose en las secciones 7 y 10 el Saneamiento Urbano y Rural de los Desechos Sólidos.

Las municipalidades de El Paraíso, La Reina, Agua Caliente y San Francisco Morazán no prestan el servicio de Aseo Urbano, por lo que no aplican ningún Marco Legal, pero cabe mencionar que a todas les corresponde prestar el servicio de aseo urbano, según el Código Municipal Art. 4 Inciso 19 y por el Código de Salud refiriéndose en la sección 7 y 10 el Saneamiento Urbano y Rural de los Desechos Sólidos, aclarando que El Paraíso y La Reina cuentan con una Ordenanza Municipal, pero ésta no es aplicada.

### **2.1.7 DESCRIPCION DEL MODELO DE GESTION DE ASEO PÚBLICO.**

De las municipalidades en estudio, solamente la municipalidad de Tejutla presta el servicio de Aseo Urbano, por lo que solamente de ésta se hará la descripción de su modelo de gestión de aseo público.

El servicio de Aseo Público prestado por la alcaldía de Tejutla incluye; lo que comprende la recolección, el transporte y la disposición final de los desechos sólidos que son generados por el área urbana, los comercios y algunas viviendas del Caserío El Coyolito.

Actualmente la administración de estos servicios al interior de la alcaldía está a cargo del departamento de Servicios Municipales, sección Aseo. La recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos se realiza utilizando un camión de volteo marca Toyota Dyna, el cual cuenta con una cuadrilla de cuatro personas; un motorista y tres auxiliares, quienes laboran en un horario determinado para los días siguientes; Lunes, Miércoles y Sábado de 5 AM. a 2 PM (área urbana), Martes de 5 AM. a 5 PM. (Caserío El Coyolito) y Viernes de 5 AM a 3 PM. (Instituciones Educativas).

El barrido de las calles, también es prestado por la municipalidad en lo que se refiere al servicio de Aseo Público, el cual se realiza a partir de las 5 AM., barriendo la zona céntrica del área urbana, la basura que resulta del barrido es depositada en unos barriles que se encuentran atrás de la alcaldía, donde luego es recogida por el camión recolector.

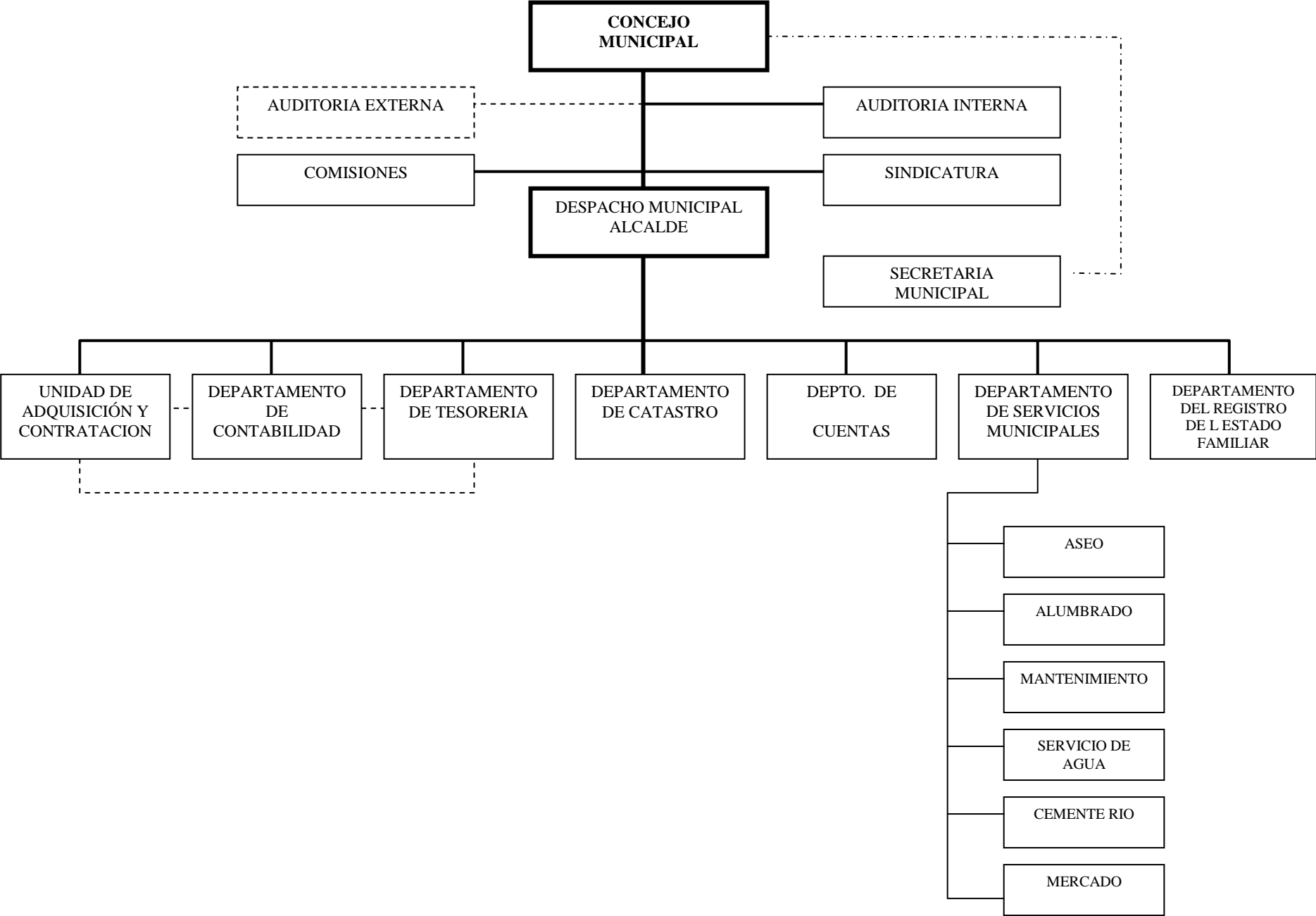
La cantidad de desechos sólidos generados por el área urbana, Caserío El Coyolito e Instituciones Educativas es de 1.8 ton/día, cuya disposición final se efectúa en un botadero a cielo abierto el cual se encuentra ubicado a la orilla del camino rural que de Tejutla conduce al municipio de El Paraíso, a una distancia aproximada de 1 1/2 km. del centro urbano, este botadero no recibe ningún tratamiento, por lo que contamina al medio ambiente.

Las tasas cobradas por el servicio de aseo urbano están basadas en la Ordenanza Municipal de Tejutla, las cuales se muestran en el cuadro 2.11. La estructura administrativa de la municipalidad de Tejutla se presenta en la figura N° 6.

## **2.2 COMPOSICION DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.**

La composición física de los desechos sólidos es uno de los factores de mayor importancia desde el punto de vista del reciclaje, rehúso o para la transformación en compost de dichos residuos. La composición de la basura está determinada por los diferentes componentes que la forman y dependen fundamentalmente del tipo de procedencia (fuente generadora), es de mencionar también que la composición de la basura varia según los hábitos de consumo de la población, al igual que el indicador de la producción de basura por el desarrollo económico de la localidad. El estudio de composición de los desechos sólidos solo se realizo para el municipio de Tejutla, ya que los demás municipios presentan características similares en lo que respecta la

Figura N° 6. Estructura organizativa de la alcaldía municipal de Tejutla.





fuente generadora (doméstica), hábitos de consumo y desarrollo económico del área urbana.

En Tejutla la procedencia de los desechos sólidos es de dos tipos; doméstica (área urbana) y comercial (Caserío El Coyolito). La basura doméstica consta generalmente de papel, cartón, vidrio, latas, plásticos, restos de alimentos y trapos.

La composición de la basura generada en lugares comerciales depende principalmente de la actividad comercial, que en este caso la mayoría de comercios son talleres y comedores donde se puede observar mayor cantidad de plástico, metales, vidrio y menor cantidad de materia orgánica comparada con la composición de los desechos sólidos domésticos de Tejutla.

Para el análisis de los componentes de los desechos sólidos, se tomo una muestra de 1 m<sup>3</sup> del día Lunes (recolección del área urbana) y del día Martes (recolección del Caserío el Coyolito). Luego se procedió a cuartearla hasta obtener aproximadamente 50Kg. de cada muestra, para después determinar el porcentaje en peso de cada uno de los grupos de componentes, los resultados se presentan en los cuadros 2.3 y 2.4.

Cuadro 2.3 Composición de los desechos sólidos del área urbana del municipio de Tejutla.

<b>Componentes</b>	<b>% en peso</b>
Materia Orgánica	80,53
Plástico, Caucho	5,94
Papel y Cartón	4,29
Madera	3,96
Vidrio	2,31
Metales	1,65
Textiles	1,32

Fuente: Grupo de Tesis.

Cuadro 2.4 Composición de los desechos sólidos del Caserío el Coyolito.

<b>Componentes</b>	<b>% en peso</b>
Materia Orgánica	31.69
Plástico, Caucho	20.32
Papel y Cartón	5.03
Madera	7.36
Vidrio	14.60
Metales	18.09
Textiles	2.91

Fuente: Grupo de Tesis.

### 2.3 GENERACION DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.

La determinación de la cantidad de los desechos sólidos generados es muy importante, por que sobre la base de estos es que se realiza la planificación del sistema de aseo urbano, de lo cual depende la asignación de recursos y la cantidad de equipo necesario así como el dimensionamiento del sitio de disposición final.

La cantidad de desechos sólidos generados en el área urbana del municipio de Tejutla se obtuvo por medio del pesado del camión recolector durante un periodo de una semana en una báscula, del Ingenio la Cabaña, municipio El Paisnal, Departamento de San Salvador.

Los días que el camión recolector pasa por el área urbana son: Lunes, Miércoles y Sábado, durante estos días se monitoreó el peso de los desechos sólidos recolectados por día, para la determinación de la producción per cápita (ppc). Teniendo el número de viviendas a las que el camión presta el servicio de recolección, en cada viaje realizado para recolectar la basura, y así se obtuvieron los datos que se presentan en el cuadro 2.5 y 2.6

Cuadro 2.5 Cálculo de la generación percapita promedio de los desechos sólidos del área urbana del municipio de Tejutla.

Nº	Día De Rec.	Ruta del camión	Peso Neto de los D.S		Frecuencia de Recolección	días Sin Rec.	Peso diario eq.(Kg.)	Viv. por ruta.	Hab. servidos	P.P.C Kg/hab /día	Prod. de hab. Serv. Kg
			Ton.	Kg.							
1	Lun.	Tejutla	2,52	2286,1	Lun,Mi y Sab	2	1143,06	452	1666	0,69	1149,54
2	Mi.	Tejutla	1,3	1197,5	Lun,Mi y Sab	2	598,74	452	1666	0,36	599,76
3	Sab.	Tejutla	2,61	2367,8	Lun,Mi y Sab	3	789,25	452	1666	0,47	783,02
TOTAL									4998		2532,32

Fuente: Grupo de Tesis.

Recolección equivalente en 3 días = 2532.32

Habitantes servidos en 3 días = 4998

Producción percapita = 2532.32 / 4998

Producción percapita = **0.5067 Kg/hab/día**

Cuadro 2.6 Cálculo de la generación percapita promedio de los desechos sólidos del Caserío El Coyolito e Instituciones Educativas.

Nº	Día De Rec.	Ruta Del Camión	Peso Neto de los D.S		Frec. De Rec.	días sin rec.	Peso diario eq.(Kg.)	Uni. Por Ruta.	P.P.C Kg/uni. /día	Prod. de uni. Serv. Kg	
			Ton.	Kg.							
1	Mar.	Coyo-Lito	5.79	5252.6	Mar.	7	750.37	63	12	750.33	
2	Vier.	Inst. Educativas	1.63	1474.18	Vier.	7	210.6	11	19	210.65	
TOTAL									74		960.98

Fuente: Grupo de Tesis.

Recolección equivalente = 960.98

Unidades servidas = 74

Producción percapita = 960.98 / 74

Producción percapita = **12.99 Kg/unidad/día.**

La unidad se toma como negocios, talleres, servicio habitacional todo esto del sector de El Coyolito, más todas las Instituciones Educativas existentes en el municipio.

### 2.3.1 CALCULO DE LA PRODUCCION DIARIA.

A continuación se realizará el cálculo de la producción diaria tomando como base la ppc obtenido del estudio de generación de los desechos sólidos del municipio de Tejutla, pues las características de los otros municipios en estudio son similares al área urbana de éste, junto a lo antes mencionado las municipalidades de los otros municipios en estudio no prestan el servicio de aseo urbano por lo que resulto imposible el estudio de generación de cada uno de ellos.

Producción diaria urbana = población total \* ppc

- Producción diaria urbana de Tejutla = 1666 \* 0.5067

$$= 844.16 \text{ Kg.} = 0.84 \text{ ton/día}$$

- Producción diaria del Caserío el Coyolito e Instituciones Educativas.

$$= 74 * 12.99$$

$$= 961.26 \text{ Kg./día} = 0.96 \text{ ton/día}$$

Total obtenido =  $0.84 + 0.96 = 1.80$  ton/día

- Producción diaria urbana de El Paraíso =  $6164 * 0.5067$

$$= 3123.299 \text{ Kg/día} = \mathbf{3.12 \text{ ton/día.}}$$

- Producción diaria urbana de La Reina =  $2701 * 0.5067$

$$= 1368.59 \text{ Kg/día} = \mathbf{1.37 \text{ ton/día.}}$$

- Producción diaria urbana de Agua Caliente =  $2354 * 0.5067$

$$= 1191.25 \text{ Kg/día} = \mathbf{1.19 \text{ ton/día.}}$$

- Producción diaria urbana de San Francisco Morazán

$$= 859 * 0.5067$$

$$= 435.25 \text{ Kg/día}$$

$$= \mathbf{0.44 \text{ ton/día.}}$$

### 2.3.2 PESO VOLUMETRICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.

Para el dimensionamiento de las celdas de los rellenos sanitarios, así como para determinar la cantidad y capacidad volumétrica de las unidades o camiones recolectores es necesario conocer el peso volumétrico de los desechos sólidos. El peso volumétrico representa la relación del peso de la basura respecto a su volumen.

En la tabla 2.7 se observan los datos y resultados obtenidos en el pesaje del camión recolector del municipio de Tejutla, junto a los desechos sólidos, luego conociendo el volumen que lleva el camión se determinó el peso volumétrico de los desechos sólidos.

Cuadro 2.7 Cálculo del peso volumétrico de los desechos sólidos para el municipio de Tejutla.

Fecha	Peso bruto		Peso vacío		Peso neto		Volumen m <sup>3</sup>	Peso especifico Kg/m <sup>3</sup>
	Lb.	Kg.	Lb.	Kg.	Lb.	Kg.		
22/3/04	12220	5542.89	7180	3256.79	5040	2286.11	7.11	321.53
23/3/04	11040	5007.66	7180	3256.79	3860	1750.87	7.11	246.25
24/3/04	9820	4454.28	7180	3256.79	2640	1197.48	7.11	168.42
26/3/04	10430	4730.97	7180	3256.79	3250	1474.18	7.11	207.34
27/3/04	12400	5624.55	7180	3256.79	5520	2367.75	7.11	333.02
<b>Peso específico promedio</b>								<b>255.31</b>

Fuente: Grupo de Tesis.

## 2.4 MANEJO ACTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.

### 2.4.1 ALMACENAMIENTO.

El almacenamiento reúne las actividades relacionadas con la disposición temporal de los desechos sólidos en el lugar de origen o generación (hogar, comercio, oficina, etc.) antes de ser recolectados. En este elemento deben considerarse factores estéticos, de salud pública y económicos; generalmente esta etapa es responsabilidad del generador.

En el municipio de Tejutla se puede observar que para el área urbana los tipos de recipientes para almacenamiento (individual) de la basura que se emplean son: bolsas plásticas, sacos, baldes, cajas de cartón, huacales plásticos (rotos o quebrados); las Instituciones Educativas almacenan los desechos sólidos en barriles (almacenamiento colectivo), en el barrido de las calles, la basura que resulta de éste es depositada en unos barriles que se encuentran atrás de la alcaldía de forma colectiva (ver anexo 7) donde luego es recogida por el camión recolector. En el sector del Caserío El Coyolito que es una zona comercial se utilizan sacos de polietileno, bolsas plásticas y algunos comercios la almacenan en barriles. (Ver anexo 8)

En los municipios de El Paraíso, La Reina, Agua Caliente y San Francisco Morazán, los recipientes utilizados para el almacenamiento son los mismos que se utilizan en el área urbana del municipio de Tejutla.

En general gran parte de la población no recoge, ni almacena correctamente su basura, tampoco existe separación de los mismos, ya que en los recipientes se incluyen todo tipo de materiales. Esto incide en el proceso de recolección.

Es importante realizar correctamente el almacenamiento de la basura, por lo que se recomienda que se deba hacer en recipientes adecuados, los cuales deberán tener las siguientes características:

A. Tamaño y forma manejable.

1. El tamaño dependerá del tipo de desecho (domiciliar, 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 resguarden bien el contenido de:

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

D. Provistos de asas adecuadas (los reutilizables)

Para efectos de no interferir con la recolección, se recomienda evitar el uso de cajas de cartón, canastos y sacos defectuosos, ya que estos recipientes de almacenamiento favorecen la proliferación de vectores, los lixiviados producidos por la descomposición de la basura tienden a filtrarse en los recipientes antes mencionados.

#### 2.4.2 RECOLECCION Y TRANSPORTE.

Esta etapa abarca las labores de recolección de la basura desde las viviendas y demás centros de producción hasta su transporte al vertedero. A partir de aquí se inicia la intervención directa de la alcaldía en el manejo de los desechos sólidos, pues es la responsable de hacer la recolección, transporte y disposición final.

La recolección como ya se dijo anteriormente es responsabilidad de la municipalidad, para nuestro caso solo el municipio de Tejutla cuenta con un servicio de recolección por parte de ésta, los demás municipios exceptuando San Francisco Morazán, el servicio es prestado de una forma privada, teniendo en cuenta que solo se atienden a aquellas viviendas que pagan por el servicio, teniendo una cobertura aproximada del 35%.

El área urbana de San Francisco Morazán no cuenta con servicio de recolección, ni por parte de la municipalidad ni por un servicio privado, lo que ha provocado la generación de nueve basureros en diferentes partes de la población (descrito en el capítulo anterior), ya que al no contar las personas con un servicio de recolección optan por depositar sus desechos en el lugar que mejor les parezca.

En los municipios de Tejutla, El Paraíso, La Reina y Agua Caliente en algunos casos la población saca sus recipientes a las aceras antes del horario que pasa el medio de recolección y una vez vaciados en el camión recolector se vuelven a guardar. En otros casos la población lleva la basura a lugares de almacenamiento clandestino creando promontorios de basura que se recogen cuando pasa el medio de recolección, esto sucede a veces por que no se acerca éste a los hogares de las personas que efectúan esta práctica.

### 2.4.2.1 Frecuencia de recolección.

Se entiende por frecuencia de recolección al número de veces que el medio de recolección pasa por una vivienda, zona o comunidad en una misma semana. Debido a la descomposición de la basura y la reproducción de vectores (moscas y zancudos), la frecuencia mínima recomendada es de dos veces por semana, para este tipo de municipalidades que producen cantidades de basura pequeñas.

En el cuadro 2.8 se presenta la frecuencia de recolección de los municipios en estudio.

Cuadro 2.8 Frecuencia de recolección y número de viajes por semana.

Municipio	Medio de Recolec.	Sector	Días de recolección						Viajes por Sem.	Vol. Por viaje (m <sup>3</sup> )	Tiem. de desc. (min.)	Prod. Sem.		ton/día /recolección
			L	M	M	J	V	S				Kg.	Ton.	
Tejutla	Toyota	área urb.	1	-	1	-	-	1	3	7.11	5	5851	6.43	2.14
	Dyna de	coyolito	-	3	-	-	-	-	3	7.11	5	5253	5.79	5.79
	Volteo	Inst. Edu.	-	-	-	-	1	-	1	7.11	5	1474	1.63	1.63
El Paraíso	Pick up	área urb.	-	3	-	-	3	-	6	4.5	20	27840	21.84	10.92
La Reina	Toyota	área urb.	1	-	1	1	-	-	3	7.11	20	9590	9.59	3.2
Agua Caliente	Pick up	área urb.	2	-	-	-	2	-	4	4.25	25	8330	8.33	4.17
San Fran. Morazán	-----	-----	-	-	-	-	-	-	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fuente: Grupo de Tesis.

### 2.4.2.2 Horario de recolección.

El horario de recolección es la hora que se establece para que el medio de recolección pase por una vivienda zona o comunidad. Es importante que la población esté informada del horario de recolección para facilitar y colaborar con los operarios del

servicio de recolección. En el cuadro 2.9 se presenta el horario de recolección de los municipios en estudio.

Cuadro 2.9 Horarios de recolección.

<b>Municipio</b>	<b>Días</b>	<b>Horario</b>
Tejutla	lun., mi y sab.	5 AM a 2 PM
	martes	5 AM a 5 PM
	viernes	5 AM a 3 PM
El Paraíso	mar. y vi.	6 AM a 1 PM
La Reina	lun, mi y vi.	8 AM a 1 PM
Agua Caliente	lunes y viernes	8 AM a 4 PM
San Francisco Morazán	ninguno	Ninguno

Fuente: Grupo de Tesis.

#### 2.4.2.3 **Rutas de recolección.**

En el municipio de Tejutla el recorrido de las rutas de recolección se efectúan de la siguiente manera: la primera ruta se realiza por el Barrio San Antonio, prosigue por el Barrio El Calvario y finaliza en la zona céntrica de este municipio, haciendo este recorrido los días lunes, miércoles y sábado. La segunda ruta se efectúa el día martes en la zona comercial del Caserío El Coyolito y la tercera ruta se efectúa el día viernes, pasando por todas las Instituciones Educativas del municipio.

Para las municipalidades de El Paraíso, La Reina y Agua Caliente la ruta de recolección de la basura es a libre albedrío del encargado de efectuarla, ya que es un servicio privado. Para San Francisco Morazán no se tiene ninguna ruta debido a que este no cuenta con este servicio.

#### 2.4.2.4 Medio de recolección y/o transporte.

Dependiendo de las posibilidades económicas de las municipalidades y de las características de la ciudad, los sistemas de recolección pueden variar desde un carretón de tracción animal, un camión de volteo, tractores, remolques, hasta un camión compactador.

En la cuadro 2.10 se muestran los medios de recolección que son utilizados por las municipalidades, así como también el tipo de servicio prestado.

Cuadro 2.10 Inventario de medios de recolección de los municipios en estudio.

Municipio	Cant.	Marca	Vol. (m <sup>3</sup> )	Descarga	Año	Estado	Observación	Tipo de servicio
Tejutla	1	Toyota Dyna	7.11	mecánica	2000	bueno	caja abierta	municipal
El Paraíso	1	Pick up	4.5	manual	1990	bueno	caja abierta	privado
La Reina	1	Toyota Dyna	7.11	manual	1985	regular	caja abierta	privado
Agua Caliente	1	Pick up	4.25	manual	1988	regular	caja abierta	privado
San Franc. Morazán	ninguno	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fuente: Grupo de Tesis.

#### 2.4.2.5 Cálculo de camiones necesarios para alcanzar la cobertura del 100%

Para calcular el número de camiones recolectores para cada uno de los municipios en estudio, se tomará como base el volumen del camión recolector del municipio de Tejutla el cual es un Toyota Dyna de volteo.

$$\text{N}^{\circ} \text{ de camiones} = \frac{\text{DS} * \text{POB} * \text{PPC} * \text{COB} * \text{FAR}}{\text{FCV} * \text{V} * \text{D} * \text{NV} * \text{NRS}}$$

Donde:

DS: número de días de la semana

POB: población total urbana

PPC: producción percapita de la basura (0.5067 Kg/hab/día)

COB: cobertura de la población servida (1)

FAR: factor de reserva por mayor generación (1.1 – 1.3)

FCV: factor de capacidad volumétrica (0.85 – 0.95)

V: capacidad volumétrica del camión (7.11 m<sup>3</sup>)

D: densidad de los desechos sólidos (255.31 Kg/ m<sup>3</sup>)

NV: número de viajes por día (2)

NRS: número de días de recolección por semana (5)

***Tejutla:***

$$\# \text{ de camiones} = \frac{7*1666*0.5067*1*1.2}{0.9*7.11*255.31*2*5} = 0.43$$

# de camiones = 1

El resultado nos indica que se necesita un camión con capacidad volumétrica de 7.11 m<sup>3</sup>, para 2 viajes diarios por 5 días (actualmente la municipalidad cuenta con un camión) para cubrir el 100% de la población urbana actual del municipio. Por tanto podemos concluir del cálculo anterior que la unidad con que cuenta la municipalidad es suficiente para alcanzar esta cobertura en el servicio.

***El Paraíso:***

$$\# \text{ de camiones} = \frac{7*6164*0.5067*1*1.2}{0.9*7.11*255.31*2*5} = 1.61$$

$$\# \text{ de camiones} = 2$$

***La Reina:***

$$\# \text{ de camiones} = \frac{7*2701*0.5067*1*1.2}{0.9*7.11*255.31*2*5} = 0.704$$

$$\# \text{ de camiones} = 1$$

***Agua Caliente:***

$$\# \text{ de camiones} = \frac{7*2351*0.5067*1*1.2}{0.9*7.11*255.31*2*5} = 0.61$$

$$\# \text{ de camiones} = 1$$

***San Francisco Morazán:***

$$\# \text{ de camiones} = \frac{7*859*0.5067*1*1.2}{0.9*7.11*255.31*2*5} = 0.22$$

$$\# \text{ de camiones} = 1$$

Los resultados obtenidos, considerando los parámetros que consisten en tomar como base un camión recolector con capacidad volumétrica de 7.11 m<sup>3</sup>, 5 días de recolección por semana y 2 viajes por día nos indican que el municipio que tiene una necesidad mas grande es el de El Paraíso a comparación de los demás que solo necesitan un camión para cumplir el 100% de la cobertura de la población del área urbana.

### 2.4.3 TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL.

Los desechos sólidos producidos por los municipios de Tejutla, El Paraíso, La Reina, Agua Caliente y San Francisco Morazán, no reciben ningún tipo de reducción (compostaje), reciclaje y rehúso, si no que son trasladados directamente de las viviendas a su disposición final.

La disposición final de los desechos sólidos producidos por Tejutla se realiza en un terreno propiedad de la alcaldía que se encuentra ubicado a la orilla del camino rural que de este municipio conduce a el municipio de El Paraíso, a una distancia aproximada de 1 1/2 Km. Del centro urbano de Tejutla, el cual se ha convertido en un botadero a cielo abierto, donde se puede observar la presencia de humos debido a la quema de la basura, malos olores, un paisaje antiestético, todo esto contaminando al medio ambiente (suelo, agua y aire).

El municipio de Agua Caliente efectúa la disposición final de sus desechos sólidos en un botadero a cielo abierto que esta ubicado al Sur del municipio a 2 Km. del pueblo sobre la calle que conduce a Santa Rosa, cerca de la quebrada los Vados. El terreno donde esta ubicado el botadero es propiedad del alcalde quien lo ha prestado sin recibir ninguna remuneración a cambio.

En los municipios de El Paraíso, La Reina y San Francisco Morazán, la disposición final de sus desechos sólidos la realizan en botaderos no autorizados diseminados en distintas partes de las comunidades; tales como predios baldíos, a las orillas de las



carreteras, sobre ríos o quebradas y otros lugares clandestinos, constituyendo estos focos de contaminación severos y un paisaje antiestético.

## **2.5 SISTEMA FINANCIERO DEL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.**

### **2.5.1 REGISTRO DE LOS USUARIOS.**

La alcaldía del municipio de Tejutla tiene registrado un total de 514 usuarios del servicio de Aseo Público, de los cuales 452 son de servicio habitacional del área urbana, 34 del área rural y 28 de tipo comercial; lo que representa el 94.5% de servicio habitacional (urbano-rural) y 5.4% de servicio comercial, dando cobertura también a todas las Instituciones Educativas sin cobro alguno por el servicio de Aseo prestado.

### **2.5.2 TASAS COBRADAS POR EL SERVICIO.**

Las tasas cobradas por el servicio de aseo público están basadas por la Ordenanza Municipal; Decreto N° 2 Diario Oficial Tomo N° 362, N° 5, de fecha 9 de Enero del 2004, en el cuadro 2.11 se muestran los ingresos mensuales y anuales que la municipalidad deberían de percibir por el servicio prestado.

Cuadro 2.11 Ingreso que deberían percibir por el servicio de aseo en el municipio de Tejutla.

Rubro	Servicio	Categoría	Unidad	impuesto (\$)	Ingreso Mensual (\$)	Ingreso Anual (\$)	
Recolección	habitacional	urbana	452	1.14	515.28	6183.36	
		rural	34	1.5	51	612	
	comercial	1°	2	10	20	240	
		2°	4	5	20	240	
		3°	1	3	3	36	
		4°	3	2	6	72	
	taller de tapicería	1°	0	5	0	0	
		2°	2	3	6	72	
		3°	1	2	2	24	
	taller rep. de bicicletas	1°	0	2	0	0	
		2°	1	1	1	12	
	venta de rep. y mecánica en general	1°	0	5	0	0	
		2°	0	3	0	0	
		3°	12	2	24	288	
	taller de radio y TV.	1°	0	3	0	0	
		2°	2	2	4	48	
		3°	0	1	0	0	
	Totales			514		652.28	<b>7827.36</b>

Fuente: Sección de Tesorería, alcaldía de Tejutla.

***CAPITULO III***  
***“ESTUDIOS BASICOS DEL***  
***SITIO ESCOGIDO PARA EL***  
***DISEÑO DEL RELLENO***  
***SANITARIO MANUAL”***

### **3.1 UBICACION GEOGRAFICA.**

El sitio que han seleccionado las municipalidades de Tejutla, El Paraíso, La Reina, Agua Caliente y San Francisco Morazán para el diseño y construcción de un relleno sanitario manual se encuentra ubicado en el municipio de Tejutla en un lugar denominado Quebrada Honda del Caserío Conacaste, Cantón los Martínez. Localizado a la orilla del camino rural que conduce al municipio de El Paraíso a una distancia aproximada de 3 Km. del área urbana de Tejutla. Este municipio se encuentra limitado al Norte por La Reina y San Francisco Morazán; al Este por San Francisco Morazán, San Rafael y El Paraíso; al Sur por el embalse de la presa Cerrón Grande y al Oeste por La Reina. Como se puede observar los municipios involucrados limitan al municipio de Tejutla a excepción de Agua Caliente que está un poco más al Oeste pero siempre cerca, esto es favorable al momento de transportar los desechos sólidos al sitio donde se pretende construir el relleno sanitario.

### **3.2 DESCRIPCION DEL SITIO.**

El sitio se encuentra entre una gran cantidad de cerros que van desde pendientes pequeñas a pendientes muy pronunciadas (30% – 60%), el lugar tiene una vegetación moderada principalmente por árboles de chaparro y pequeños arbustos que en buena parte están secos (aproximadamente un 70% en época de verano), el área de interés es

prácticamente un cerro con una vaguada junto a una ladera contigua a una quebrada que cruza una pequeña parte del terreno, en algunas partes se encuentran gran cantidad de consolidaciones con una estructura de pequeñas laminas, en otras partes del terreno se observa suelo en la superficie bastante suelto principalmente en las partes del terreno con mayor pendiente. El clima es caluroso, los datos que se requieren recopilar para impulsar el diseño serán el levantamiento topográfico (planialtimetrico), prueba de permeabilidad y clasificación del suelo. Con los datos obtenidos al final del capítulo se hará un análisis y se concluirá si el terreno reúne los requerimientos exigidos para poder realizar la obra.

### **3.2.1 TOPOGRAFIA.**

#### **3.2.1.1 Levantamiento topográfico.**

Enmarcado en los estudios básicos requeridos que se realizaron en el terreno en donde se desea construir el relleno sanitario no mecánico, se encuentra contemplado el levantamiento topográfico y su descripción técnica (ver anexo N° 9), el cual es de gran importancia ya que las características y detalles topográficos del terreno aportaran los elementos suficientes para la elección del mejor método a utilizar para el diseño y operación del relleno sanitario, es decir los accidentes topográficos limitan el volumen y área aprovechable del lugar, sujetándolo a la afirmación anterior aplicaremos el

método más conveniente para la realización del proyecto, ya que existen tres métodos; trinchera, área y rampa.

El trabajo de campo fue realizado por el grupo de tesis, junto con personas contratadas que están en el campo de topografía y el levantamiento topográfico del terreno se hizo con el siguiente equipo:

- Estación Total
- Tres prismas
- Un bolso con todos los elementos de campo para topografía

Se realizaron el levantamiento planimétrico y altimétrico del terreno, lo que se muestra en el anexo 10, en donde se pueden apreciar los detalles así como el acceso al lugar y curvas de nivel a cada metro del terreno.

La configuración topográfica del lugar es un cerro rodeado por varias elevaciones con alturas no muy diferentes a éste. El cual se encuentra en el terreno que está a la orilla de la calle, teniendo un punto de vista desde la calle este terreno tiene una pendiente bastante inclinada, aunque recorriendo su entorno hacia el lado Norte se hace más moderada, siguiendo hacia el lado Oeste del terreno encontramos que las pendientes son bastantes inclinadas hasta terminar en una quebrada que es de invierno y atraviesa el terreno en sentido de Norte a Oeste, de esta quebrada siguiendo en sentido Oeste encontramos en el terreno parte de un cerro contiguo al antes descrito con una pendiente bastante pronunciada.

### 3.2.1.2 Rutas de acceso al sitio.

Las rutas de acceso al sitio en estudio desde los diferentes municipios interesados en la realización del relleno sanitario manual, está apegado a la limitante que solo una calle no pavimentada (transitable todo el año) pasa a la orilla de terreno, esta calle une a los municipios de Tejutla y El Paraíso; a continuación se describen las posible rutas que se pueden tomar para acceder a la calle de tierra que conduce al terreno:

Para el municipio de Tejutla y El Paraíso solamente será tomar el camino de tierra que permite el acceso directo al sitio de interés, encontrándose éste a una distancia de 3 Km. y 7Km. respectivamente.

Para el municipio de Agua Caliente la distancia al sitio en estudio es más larga, pues tiene que recorrer el tramo que une esta Villa con la carretera que une la población de Nueva Concepción y el desvío de Amayo, desde este entronque deberá recorrer el tramo hasta el desvío de Amayo en donde podrá tomar la carretera CA- 4 (Troncal de Norte) o la carretera que conduce a la ciudad de Chalatenango; si toma la carretera CA- 4 llegara a la ciudad de Tejutla atravesándola hasta llegar al acceso que es la calle de tierra que lo conduce hacia el terreno en estudio. Teniendo el recorrido un promedio de 15 Km. entre la Villa y el relleno sanitario.

Si se toma la carretera que conduce a la ciudad de Chalatenango se llegará al desvío de El Paraíso tomando este acceso se recorrerá un tramo de carretera pavimentada hasta el municipio antes mencionado, atravesándolo hasta llegar al punto donde se encuentra el entronque con la calle de tierra que pasa por el lugar de interés.

Para el municipio de La Reina la ruta más apropiada para llegar al lugar en donde se encuentra el terreno es tomar la carretera que une a éste con la carretera CA- 4, desde este punto seguir hasta llegar al municipio de Tejutla tomando así la calle de tierra que conduce al terreno en estudio, a una distancia aproximada de 12 Km.

Para el municipio de San Francisco Morazán el acceso al lugar es tomando la calle de tierra que es transitable todo el año que une a éste con el municipio de Tejutla, cruzando todo el pueblo llegando después de pasar el parque al camino de tierra que conduce al lugar en donde se desea construir el relleno sanitario. Recorriendo una distancia aproximada de 12 Km.

### 3.2.2 SUELOS.

En la parte del mapa pedológico de la Republica de El Salvador (mapa N° 1) se ubicó la zona en estudio cuyas coordenadas son las siguientes; Latitud  $89^{\circ} 5'$  y Longitud  $14^{\circ} 8'$ . Como se puede observar se encuentra la siguiente clasificación; Tja en mayor proporción y Sid en una proporción menor. A continuación se describe cada una de ellas.



### Tja. TEJUTLA MUY ACCIDENTADO EN MONTAÑAS.

**Fisiografía:** comprenden áreas fuertemente diseccionadas y muy accidentadas de relieve alto. Las pendientes predominantes son mayores de 50%. Las capas inferiores están constituidas de lavas claras félsicas, plegadas y fracturadas; dentro de las cuales se encuentran a veces estratos de tobas claras.

El drenaje externo es excesivo, el interno es moderado. El peligro de erosión es grande.

En la época no lluviosa permanecen bastantes secos.

**Suelos:** pertenecen al gran grupo Litosol. Son suelos superficiales, la capa superior de 5 a 10 cms. es de textura franca o franco arenoso, pedregoso y de color café grisáceo de claro a oscuro; éste descansa sobre una capa inferior o roca madre formada por lavas claras felsíticas poco intemperizadas. En menor proporción aparecen tobas y lavas oscuras de origen basálticos. Hay pocos afloramientos de piedra. La utilidad es muy limitada y poseen baja fertilidad.

**Uso actual:** en su mayor parte se encuentra vegetación natural, predominando el chaparro y algunos pastos y malezas.

### Sid. SIGUATEPEQUE MUY ACCIDENTADO EN MONTAÑAS.

**Fisiografía:** se encuentra en montañas de relieve alto, bastante diseccionadas por quebradas. Las elevaciones varían de 300 a 700 mts. sobre el nivel del mar. Las pendientes varían de 30% a 70% y más predominando las mayores de 40%. Las capas inferiores están formadas por lavas duras, oscuras, fracturadas y plegadas, principalmente andesíticas y basálticas. El drenaje externo es excesivo, el interno es

moderado. En la época no lluviosa estos suelos son algo áridos. El peligro de erosión es fuerte.

**Suelos:** pertenecen al gran grupo Litosol. Son suelos muy pedregosos y de poca profundidad sobre la roca dura. Se encuentran muchos afloramientos de rocas. Los suelos superficiales son franco y franco arcilloso, pedregosos de color café oscuro. Generalmente no hay subsuelos, pero cuando existen, son de poco espesor de texturas francosas a franco arcillosas, muy pedregosas y de color café amarillento a café rojizo, más abajo se encuentra la roca dura poco intemperizada, son suelos de muy poca fertilidad y de utilidad limitada.

**Uso actual:** toda la superficie de esta unidad está inculta y ocupada por pasto y vegetación natural.

### 3.2.3 GEOLOGIA.


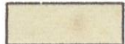



En la parte del mapa Geológico de El Salvador (mapa N° 2) está señalada la zona de estudio cuyas coordenadas son las siguientes; Latitud 89° 5' y Longitud 14° 8'. Donde se pueden observar las siguientes clasificaciones volcánico- estratigráfico:

#### **Formación de Chalatenango ch1, ch2 (Mioceno).**

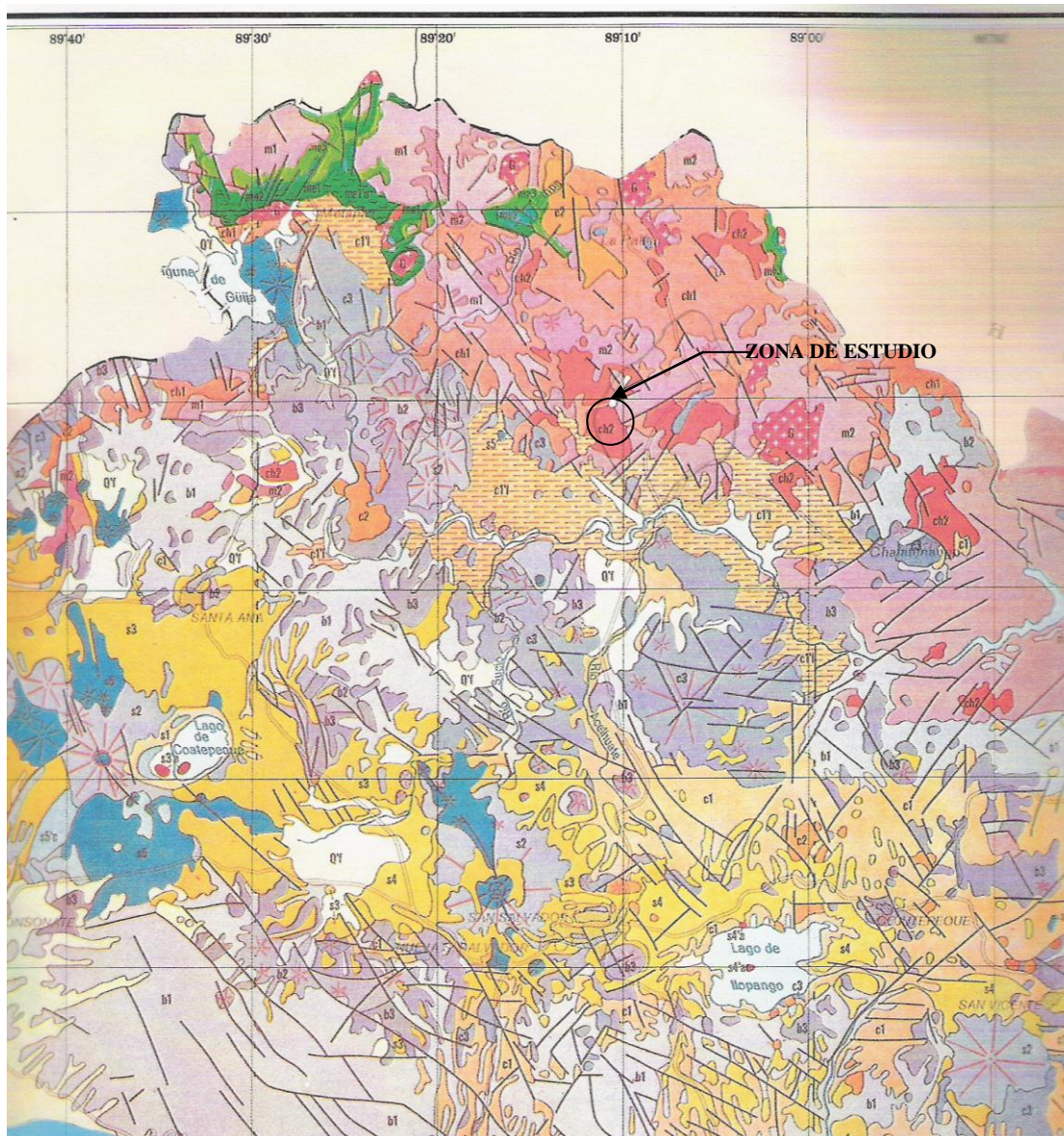
Son rocas volcánicas de carácter riolítico – dacítico: prevalecen las tobas muy endurecidas de colores claros; el espesor de esta serie es aproximadamente mayor de 500 mts.



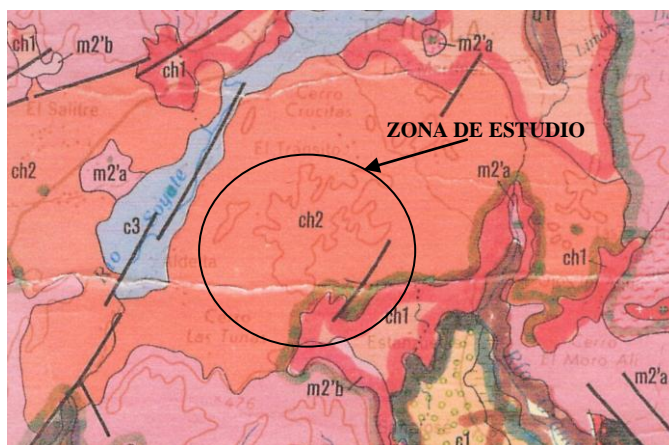
## Leyenda de Suelos.

	Sid	Siguatepeque muy accidentado en montañas
	Sie	Siguatepeque-Pasaquina alomado en terrenos elevados
	Sig	Siguatepeque-Chalatenango ligeramente ondulado en terrenos elevados
	Sub	Suelos aluviales arenosos
	Tja	Tejutla muy accidentado en montañas

Mapa N°2. Parte del Mapa Geológico de El Salvador (escala 1:500000) donde se ubica el relleno sanitario manual..



Parte ampliada de la zona en estudio del Mapa Geológico de El Salvador (escala 1:100000).



### Esquema volcánico – estratigráfico.

Formación	ch2	Efusivas ácidas; piroclastitas ácidas subordinadas Saure Effusiva; untergeordnet saure Pyroklastite
CHALATENANGO		
Folge	ch1	Piroclastitas ácidas, ignimbritas **, epiclastitas volcánicas, localmente efusivas ácidas intercaladas Saure Pyroklastite, Ignimbrite **, vulkanische Epiklastite, örtlich Einschaltungen saurer Effusiva
	I	Rocas intrusivas ácidas hasta intermedias Saure bis intermediäre Intrusiva

### 3.2.4 CLIMA.

#### 3.2.4.1 Generalidades.

El municipio de Tejutla, departamento de Chalatenango, está localizado en la vertiente del pacífico en las coordenadas del Norte. Se extiende desde el lago del Cerrón Grande con elevaciones de 200 mts., hacia el Norte hasta 700mts. de altura. Hacia el Noroeste el terreno sube abruptamente hasta alcanzar alturas de 700 mts. en cerros disgregados, presentándose la misma situación hacia el Norte de manera que la morfología del terreno está constituida por valles estrechos, más planos hacia el Sur, quebradas, lomas y cerros que pueden originar situaciones topoclimáticas locales. La posición relativa de los valles y cerros, ya sean a sotavento o barlovento de las principales corrientes de aire, inducen sombras de lluvia o aumento de las precipitaciones.

Las laderas con exposición al Noreste son más húmedas que los valles y sus flancos hacia el Suroeste.

En general, el clima está dominado por las influencias de los alisios del Noreste y raramente por efectos del océano Pacífico.

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 identifica la zona climática, la cual se describe a continuación.

SABANA TROPICAL CALIENTE o tierra caliente comprende las elevaciones de 0 a 800 m.s.n.m, esta zona se encuentra en parte del departamento de Chalatenango, las

cuales presentan temperaturas de 28 a 25.5 °C con precipitación media anual de 1800 mm. De acuerdo a la clasificación de HOLDRIGE esta área comprende la zona de vida denominada bosque húmedo subtropical (BHST).

El régimen de lluvia está caracterizado por una estación lluviosa de Mayo a Septiembre y una seca de Octubre a Abril separada por sendas transiciones.

#### **3.2.4.2 Radiación y luz solar.**

En el transcurso del año la radiación solar experimenta variaciones ocasionadas por la incidencia de los rayos solares, longitud del día, cuyo efecto permanente se ve influido por elementos meteorológicos como la nubosidad. En el área de estudio la máxima radiación global se registra en Marzo y Abril con 490 cal/cm<sup>2</sup>/min. y la mínima en Diciembre con 402 cal/cm<sup>2</sup>/min. La luz solar con un promedio de 8 horas/día, tiene su máximo en Febrero con 9.8 horas/día y un mínimo en Septiembre con 6.5 horas/día.

#### **3.2.4.3 Humedad relativa.**

La humedad relativa se mantiene en el orden del 75% aumentando hacia las alturas.

En época seca los lugares bajos son mucho más húmedos por efectos de resecamiento, debido a corrientes de aire descendentes de las montañas; en Enero y Febrero, el promedio es cerca del 60% con mínimas absolutas del 10%, lo que junto con las altas temperaturas crea un régimen de gran sequedad atmosférica, en los meses de Junio a Septiembre la humedad relativa es superior al 80% no obstante, también en Julio y Agosto pueden ocurrir fuertes desecamientos durante cortos periodos.



### 3.2.4.4 Precipitaciones.

El área de Tejutla queda situada en la época lluviosa de Junio a Octubre, a sotavento de las montañas del Norte que originan una zona más seca que los alrededores, que se extiende desde el río Lempa hasta la Reina como se comprueba en la figura N° 7. Tejutla con 1800 mm. Es relativamente más seco que otros sitios a la misma altura, al Oeste (Agua Caliente) y al Este (Dulce Nombre de Maria). En el transcurso del año la estación lluviosa comienza en Mayo con 14 días de lluvias mayores de 0.1 mm., y termina en Octubre con 15 días lluviosos, anualmente se registran alrededor de 130 días de lluvias; de ellos unos 60 días son más de 10 mm.

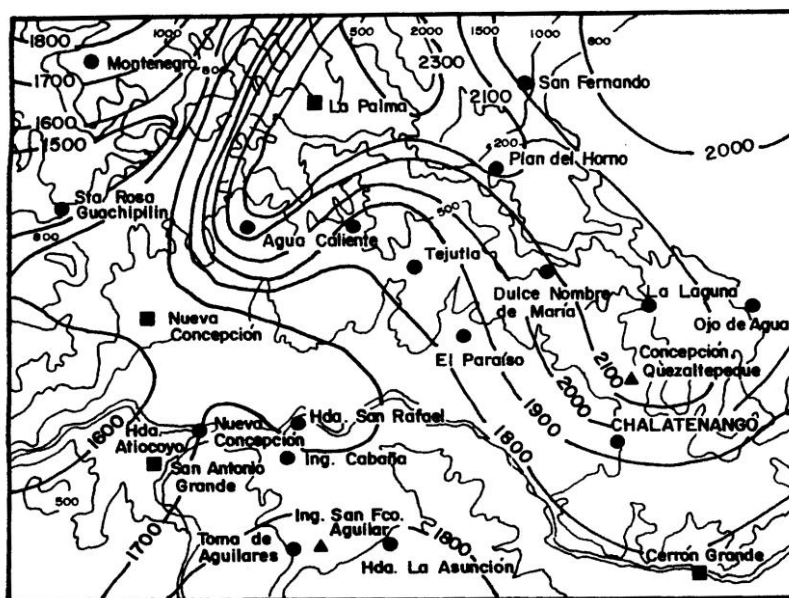


Figura N° 7. Lluvia anual media en mm, en el área de Tejutla.

#### 3.2.4.5 Viento.

El área está influida por vientos de la circulación general, alisios del Noreste y “nortes”, y por sistemas orográficos bien desarrollados que van del valle hacia las montañas de día y en dirección contraria de noche.

El rumbo predominante es del Sur al Sureste de Marzo a Octubre, con velocidad media de unos 3 a 7 Km./hora y vientos del Norte de Noviembre a Febrero, con velocidades mayores de más de 8 Km./hora. Pueden ocurrir ráfagas de corta duración hasta de 100 Km/hora. en los meses lluviosos en situaciones de “nortes” pueden ocurrir velocidades momentáneas de 80 a 90 Km./hora, manteniéndose velocidades de más de 50 Km./hora por varias horas.

#### 3.2.5 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO.

Se recomienda una altura mínima de 1 a 2 mts<sup>3</sup>. (dependiendo de las características del suelo) entre la parte inferior del relleno sanitario y el nivel del agua subterránea (nivel freático), para evitar la contaminación de ésta, debido a los lixiviados productos de la descomposición de la basura.

Para la obtención del nivel freático del sitio en estudio se recurrió a observar la presencia de pozos aledaños a la zona, y se encontró que se habían realizado

---

<sup>3</sup> Guía para el diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales, pág. 25, autor Jorge Jaramillo, Washington, D.C. enero de 1997

perforaciones de hasta 12 mts (al mismo nivel y de la parte más baja del sitio en estudio) sin encontrar agua

También se obtuvo información por parte de la alcaldía que ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados) hizo estudios para la obtención del nivel freático en el año 2000 y llegaron a que éste estaba a más de 90 mts desde la parte más baja. (No se obtuvo acceso a dichos estudios, aunque se presentó una carta de la Universidad a ANDA, aclarando que eran para fines académicos).

### **3.2.6 CLASIFICACION DEL SUELO EN ESTUDIO.**

La clasificación del Suelo es de suma importancia para conocer el tipo de suelo que se tiene en el sitio en estudio, así como también la permeabilidad de éste, estos son factores que influyen de gran manera en el diseño del relleno sanitario.

Para la obtención de muestras de suelo se procedió a excavar un pozo a cielo abierto en la zona donde se ubicarán las lagunas de estabilización (parte más baja del terreno) a utilizar y se llegó a una profundidad aproximada de 6 m. ya que no se pudo seguir con la excavación debido a que se encontró un estrato de roca. Se pudo observar que la estratigrafía era constante hasta la profundidad a la que se llegó, se tomó una muestra de aproximadamente 30 kg para realizar los ensayos de nuestro interés, dichas pruebas se hicieron en el Laboratorio de Suelos y Materiales Ing. Mario Angel Guzmán Urbina de la Universidad de El Salvador (Facultad de Ingeniería y Arquitectura).

### 3.2.6.1 Análisis Granulométrico.

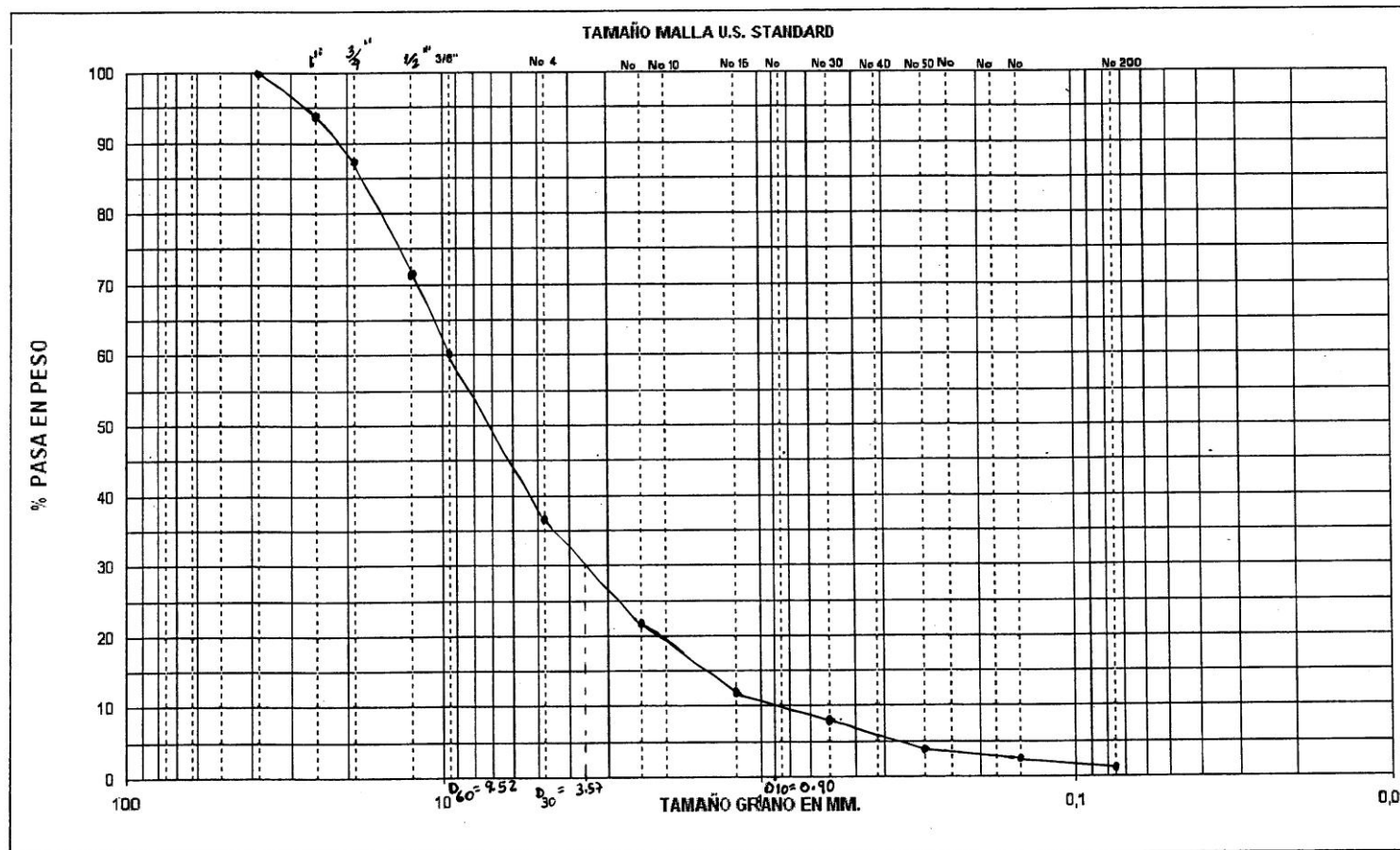
Se utilizó el método mecánico de la norma ASTM - D422 cuyos resultados se muestran en el cuadro 3.1. Estos resultados se graficaron para la obtención del coeficiente de uniformidad y curvatura, definiendo así si está bien o mal graduado el suelo. (Ver figura 8).

Cuadro 3.1 Granulometría (ASTM - D 422).

PESO DE ENSAYO = 6320 gr.				
MALLA	PESO RETENIDO	%RETENIDO		%ACUMULADO QUE PASA
		PARCIAL	ACUMULADO	
		0	0	100
1	588.6	6	6	94
3/4	695.3	7	13	87
1/2	1547.8	15	28	72
3/8	1160.4	12	40	60
4	2327.9	23	63	37
SUMA	6320	Fuente: Grupo de Tesis.		

PESO DE ENSAYO = 995.6 gr.					
MALLA	PESO RETENIDO	%RETENIDO		%ACUMULADO QUE PASA	%QUE PASA (REFERIDO A MUESTRA TOTAL)
		PARCIAL	ACUMULADO		
		0	0	100	37
8	387.2	39	39	61	22
16	255.7	26	65	35	13
30	138.5	14	79	21	8
50	92.3	9	88	12	4
100	54.3	5	93	7	2
200	35.7	4	97	3	1
PASA	31.7	3	100.00	0.00	0.00
SUMA	995.4	fuente: Grupo de Tesis.			

Figura N° 8 Curva granulométrica.



Formato para registro de datos de laboratorio.  
Curva de Análisis Granulométrico del Suelo

$$D_{10} = 0.90 \text{ mm.}$$

$$D_{30} = 3.57 \text{ mm.}$$

$$D_{60} = 9.52 \text{ mm.}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{9.52}{0.90} = 10.58$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \frac{(3.57)^2}{(9.52)(0.90)} = 1.49$$

Donde:

D<sub>10</sub>: Es el diámetro máximo en mm. para el 10% de las partículas de menor tamaño.

D<sub>30</sub>: Es el diámetro máximo en mm. para el 30% de las partículas de menor tamaño.

D<sub>60</sub>: Es el diámetro máximo en mm. para el 60% de las partículas de menor tamaño.

C<sub>u</sub>: Coeficiente de uniformidad.

C<sub>c</sub>: Coeficiente de curvatura.

Los parámetros para clasificar el suelo son:  $C_u > 6$  para arenas

$C_u > 4$  para gravas

$1 < C_c < 3$

Por lo tanto se concluye que el suelo está bien graduado.

### 3.2.6.2 Límites de Atterberg.

Para la obtención de los límites de consistencia del suelo se utilizó el procedimiento establecido en la norma ASTM D-4318. Los resultados de la prueba se muestran en el cuadro 3.2.

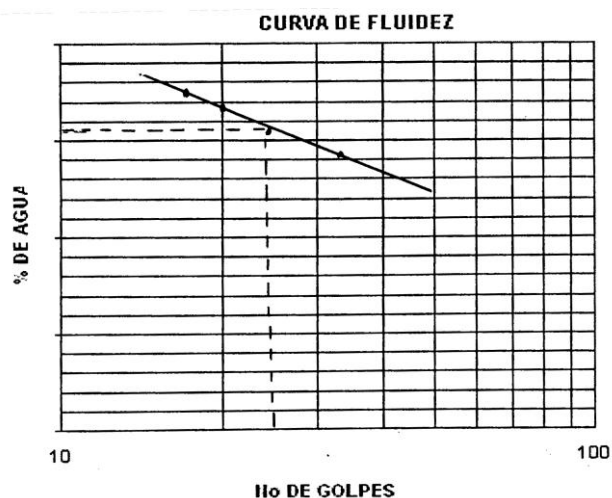
Cuadro 3.2 Límites de Consistencia e Índices. (ASTM D 4318)

Proyecto: Relleno sanitario manual

Ubicación: Tejutla

Muestra: 1      Pozo: 1      Profundidad: 6 mts.

Ensayo N°	Limite liquido					Limite plástico		
	1	2	3	4	5	1	2	3
N° de golpes	18	25	33	20	----			
Recipiente N°	18	77	16	100	----	1	2	7
Peso de suelo húmedo y tara	30.81	35.36	32.82	47.51	----	22.17	22.90	21.92
Peso de suelo seco y tara	28.58	32.37	30.53	43.06	----	21.84	22.26	21.55
Tara	22.25	22.48	22.40	29.86	----	19.67	18.21	19.32
Peso de agua	2.23	2.99	2.29	4.45	----	0.33	0.64	0.37
Peso de suelo seco	6.33	9.89	8.13	13.2	----	2.17	4.05	2.23
Contenido de agua %	35.25	30.23	28.17	33.71	----	15.21	15.80	16.59



Límites %	
liquido	31.52
Plástico	15.87
Índice de plasticidad	15.65
Clasificación	GW

### 3.2.6.3 Clasificación del Suelo.

El método elegido para la clasificación del suelo en estudio es “El Sistema Unificado de Clasificación de suelos” (S.U.C.S), propuesto por Casa Grande en 1942 para usarse en la construcción de aeropuertos.

En cooperación con la oficina de restauración de Estados Unidos, el sistema fue revisado en 1952, hoy en día, es ampliamente usado por los ingenieros en la clasificación de suelos de proyectos de construcción civiles.

Para obtener una clasificación apropiada aplicando este sistema, se debe determinar la información que se describe a continuación:

- 1) Porcentaje de grava, es decir, la fracción que pasa la malla de 3” (76.2 mm.) y es retenida en la malla N° 4 (abertura 4.75 mm.).
- 2) Porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa la malla N° 4 (abertura 4.75 mm.) y retenida en la malla N° 200 (abertura de 0.075 mm.).
- 3) Porcentaje de limo y arcilla, es decir; la fracción de finos que pasa la malla N° 200 (abertura de 0.075 mm.).
- 4) Coeficiente de uniformidad (Cu) y Coeficiente de curvatura (Cc).
- 5) El límite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla N° 40.

En nuestro caso, tenemos como resultado los siguientes datos:

- 1) Porcentaje que pasa la malla de 3” y es retenido en la malla N° 4 = 63%.



- 2) Porcentaje de arena, fracción que pasa la malla N° 4 y se retiene en la malla N° 200 = 36%.
- 3) Porcentaje de limo y arcilla, porcentaje que pasa la malla N° 200 = 1%.
- 4) Coeficiente de uniformidad ( $C_u = 10.58$ ) y Coeficiente de curvatura ( $C_c = 1.49$ ).
- 5) Límite líquido ( $L_l = 3.52$ ) e índice de plasticidad ( $I_p = 15.65\%$ ).

Después de reunir todos los datos necesarios, pasamos a clasificar el suelo, tomando los requisitos que exige la norma ASTM D2487 “Sistema de Clasificación de Suelos” (SUCS), conjunto a su nomenclatura, por lo que tenemos:

F = El porcentaje de suelos que pasa la malla N° 200.

F<sub>1</sub> = El porcentaje de suelo que pasa la malla N° 4 y es retenida en la malla N° 200.

**Procedimiento:**

- Determinamos si el suelo es de grano grueso o de grano fino, para clasificarlo tomamos los siguientes parámetros;

Si  $F < 50\%$  se trata de suelo de grano grueso.

Si  $F > 50\%$  se trata de un suelo de grano fino.

Para el suelo en estudio  $F = 1\%$ , por lo tanto es acorde al parámetro

$F < 50\%$ , clasificando de este modo el suelo como de *grano grueso*.

- Clasificamos el suelo de grano grueso si es una grava o una arena, aplicando los siguientes parámetros;

Si  $F_1 < (100 - F)/2$ , entonces el suelo tiene más grava que arena.

Si  $F_1 > (100 - F)/2$ , entonces el suelo tiene más arena que grava.

Para el suelo en estudio tenemos:

$$F_1 = 36\% \text{ y } F = 1\%$$

$$(100 - F)/2 = 49.5\% \quad 36\% < 49.$$

Cuadro 3.3 Símbolos de Grupo para Suelos Tipo Grava.

Símbolo de grupo	Criterios
GW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual que 4; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
GP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para GW
GM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12) o el índice de plasticidad menor que 4
GC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12); índice de plasticidad mayor que 7
GC-GM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la figura 2.12
GW-GM	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GW y GM
GW-GC	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GW y GC
GP-GM	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GP y GM
GP-GC	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GP y GC

Cuadro 3.4 Diagrama de flujo para nombres de grupo de suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998).

Símbolo de grupo	Nombre de grupo
GW	Grava bien graduada
GP	Grava bien graduada con arena
GP	Grava mal graduada
GP	Grava mal graduada con arena
GW-GM	Grava bien graduada con limo
GW-GM	Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC	Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
GW-GC	Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GP-GM	Grava mal graduada con limo
GP-GM	Grava mal graduada con limo y arena
GP-GC	Grava mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
GP-GC	Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GM	Grava limosa
GM	Grava limosa con arena
GC	Grava arcillosa
GC	Grava arcillosa con arena
GC-GM	Grava limo-arcillosa
GC-GM	Grava limo-arcillosa con arena
SW	Arena bien graduada
SP	Arena bien graduada con grava
SP	Arena mal graduada
SP	Arena mal graduada con grava
SW-SM	Arena bien graduada con limo
SW-SM	Arena bien graduada con limo y grava
SP-SC	Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
SP-SC	Arena bien graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SP-SM	Arena mal graduada con limo
SP-SM	Arena mal graduada con limo y grava
SP-SC	Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
SP-SC	Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SM	Arena limosa
SM	Arena limosa con grava
SC	Arena arcillosa
SC	Arena arcillosa con grava
SC-SM	Arena limo-arcillosa
SC-SM	Arena limo-arcillosa con grava

Se observa entonces que el suelo cumple con,  $F1 < (100 - F)/2$ . Por lo tanto es un suelo que tiene más grava que arena, definiéndolo así como un *suelo tipo grava (G)*.

- Se compararon los criterios del cuadro 3.3 (Símbolos de Grupo para Suelos Tipo Grava) con los resultados obtenidos del suelo, y verificando lo siguiente:

Menos del 5% pasa la malla N° 200

$$Cu = D60/D10 \geq 4$$

$Cc = (D30)^2/(D10 \cdot D60)$  se encuentra entre 1 y 3.

Por lo tanto el símbolo de grupo a que pertenece es: ***GW***.

- Obtuvimos que el nombre del grupo a que pertenece el suelo, en función al símbolo de grupo y la cantidad de arena, que para nuestro caso es mayor que el 15% (ver cuadro 3.4), nos resulto por lo tanto que el nombre del grupo a que pertenece el suelo es: ***“Grava Bien Graduada con Arena” (GW)***.

### 3.2.7 PERMEABILIDAD DEL SUELO.

La permeabilidad del suelo es uno de los parámetros que es necesario conocer para determinar si el suelo es apto en su condición natural para ser utilizado como base del relleno sanitario o si es necesario optar por transportar suelo y compactarlo para cumplir

con las exigencias requeridas de impermeabilidad, la cual debe ser de un coeficiente máximo permisible de infiltración de  $10^{-7}$  cm/s.<sup>4</sup>

Los resultados obtenidos en la clasificación del suelo, los cuales fueron, que la clasificación del suelo es de una grava bien graduada con arena un poco fina (Gw) se puede decir que es un suelo con poca impermeabilidad cuyo rango del coeficiente de permeabilidad está entre  $1.0 \cdot 10^{-3}$  cm/seg.<sup>5</sup>

Por lo antes expuesto se decidió no realizar la prueba de permeabilidad a la muestra de suelo sacada del pozo a cielo abierto pues se sabe de antemano que es un suelo con buen drenaje.

### **3.3 ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS Y ASPECTOS LEGALES QUE LOS RIGEN.**

El resumen de los aspectos legales presentados como requerimiento principal en el reglamento para la construcción de rellenos sanitarios manuales establecidos por el MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales), se presenta en el anexo 11. A continuación se presenta el cuadro 3.5 que es comparativo de las características que necesitan las áreas destinadas para la construcción de rellenos sanitarios manuales según el reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos establecido por el MARN con las características encontradas en el sitio destinado por la

---

<sup>4</sup> Reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos, MARN, República de El Salvador, Anexo (Características de las áreas destinadas para el relleno sanitario, literal b).

alcaldía para la construcción del relleno sanitario. Esta selección se hizo sin realizar previamente el estudio de selección de sitio requerido para esta clase de proyectos, ya que las alcaldías involucradas en el proyecto tenían predeterminado el lugar donde se construirá el relleno sanitario.

Cuadro 3.5 Comparación de las características que necesitan las áreas destinadas para la construcción de rellenos sanitarios manuales.

Características	Requisitos del ( M.A.R.N )	Características del sitio en estudio	Resultados
Zona de recarga de acuíferos y fuentes de abastecimiento de agua potable.	Estar ubicado a una distancia que garantice que las zonas de recarga de acuíferos o de fuentes de abastecimiento de agua potable, estén libres de contaminación.	No se encuentra zona de recarga de acuíferos cerca del área destinada para la construcción del relleno sanitario.	Cumple
Permeabilidad	Que el suelo reúna características de impermeabilidad, aceptando un coeficiente máximo permisible de infiltración $10^{-7}$ cm/s que posea características adecuadas de remoción de contaminantes.	El coeficiente de permeabilidad se encuentra entre $1-10^{-3}$ cm/s este dato se obtuvo por el tipo de suelo que se encontró en el sitio.	No cumple
Material de cobertura.	Contar con suficiente material térreo para la cobertura diaria de los desechos sólidos depositados durante la vida útil.	El sitio esta rodeado por cerros de los cuales es factible la extracción del material de cobertura.	Cumple
Zonas de inundación, cuerpos de agua y zonas de drenaje natural.	Estar ubicado a una distancia no perjudicial para las zonas de inundación, pantanos, marismas, cuerpos de agua ,zonas de drenaje natural.	El sitio destinado para la construcción del relleno sanitario no se encuentra ubicado cerca de zonas de inundación y presenta una escorrentia superficial al lado oeste.	Cumple

<sup>5</sup> Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Dr. Kart Von Terzaghi, Capítulo IX-4.

Características	Requisitos del ( M.A.R.N )	Características del sitio en estudio	Resultados
Núcleos poblaciones.	Estar ubicado a una distancia de 500 metros de los núcleos poblaciones y con un fácil acceso por carretera o por caminos transitables en cualquier época del año.	La población mas cercana al lugar se encuentra a más de 500 Mt. ,Además el terreno presenta fácil acceso por un camino transitable en cualquier época del año.	Cumple.
Áreas naturales protegidas y servidumbre de paso.	Estar ubicado fuera de las ares naturales protegidas o de los ecosistemas frágiles, así como de la servidumbre de paso de acueductos, canales de riego , alcantarillados y líneas de conducción de energía eléctrica.	El sitio en estudio se encuentra fuera de áreas naturales protegidas y no hay líneas de conducción de energía eléctrica, ni otros servicios.	Cumple.
Fallas Geológicas.	Estar ubicado a una distancia mínima de 60 Metros de fallas que hayan tenido desplazamiento reciente.	No se observa ninguna falla geológica reciente cerca del sitio.	Cumple.

Fuente : Grupo de Tesis y Reglamento del M.A.R.N.

***CAPITULO IV***

***“DISEÑO Y PRESUPUESTO DEL  
RELLENO SANITARIO  
MANUAL”***



#### 4.1 DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCION.

El diseño de rutas es un proceso de prueba y error que requiere de cierta experiencia, sin embargo se puede definir algunos criterios generales que ayuden a trazar las primeras rutas.

Algunos de estos criterios son:

- Identificar las políticas y regulaciones relacionadas con los puntos de recolección y su frecuencia.
- Aprovechar toda la capacidad de los vehículos recolectores.
- Aprovechar la jornada de trabajo del personal.
- Reducir al mínimo los periodos improductivos sin recolección.
- En áreas con topografía accidentada, las rutas deben de comenzar en el punto más alto y luego comenzar a bajar.
- Las rutas deben ser trazadas de tal manera que el último recipiente o contenedor de la ruta esté ubicado lo más cerca posible del sitio de disposición final.
- Que cubra a toda la población.
- De ser posible trazar las rutas de tal forma que estas inicien y terminen cerca de arterias principales, utilizando barreras topográficas y naturales como límites de la ruta.
- Que se realice en el menor tiempo posible.

- Desechos generados en zonas con congestionamiento de tráfico deben ser recolectados tan temprano como sea posible.
- Puntos de producción donde se generan cantidades muy grandes de desechos deben ser cubiertos durante la primera parte del día.

#### 4.1.1 **TRAZADO DE RUTAS.**

Para iniciar el diseño de las rutas es conveniente dividir la ciudad o área de interés en zonas, las zonas en sectores y los sectores en rutas de recolección, los pasos a seguir son:

- Preparar los mapas del área de interés mostrando datos e información relativa a las fuentes de generación.
- Análisis de los datos y preparación de cuadros resumen de la información.
- Trazado preliminar de rutas.
- Comparación de las rutas preliminares y el desarrollo de las rutas balanceadas por prueba y error.

Las rutas de recolección dentro de un sector para los sistemas de recolección domiciliar manual en la acera pueden diseñarse siguiendo las siguientes diagramaciones:

- a) Recorrido en moño.
- b) Recorrido en semicírculo.

c) Recorrido en espiral.

d) Recorrido ondulado.

Se recomienda utilizar siempre que sea posible el recorrido ondulado que es el más eficiente<sup>6</sup>.

El diseño de las rutas de recolección (trazado preliminar) para cada uno de los municipios involucrados en el proyecto se presenta en el anexo N° 12.

#### 4.1.2 CONTROL DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN.

No basta con diseñar un buen sistema de recolección, si no hay que tener en cuenta un buen sistema de control que garantice la operación de acuerdo a lo estipulado, que permita detectar y corregir problemas cuando estos ocurren, responder adecuadamente a las emergencias y dar un servicio de calidad a los usuarios. Para ello es necesario que se controlen algunos factores que afectan al servicio:

- Cobertura diaria del servicio.
- Carga del vehículo.
- Tiempo
- Costos.

---

<sup>6</sup>Recolección y Disposición final de la Basura: Un Servicio Publico Municipal, sección 3.3 ;programa DEMUCA, Septiembre de1995.

#### **4.1.2.1 Cobertura diaria del servicio.**

Es necesario verificar que se cumple con el programa de rutas diario. Para ello es necesario que exista un supervisor de rutas que verifique que se está dando la cobertura estipulada y en caso de emergencia (reparación de calles, instalación de tuberías, construcción de calles, etc.) diseñar rutas alternas.

#### **4.1.2.2 Carga del vehículo.**

Otro parámetro que hay que controlar es la carga del vehículo recolector. Si el vehículo al final de su ruta de recolección no está completamente lleno se debe rediseñar la ruta de recolección para hacer uso de toda su capacidad de carga.

#### **4.1.2.3 Tiempo.**

Es importante controlar el tiempo empleado durante todo el proceso de recolección para reducir las ineficiencias y los tiempos de no recolección que son causados por falta de responsabilidad de los operarios.

#### **4.1.2.4 Costos.**

El responsable del sistema de recolección deberá tener un control sobre los costos de la operación del mismo y detectar posibles problemas y sugerir cambios en la operación del sistema.

## 4.2 DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL.

Finalizada la etapa de los estudios básicos del sitio seleccionado para el diseño del relleno sanitario manual, corresponde realizar la etapa del diseño y presupuesto necesario para la ejecución del proyecto.

Para un buen diseño es indispensable la visita de campo, por lo que se realizó ésta, para confrontar los planos con el terreno y así poder identificar mejor el área a rellenar y sus alrededores, la vía interna de acceso, drenajes, el método constructivo, y el origen de la tierra de cobertura. Tomando para este fin el área ubicada al lado Este, del terreno en estudio cuya extensión es de 28461.33 m<sup>2</sup> (ver plano N° 1).

### 4.2.1 CALCULO DEL VOLUMEN NECESARIO.

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

- La producción diaria de los desechos sólidos si se espera tener una cobertura del 100%, para nuestro caso es de 7.92 ton/día, en este dato están incluidos los municipios de Tejutla, La Reina, El Paraíso, Agua Caliente, y San Francisco Morazán.

- La densidad de los desechos sólidos estabilizados<sup>7</sup> en el relleno sanitario manual, será de 550 Kg/m<sup>3</sup>.
- La cantidad de material de cobertura (20 – 25)% del volumen estabilizado de los desechos.

#### 4.2.1.1 Volumen de los desechos sólidos.

Con la producción diaria y la densidad de los desechos sólidos estabilizados de los municipios en estudio se obtendrá el volumen diario y anual de desechos sólidos que se requieren disponer, es decir:

$$V_{\text{diario}} = \frac{DSp}{Drsm}$$

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

Donde:

$V_{\text{diario}}$  = volumen de desechos sólidos a disponer en un día (m<sup>3</sup>/día)

$V_{\text{anual}}$  = volumen de desechos sólidos en una año (m<sup>3</sup>/año)

Dsp = cantidad de desechos sólidos producidos (Kg./día)

365 = equivalente a un año (días)

---

<sup>7</sup> Este dato se tomo de la Guía para la Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales; sección 5.1.2.1 Pág. 91 autor: Jorge Jaramillo.

Drsm = densidad de los desechos sólidos recién compactados, (450 Kg./ m<sup>3</sup>) y estabilizados (550 Kg./ m<sup>3</sup>)

El cálculo del volumen necesario se muestra en el cuadro 4.2 (Pág. 43), en las columnas 6, 7 y 8, donde se calcula el volumen de los desechos sólidos; diarios y anuales, compactados y estabilizados por un año respectivamente.

#### 4.2.1.2 Volumen del relleno necesario.

De esta manera, se puede calcular el volumen del relleno sanitario manual para el primer año, afectando el valor anterior por el material de cobertura (que por su difícil determinación se le aplicara un factor) así:

$$V_{rs} = V_{\text{anual}} * MC$$

Donde:

$V_{rs}$  = volumen del relleno sanitario (m<sup>3</sup>/año)

MC = factor del material de cobertura (1.25)

Los datos obtenidos se muestran en el cuadro 4.2; columna 9 y para conocer el volumen total ocupado durante la vida útil se tiene:

$$V_{rs_{vu}} = \sum_{i=1}^n V_{rs}$$

Donde:

$V_{rs_{vu}}$  = volumen del relleno sanitario durante la vida útil (m<sup>3</sup>)

$n$  = número de años

Los datos obtenidos se muestran en el cuadro 4.2, columna 10, es decir, los valores acumulados anualmente.

#### 4.2.2 CÁLCULO DEL ÁREA REQUERIDA.

Con el volumen calculado se puede estimar el área requerida para la construcción del relleno sanitario, solamente si se puede estimar en forma aproximada la profundidad o altura del relleno.

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

- Cantidad de desechos sólidos a disponer
- Cantidad de material de cobertura
- Densidad de compactación de los desechos sólidos
- Profundidad o altura del relleno sanitario
- Capacidad volumétrica del terreno
- Áreas adicionales para obras complementarias



Para el cálculo del área requerida del relleno sanitario manual, se utilizara la siguiente

formula:

$$A_{rs} = \frac{V_{rs}}{H_{rs}}$$

Donde:

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

$A_{rs}$  = área a rellenar sucesivamente

$H_{rs}$  = altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

Los datos obtenidos al aplicar la formula anterior se muestran en el cuadro 4.2, columna 11.

Y el área total requerida se obtendrá de la siguiente manera:

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

Donde:

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

$F$  = factor de aumento del área adicional requerida para las vías de acceso, áreas de aislamiento, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc.

Éste se considera entre un 20 – 40% del área a rellenar.

Los resultados se muestran en el cuadro 4.2, columna 12.

#### 4.2.3 PROCEDIMIENTO DE LOS CALCULOS EFECTUADOS PARA COMPLETAR EL CUADRO 4.2.

En el capítulo II se efectuó un diagnóstico actual de los desechos sólidos comunes producidos por los municipios de Tejutla, La Reina, El Paraíso, Agua Caliente y San Francisco Morazán y se obtuvieron los siguientes datos:

- Población del área urbana de los municipios en estudio para el año 2004 (cuadro 2.1) el cual se tomara como año cero, con la fórmula del método de crecimiento geométrico se proyectara la población de cada uno de los municipios para 20 años. Los datos obtenidos se presentan a continuación en el cuadro 4.1

##### *Tejutla*

$P_f = P_1 (1 + r)^n$	Año
$P_0 = 1666$	0
$P_1 = 1666 (1 + 0.0141)^1 = 1690 \text{ hab.}$	1
$P_2 = 1666 (1 + 0.0141)^2 = 1713 \text{ hab.}$	2
... = ..... = .....	....
$P_{20} = 1666 (1 + 0.0141)^{20} = 22040 \text{ hab.}$	20

De la misma manera se calculó la población para los demás municipios en estudio. La población total para cada año se traslada a la columna 1 del cuadro 4.2.

- Producción diaria de los desechos sólidos = 7.92 ton/día

- Cobertura del servicio = 100%
- Densidad de los desechos sólidos compactados en el RSM 450 Kg./ m<sup>3</sup>
- Densidad de los desechos sólidos estabilizados en el RSM = 550 Kg./ m<sup>3</sup>

#### 4.2.3.1 Producción percapita.

La producción percapita ( $pp_c$ ) se calculó en el capítulo II, sección 2.3 teniendo para el año en estudio (2004) una  $pp_{c0} = 0.5067$  Kg./hab/día. Se estima que la producción percapita aumente en un 1% anual. Los datos obtenidos se presentan en la columna 2 del cuadro 4.2.

$$pp_{c1} = pp_{c0} + (1\%)$$

$$pp_{c1} = 0.5067 * 1.01 = 0.5118 \text{ Kg./hab/día}$$

$$pp_{c2} = pp_{c1} + (1\%)$$

$$pp_{c2} = 0.5118 * 1.01 = 0.5169 \text{ Kg./hab/día}$$

Y así sucesivamente se calcula la  $pp_c$  para los demás años.

Cuadro 4.1 Población proyectada para 20 años del área urbana de los municipios en estudio.

<b>Municipio</b>	<b>Tejutla</b>	<b>El Paraíso</b>	<b>La Reina</b>	<b>Agua Caliente</b>	<b>San F. Morazán</b>	<b>Total</b>
<b>Año</b>						
0	1666	6164	2701	2351	859	13741
1	1690	6451	2745	2391	863	14140
2	1713	6751	2789	2433	868	14554
3	1738	7065	2834	2474	873	14984
4	1762	7393	2880	2517	877	15429
5	1787	7737	2927	2560	882	15893
6	1812	8097	2974	2604	886	16373
7	1838	8473	3023	2649	891	16874
8	1864	8867	3072	2695	895	17393
9	1890	9279	3121	2741	900	17931
10	1916	9711	3172	2788	905	18492
11	1943	10162	3223	2836	909	19073
12	1971	10635	3275	2885	914	19680
13	1999	11129	3328	2935	919	20310
14	2027	11647	3382	2985	924	20965
15	2055	12188	3437	3036	929	21645
16	2084	12755	3493	3089	933	22354
17	2114	13348	3550	3142	938	23092
18	2144	13969	3607	3196	943	23859
19	2174	14619	3666	3251	948	24658
20	2204	15298	3725	3307	953	25487

Fuente: Grupo de Tesis

#### 4.2.3.2 Cantidad de desechos.

##### ***Producción diaria:***

$$Dsp_0 = pob_0 * pp_{c0}$$

$$Dsp_0 = 13,741 * 0.5067 = 6.96 \text{ ton/día}$$

Esto es de la población urbana de los municipios en estudio. En el capítulo II sección 2.3 se obtuvo un  $Dsptotal = 7.92 \text{ ton/día}$  en este dato se incluye lo que se genera en el sector comercial del Caserío el Coyolito e Instituciones Educativas del municipio de Tejutla (0.96 ton/día) esto representa un 13.79% del total.

Entonces se le aumentara este porcentaje para cada año, los datos obtenidos se muestran en la columna 3 del cuadro 4.2.

$$Dsp_0 = 6.96 + (13.96\%)$$

$$Dsp_0 = 6.96 * 1.1379 = 7922.70 \text{ Kg./día}$$

$$= 7.92 \text{ ton/día}$$

***Producción anual:*** se calcula multiplicando la producción diaria de los desechos sólidos por los 365 días del año (columna 4, cuadro 4.2)

$$Dsp_0 \text{ (anual)} = Dsp_0 * 365$$

$$Dsp_0 \text{ (anual)} = \frac{7922.70 * 365}{1000} = 2891.79 \text{ ton/año}$$

Y así sucesivamente para los demás años.

#### 4.2.3.3 Volumen de los desechos sólidos.

##### ***Volumen diario compactado:***

$$V(\text{diario comp.}) = (Dsp/Drsm)$$

$$Vo(\text{diario comp.}) = (Dsp_0/Drsm)$$

$$Vo(\text{diario comp.}) = 7922.70/450 = 17.61 \text{ m}^3/\text{día} \text{ (columna 6, cuadro 4.2)}$$

##### ***Volumen anual compactado:***

$$V(\text{anual comp.}) = (Dsp/Drsm) * 365$$

$$Vo(\text{anual comp.}) = (Dsp_0/Drsm) * 365$$

$$= (7922.70/450) * 365$$

$$= 6426.19 \text{ m}^3/\text{año} \text{ (columna 7, cuadro 4.2)}$$

##### ***Volumen anual estabilizado:***

$$V(\text{anual estabilizado}) = (Dsp/Drsm) * 365$$

$$V(\text{anual estabilizado}) = (Dsp_0/Drsm) * 365$$

$$= (7922.70/550) * 365$$

$$= 5257.79 \text{ m}^3/\text{año} \text{ (columna 8, cuadro 4.2)}$$

##### ***Volumen del relleno sanitario:***

El volumen del relleno sanitario está conformado por los desechos sólidos y el material de cobertura. Para nuestro caso se estima como material de cobertura el 25% del volumen de la basura.

$$Vrs = V_{\text{anual}} * MC$$

$$V_{rs0} = V_0(\text{anual}) * MC$$

$$V_{rs0} = 5257.79 * 1.25 = 6572.24 \text{ m}^3/\text{año}$$

En la columna 10 se presenta el volumen del relleno sanitario acumulado anualmente, permitiendo identificar la vida útil del relleno al compararla con la capacidad volumétrica del sitio.

#### 4.2.3.4 Cálculo del área requerida.

**Cálculo del área a rellenar:** si se asume una profundidad promedio de 3 mt, las necesidades de área serán;

El año en estudio (año cero)

$$A_{rs0} = V_{rs0} = \frac{6572.24}{3} = 2190.75 \text{ m}^2$$

En la columna 11, se podrá observar el área necesaria para los demás años, si se trabaja a partir de los datos acumulados en la columna 10 cuadro 4.2

**Cálculo del área total:** teniendo en cuenta un factor de aumento, para las áreas adicionales. En este caso se asume un 30%.

Para el año en estudio (año cero)

$$A_T = F * A_{rs} = 1.30 * 2190.75 = 2847.98 \text{ m}^2$$

Y así sucesivamente para los demás años, los datos obtenidos se presentan en la columna 12 del cuadro 4.2.

#### 4.2.4 SELECCIÓN DEL METODO.

El método constructivo y la seguridad de operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno escogido, las características del suelo, aunque también depende del material de cobertura que se utilizará y de la profundidad del nivel freático.

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

La configuración topográfica del sitio en estudio se obtuvo por medio de un levantamiento planimétrico y altimétrico del mismo, como se puede observar en el anexo 10, el cual servirá de base para el cálculo de áreas y volúmenes que se utilizaran para el diseño de toda la obra.

El lugar donde se pretende realizar el relleno sanitario es en su mayor parte un cerro cuyas pendientes en su contorno son muy irregulares y estas van de moderadas a fuertes al costado Noroeste y Noreste, en este sitio no se observan lugares planos.

El método que mejor se adapta a las condiciones antes mencionadas es el método de área, ya que por las condiciones topográficas del sitio requieren de un trabajo de terracería previo.



Cuadro 4.2.

## VOLUMEN Y ÁREA REQUERIDA

AÑO	POBLACIÓN (hab)	PPC (Kg/hab /día)	CANTIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS			VOLUMEN DE DESECHOS SÓLIDOS					ÁREA REQUERIDA	
			DIARIO (Kg)	ANUAL (Ton)	ACUMULADA (Ton)	COMPACTADOS		ESTABI LIZADO ANUAL (m3)	RELLENOS		RELLENO ARS. (m2)	TOTAL AT (m2)
						DIARIO (m3)	ANUAL (m3)		(DS+MS) ANUAL	ACUMULADO (m3)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	13741	0.5067	7922.70	2891.79	2891.79	17.61	6426.19	5257.79	6572.24	6572.24	2190.75	2847.97
1	14140	0.5118	8234.81	3005.71	5897.49	18.30	6679.35	5464.92	6831.15	13403.39	4467.80	5808.14
2	14554	0.5169	8560.38	3124.54	9022.03	19.02	6943.42	5680.98	7101.22	20504.61	6834.87	8885.33
3	14984	0.5221	8901.96	3249.22	12271.25	19.78	7220.48	5907.66	7384.58	27889.19	9296.40	12085.32
4	15429	0.5273	9268.16	3382.88	15654.12	20.60	7517.51	6150.69	7688.36	35577.55	11859.18	15416.94
5	15893	0.5325	9630.07	3514.98	19169.10	21.40	7811.06	6390.86	7988.58	43566.13	14522.04	18878.66
6	16373	0.5379	10021.53	3657.86	22826.96	22.27	8128.57	6650.65	8313.31	51879.45	17293.15	22481.09
7	16874	0.5433	10431.89	3807.64	26634.60	23.18	8461.42	6922.98	8653.73	60533.18	20177.73	26231.04
8	17393	0.5487	10859.59	3963.75	30598.35	24.13	8808.33	7206.82	9008.52	69541.70	23180.57	30134.74
9	17931	0.5542	11307.72	4127.32	34725.67	25.13	9171.82	7504.21	9380.27	78921.97	26307.32	34199.52
10	18492	0.5597	11777.23	4298.69	39024.35	26.17	9552.64	7815.80	9769.75	88691.72	29563.91	38433.08
11	19073	0.5653	12268.80	4478.11	43502.47	27.26	9951.36	8142.02	10177.53	98869.24	32956.41	42843.34
12	19680	0.5710	12786.90	4667.22	48169.69	28.42	10371.60	8485.85	10607.31	109476.56	36492.19	47439.84
13	20310	0.5767	13327.97	4864.71	53034.39	29.62	10810.46	8844.93	11056.16	120532.71	40177.57	52230.84
14	20965	0.5824	13893.78	5071.23	58105.62	30.88	11269.40	9220.42	11525.52	132058.24	44019.41	57225.24
15	21645	0.5883	14489.74	5288.76	63394.38	32.20	11752.79	9615.92	12019.90	144078.13	48026.04	62433.86
16	22354	0.5941	15111.89	5515.84	68910.22	33.58	12257.42	10028.80	12536.00	156614.13	52204.71	67866.12
17	23092	0.6001	15768.46	5755.49	74665.71	35.04	12789.97	10464.52	13080.65	169694.79	56564.93	73534.41
18	23859	0.6061	16455.10	6006.11	80671.82	36.57	13346.91	10920.20	13650.25	183345.04	61115.01	79449.52
19	24658	0.6121	17174.51	6268.70	86940.51	38.17	13930.44	11397.63	14247.04	197592.08	65864.03	85623.23
20	25487	0.6183	17931.72	6545.08	93485.59	39.85	14544.62	11900.14	14875.18	212467.25	70822.42	92069.14

Fuente Grupo de tesis

### ***Configuración inicial.***

Para iniciar las operaciones del relleno sanitario es requerido determinar los niveles de desplante del suelo el cual soportara los desechos sólidos, el terreno debe ser preparado y adecuado para la obtención de las diferentes terrazas y del material de cobertura. Ver plano 1 (configuración de terrazas y niveles de desplante).

Se propone el acondicionamiento, con una base de suelo impermeable, con un coeficiente de máxima permeabilidad de infiltración no superior a los  $10^{-7}$  cm/s, de un espesor mínimo de 50 cms. y con una compactación del 95% (ver anexo 11).

### ***Configuración final del terreno***

La configuración final del relleno sanitario es la conformación del terreno una vez se termine su vida útil, en la que al final se tendrá una elevación máxima de 429 m.s.n.m, se tiene proyectado la realización de una cancha de fútbol junto a una área de reforestación que ayudara al medio ambiente. Ver plano 4.

#### **4.2.4.1 Método de área.**

Debido a las características topográficas del terreno se opto por el método de área, es decir por ser ésta una zona de depresiones naturales las cuales se pretenden transformar y llenar con los desechos sólidos producidos por los municipios en estudio.

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

Utilizando el método a partir de las curvas de nivel, el cual consiste en determinar la capacidad existente en el terreno entre los planos horizontales, lo que requiere calcular las áreas de las intersecciones de esos planos con el terreno y multiplicarlas, luego de promediarlas por la diferencia de altura que las separa. Este método nos facilita el cálculo ya que el levantamiento topográfico tiene curvas a nivel a cada metro dándonos una mayor precisión en la capacidad volumétrica. La obtención de los datos se obtuvo por medio de un programa por computadora cuyos resultados se presentan en el cuadro 4.3

#### **4.2.5 CÁLCULO DE LA VIDA UTIL.**

El volumen comprendido entre las configuraciones inicial y final del terreno (volumen del relleno sanitario manual) fue calculado por un programa de computadora, cuyos resultados se muestran en el cuadro 4.3.

Cuadro 4.3 Capacidad, vida útil y material de cobertura por terraza.

Terraza	Nivel (mt.)	Área (m2)	Volumen de corte (m3)	Volumen de relleno (m3)	V total (m3)	Material de cobertura (m3)
1	408	2220.38	26097	-----	11181.75	2795.44
2	411	3492.72	45896.09	305.66	19404	4851
3	414	3918.02	70931.25	-----	19731	4932.75
4	417	2606.83	2481.93	-----	17376.75	4344.19
5	420	2627.86	14019.36	-----	16879.5	4219.88
6	423	2000.96	27123.93	-----	13406.86	3351.72
7	426	566.19	36900.2	-----	2481.93	620.48
TOTAL			223449.76	305.66	100461.79	25115.46

Fuente: Grupo de Tesis.

Material sobrante = Volumen de Corte – Volumen del material de Cobertura

$$= 223449.76 - 25115.46$$

$$= 198334.22 \text{ (se utilizará en cobertura final del proyecto).}$$

La sumatoria del volumen total de cada una de las terrazas es de 100461.79, al comparar este valor con la columna 10 del cuadro 4.2, donde aparecen los volúmenes acumulados de los desechos por año, se tiene que éste se encuentra entre el rango de 11 y 12 (columna cero), interpolando se obtuvo un valor de aproximadamente 11.15.

Entonces concluimos que la vida útil aproximada del relleno sanitario manual será de **11.15 años**. Es de aclarar que esta vida útil puede ser aumentada si se utilizan los métodos de reducción, reciclaje y Rehúso.

#### 4.2.6 CÁLCULO Y DISEÑO DE LA CELDA DIARIA.

La celda diaria se define como la unidad básica de construcción del relleno sanitario; se asemeja a un pequeño bloque, y está constituida por la cantidad de basura que se entierra en un día por la tierra necesaria para cubrirla. Las dimensiones de la celda diaria varían en cada caso y se definen teóricamente como un paralelepípedo. Su ancho equivale al frente del trabajo, el largo o avance está definido por la cantidad de basura que llega al relleno en un día, y la altura se limita a un metro o ½ metro para lograr una mayor compactación.

Para los municipios en estudio se tiene una producción de 7.92 ton/día y se considera que el relleno sanitario operara seis días a la semana, entonces tenemos:

**La cantidad de basura en el relleno sanitario manual es:**

$$DSrs = DSp * 7/d_{hab}$$

Donde:

DSrs = cantidad media diaria de desechos sólidos en el relleno sanitario (Kg./día)

DSp = cantidad de desechos sólidos producidos por día (Kg./día)

$d_{hab}$  = días hábiles o laborales en una semana

$$DSrs = 7922.70 * (7/6)$$

$$DSrs = 9243.15 \text{ Kg./día laboral.}$$

**Volumen de la celda diaria:**

$$Vc = (DSrs/Drsm) * MC$$

Donde:

$V_c$  = volumen de la celda diaria ( $m^3$ )

$D_{rsm}$  = densidad de los desechos sólidos recién compactados en el relleno sanitario manual ( $450 \text{ Kg./m}^3$ )

MC = factor de material de cobertura (25%)

$$V_c = \frac{9243.15}{450} * 1.25 \quad V_c = 25.68 \text{ m}^3/\text{día laboral}$$

### **Dimensiones de la celda**

Área de la celda

$$A_c = V_c/H_c$$

Donde:

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

$H_c$  = altura de la celda (mt) se tomara de 1 mt.

$$A_c = (25.68/1) = 25.68 \text{ m}^2/\text{día}$$

El largo o avance de la celda estará sujeto a las variaciones normales del ingreso de la basura, mientras que el ancho o frente se mantendrá con 3.5 mt, es decir:

$$L = A_c/a$$

Donde:

$a$  = ancho o frente de trabajo

$$L = (25.68/3.5) = 7.34 \text{ mt}$$

Los detalles de la celda se presentan en la figura N° 8.

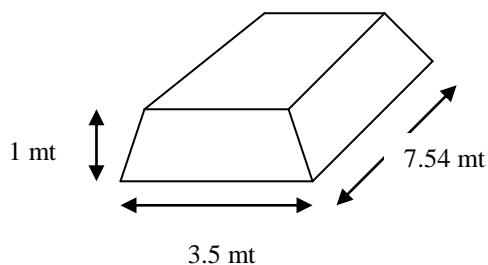


Figura N° 8 dimensiones de la celda diaria

#### 4.2.7 CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE TERRAZAS.

La parte del terreno donde se proyecta la realización del relleno sanitario manual tiene una extensión de 28461.33 m<sup>2</sup> y está ubicado en la parte oriente del sitio en estudio.

El punto más bajo del área que se utilizará se encuentra entre los mojones 9 y 13 (ver anexo 10) donde se encuentra el área destinada para las lagunas de estabilización. Cuyo nivel de desplante será de 405 mt.

El diseño consta de una configuración de 7 terrazas que van creciendo en altura de Oeste a Este. Debido a las condiciones del terreno (ver anexo 13) se propone que primero se realice un movimiento bastante fuerte de tierra de las terrazas 3,4,5,6,y 7 dejándoles una pendiente del 10% en sentido Este – Oeste a toda esta área, esto ayudara para que al momento de estar haciendo las terrazas no se tengan problemas con los taludes de elevaciones muy altas que se tendrían si no se hiciera primero esto.

Después de haber realizado el movimiento de tierra anterior, se deberá realizar la terraza 1 cuyo nivel de desplante es de 408 mt de ahí en adelante las demás terrazas se harán

una por una, cuyo material que resulte de la terracería servirá para el cubrimiento de la celda diaria.

Todas las terrazas tendrán una pendiente del 2% hacia adentro (en dirección Oeste – Este) que servirá para el drenaje de lixiviados, en donde se ubicara la tubería de captación de éstas.

Los taludes de corte se dejaran con una pendiente de 1:1 (H – V) y los de relleno quedaran con una pendiente de 3:1 (H – V). La terracería comenzara después que el sitio esté adecuado con sus obras complementarias como lo son; la calle de acceso principal (ver plano N° 2) que permitirá poder ingresar a todas las terrazas, ésta tendrá una pendiente del 10% e iniciara en el portón principal y terminara en el área donde se encontraran las lagunas de estabilización, caseta de control, baños, etc.

Para el chequeo de los niveles de desplante de las terrazas se tomará como referencia el nivel del mojón #10 cuya elevación es de 403.50 mt, el chequeo deberá de realizarse con un mojón fijo.

#### **4.2.8 CALCULO DE LA MANO DE OBRA.**

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

- La 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

#### 4.2.8.1 Número de trabajadores

Para calcular el número de trabajadores necesarios en el relleno sanitario manual se utilizarán los rendimientos<sup>8</sup> que se muestran en el cuadro 4.4, en los cuales se considera una jornada de ocho horas diarias, con un tiempo efectivo de seis horas.

Celda diaria = volumen de los desechos sólidos + material de cobertura (25%)

$$\text{Volumen de DS} = \frac{7922.70 \text{ Kg./día}}{450 \text{ Kg./m}^3} = 17.61 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Volumen de tierra} = 17.61 \text{ (m}^3/\text{día)} * 0.25 = 4.40 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen de la celda diaria} &= (17.61 + 4.40) \text{ m}^3/\text{día} \\ &= 22.01 \text{ m}^3/\text{día} \text{ (hc} = 1 \text{ mt)} \end{aligned}$$

Ahora de acuerdo con las distintas operaciones y rendimientos se tiene el número de trabajadores. El resultado se muestra en el cuadro 4.5.

---

<sup>8</sup> Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Autor: Jorge Jaramillo Washington, D.C, Enero DE 1997. sección 5.6.

Cuadro 4.4 Rendimientos para el cálculo del número de trabajadores.

<b>Operación</b>	<b>Rendimiento</b>
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

Fuente: 6.

Cuadro 4.5 Cálculo del número de trabajadores.

<b>Operación</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Hombre/día</b>
Movimiento de desechos	$\frac{7.92 \text{ ton/día}}{0.95 \text{ ton/h - h}} * \frac{1.0}{6\text{hrs}}$	1.39
Compactación de desechos	$\frac{22.01 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2/\text{h - h}} * \frac{1.0}{6\text{hrs}}$	0.18
Movimiento de tierra	$\frac{4.40 \text{ m}^3}{0.35 \text{ m}^3/\text{h - h}} * \frac{1.0}{6\text{hrs}}$	1.98
Compactación de la celda	$\frac{22.01 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2/\text{h - h}} * \frac{1.0}{6\text{hrs}}$	0.18

Fuente: Grupo de Tesis

El total de hombres será de  $(1.39 + 0.18 + 1.98 + 0.18) = 3.74 \approx 4 \text{ hombres}$ .

Lo anterior significa que este relleno sanitario podrá ser operado con un total de 4 hombres aproximadamente (equivalente a un rendimiento de 1.98 ton/día). Como se anoto, el número de hombres dependerá de cuan cerca esté el frente de trabajo para la

descarga de los desechos sólidos y el material de cobertura, de las condiciones del clima (época de lluvia) y por supuesto de las variaciones de la cantidad de desechos sólidos recibidos en el relleno sanitario fundamentalmente.

#### 4.3 DISEÑO DE LAS OBRAS DE DRENAJE.

Es importante estudiar la precipitación pluvial del lugar en donde se desea hacer un relleno sanitario, para prever las características de los drenajes y las obras que se vayan a necesitar a fin de atenuar la producción de lixiviado, interceptando y desviando el escurrimiento superficial y la evacuación de los gases, para evitar la contaminación de los mantos acuíferos subterráneos, la atmósfera y el agua superficial; por lo que es, de gran importancia construir obras de drenaje con dimensiones que sean adecuadas a las condiciones de precipitación local, área tributaria, características del suelo, vegetación y la topografía del lugar.

Para obtener las distintas dimensiones de los diferentes drenajes que requiere el relleno sanitario, es necesario determinar la información de la cuenca, que se encuentra en la zona Este del terreno a partir de la cota 405 y tiene un área de 284561.33 m<sup>2</sup> (ver plano N° 1), en donde se desea construir el relleno sanitario:

- a) Tiempo de Concentración (Tc)

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

Donde: Tc: Tiempo de concentración en horas.

A: Área de la cuenca en km<sup>2</sup>.

Lc: Longitud del cauce más largo en km.

ΔH: Elevación media de la cuenca en metros.

La longitud del cauce más largo se determinó utilizando un curvímetro, y consiste en el recorrido más largo que tiene el agua al caer en el punto más lejano al punto de interés del área de recogimiento de la cuenca. El cauce se trazó en base a las curvas de nivel en el plano con escala 1:1000 (ver anexo 13) con curvas de nivel a cada metro.

La longitud del cauce más largo es: Lc = 0.207 Km.

La elevación media de la cuenca se obtiene de la siguiente forma:

$\Delta H = 1/2$  (Elevación máxima + elevación mínima)

$\Delta H = 1/2(448 + 382) = 415$  mts.

$\Delta H = 415$  mts.

El área de la cuenca en Km<sup>2</sup>: A = 0.028461.33 km<sup>2</sup>

Sustituyendo datos:

$$T_c = \frac{\sqrt{0.02846133} + 1.5(0.207)}{0.8\sqrt{415}}$$

Tc = 0.0294 horas

Tc = 1.76 min.

b) Intensidad pluvial máxima o de diseño (I<sub>diseño</sub>).

Observando que el resultado del tiempo de concentración de la cuenca es menor de 5 minutos, tomando en cuenta que el período menor de registro para las intensidades es de

5 minutos se tomarán estos datos para calcular la intensidad de diseño. Los datos de las intensidades fueron brindados por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET). (Ver anexo14), los datos ordenados de intensidad pluvial para 5 minutos se muestran en la siguiente cuadro:

Cuadro 4.6 Intensidad pluvial para 5 minutos.

AÑO	INTENSIDAD	$f = m/(n+1)$	$F=1-f$
1979	4,70	0,080	0,920
1980	4,00	0,170	0,830
1977	3,92	0,250	0,750
1974	3,60	0,330	0,670
1978	3,36	0,420	0,580
1975	3,02	0,500	0,500
1972-1981	2,90	0,580	0,420
1973	2,52	0,670	0,330
1976	2,40	0,750	0,250
1982	2,12	0,830	0,170
1971	2,02	0,920	0,080

Fuente: Grupo de Tesis.

$$f = \frac{m}{n+1} \quad Y \quad F = 1 - \frac{m}{n+1}$$

Donde: f: Probabilidad de ocurrencia.

F: Probabilidad de no ocurrencia.

M: Posición del dato.

n: Número de datos.

El paso siguiente es hacer la gráfica de las máximas intensidades contra sus respectivas frecuencias de no ocurrencias en papel tipo Gumbel (como se muestra en el figura N° 10). Seguidamente se determinó la intensidad de diseño para un período de retorno de 20 años, la cual se obtuvo directamente de la figura N° 10.

El valor obtenido para la intensidad de diseño es:

$$I_{\text{diseño}} = 5.13 \text{ mm/min. } \acute{o}$$

$$I_{\text{diseño}} = 8.55 \times 10^{-5} \text{ mt/seg.}$$

c) Pendiente media de la Cuenca (S)

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

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

Donde:

S: Pendiente media de la cuenca (%)

D: Intervalo entre curvas de nivel (mts)

$\sum L$ : Sumatoria de las longitudes de los contornos de las curvas (mts.)

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

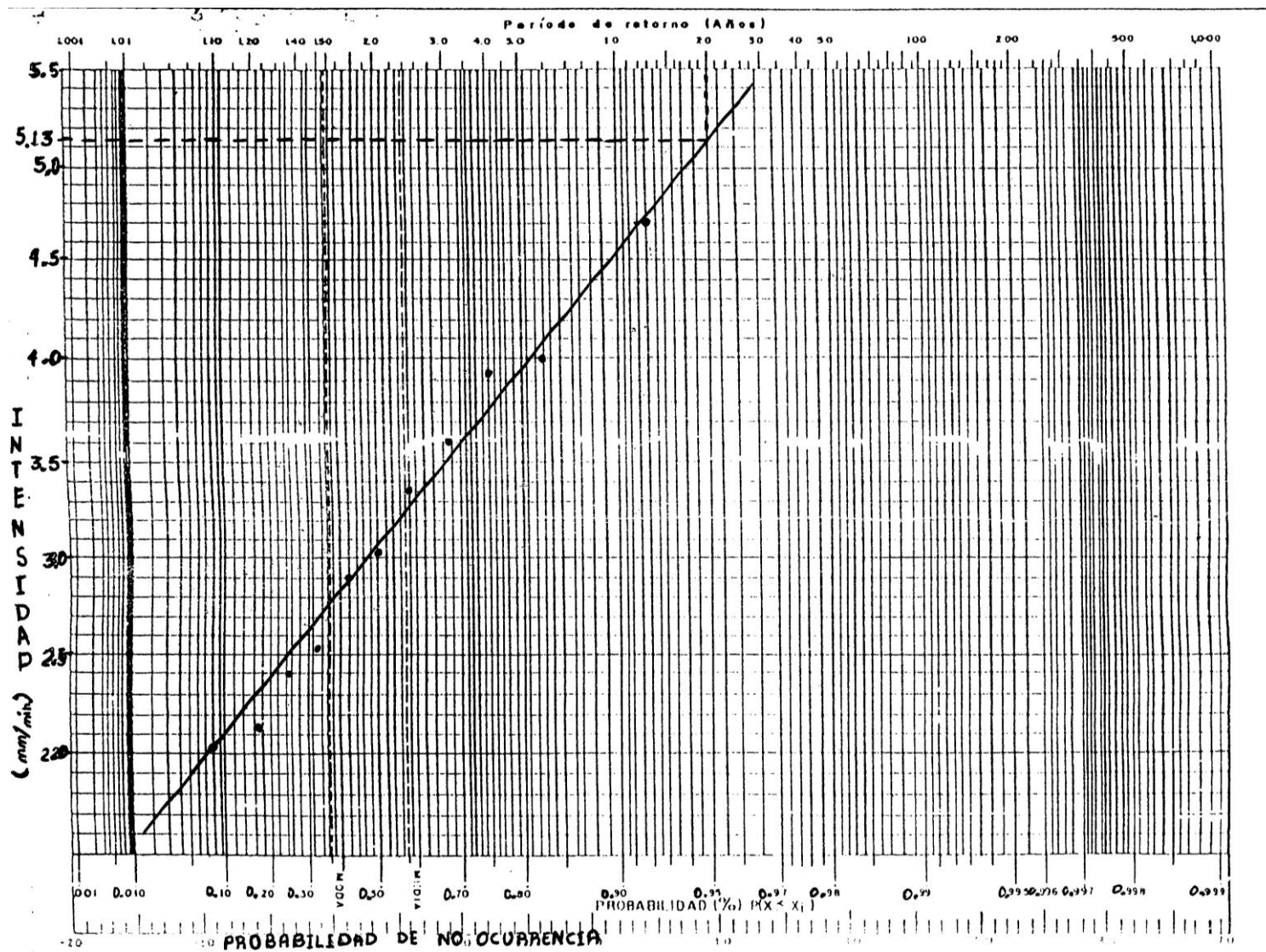
Para obtener las longitudes de todas las curvas de nivel se utilizó el curvímetro tomando de base el Anexo 10, con curvas a cada metro, los datos obtenidos se muestran en la cuadro N° 4.7.

Cuadro 4.7. Longitudes de todas las curvas de nivel con curvas a cada metro.

N°	COTA	LONG.	SUMA ACUMULA DA	N°	COTA	LONG.	SUMA ACUMULA DA
1	448	73	73	23	426	322	6201
2	447	95	168	24	425	373	6574
3	446	131	299	25	424	353	6927
4	445	163	462	26	423	361	7288
5	444	201	663	27	422	342	7630
6	443	216	879	28	421	362	7992
7	442	243	1122	29	420	261	8253
8	441	239	1361	30	419	252	8505
9	440	261	1622	31	418	256	8761
10	439	279	1901	32	417	253	9014
11	438	286	2187	33	416	229	9243
12	437	293	2480	34	415	257	9500
13	436	322	2802	35	414	251	9751
14	435	331	3133	36	413	273	10024
15	434	333	3466	37	412	296	10320
16	433	342	3808	38	411	295	10615
17	432	362	4170	39	410	306	10921
18	431	376	4546	40	409	294	11215
19	430	379	4925	41	408	293	11508
20	429	335	5260	42	407	295	11803
21	428	332	5592	43	406	301	12104
22	427	287	5879	44	405	219	12323

Fuente : Grupo de tesis.

Figura N°10 Gráfico de Intensidad de lluvia.





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

$$\sum L = 12323 \text{ mt}$$

$$A = 28461.33 \text{ mt}^2$$

$$S = \frac{(1 \text{ mt}) * (12323 \text{ mt})}{28461.33 \text{ mt}^2} * 100$$

$$S = \underline{43.30 \%}$$

d) Coeficiente de escorrentía (C)

La definición de escorrentía es denominada 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 obtener el dato del coeficiente de escorrentía, se usó el nomograma de Ven Te Chow (figura N° 11) con los siguientes parámetros:

- Tipo de vegetación (matorrales)
- Condiciones de permeabilidad:
- Pendiente media de la cuenca: 43.30%

Del monograma de Ven Te Chow, se obtiene el siguiente resultado:  $C = 0.52$

e) Caudal máximo de diseño (Q)

Para obtener el caudal que influirá en el relleno sanitario, se recurrió a utilizar la fórmula racional.

$$Q = C I A$$

Donde:  $Q = \text{Caudal (m}^3/\text{seg)}$   
 $C = \text{Coeficiente de escorrentía superficial}$   
 $I = \text{Intensidad pluvial máxima (m/seg)}$   
 $A = \text{Área de la cuenca (m}^2\text{)}$

Luego:  $C = 0.52$   
 $I = 8.55 \times 10^{-5}$   
 $A = 28461.33 \text{ m}^2$

Sustituyendo datos:

$$Q = (0.52) * (8.55 \times 10^{-5}) * (28461.33 \text{ m}^2)$$
$$Q = 1.266 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

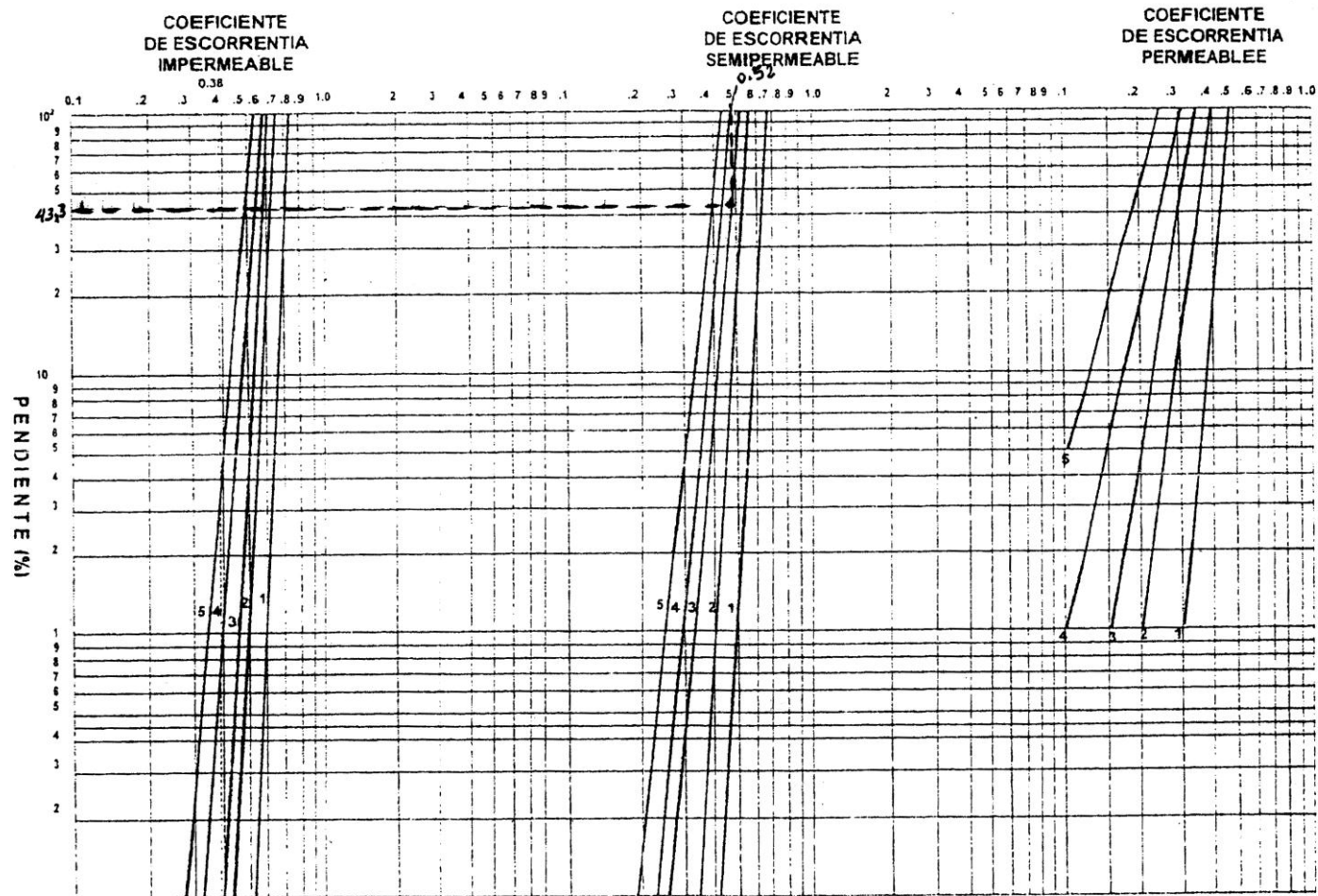
El siguiente paso después de haber obtenido las características y el caudal máximo de diseño en la cuenca de interés, se procede a diseñar las obras de drenaje, como sigue:

#### 4.3.1 DRENAJE PLUVIAL.

El encauce de drenaje de las aguas lluvias se proyecta hacerlo a través de un sistema superficial de canaletas forjadas en tierra, con el objeto de captar y desviar la escorrentía que llegue de los terrenos aledaños al terreno, disminuyendo el riesgo de un aumento significativo de líquidos lixiviados y mejorar las condiciones de operación del relleno sanitario.

Figura N° 11.

NOMOGRAMA PARA EL CALCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA



- 1 - Suelo Desnudo.
- 2 - Grama Corta.
- 3 - Matamoses.
- 4 - Cultivos Perennes y Arbustivos.
- 5 - Bosques.

El diseño propuesto para la canaleta perimetral, se tomará además, para las canaletas provisionales que se harán dentro del relleno sanitario durante su funcionamiento como se muestra en la figura N° 12.

Para obtener las dimensiones de las canaletas antes mencionadas, es necesario determinar el siguiente parámetro:

Tamaño de desagüe: Para calcular el tamaño del desagüe se aplica la fórmula de Manning.

Donde:

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

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 (Hidráulica de Canales Abiertos,

Ven Te Chow.)

Rn: Radio hidráulico

Sustituyendo datos, para el drenaje definitivo:

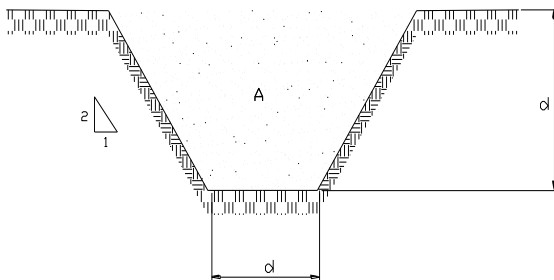
$$Q = 1.266 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$S = 2 \%$$

n = 0.023 y 0.015 (canales de tierra rectos y bien conservados, cemento con pulido ordinario).

Para una canaleta trapezoidal.

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



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

Sustituyendo en la formula de Manning.

$$1.266 = \frac{(\frac{3}{2}d^2) * (0.4635d)^{2/3} * (0.02)^{1/2}}{0.023}$$

$$1.266 = 5.5238886 d^{8/3}$$

$$d = 0.5754 \text{ mt.}$$

$$d = 57.54 \text{ cm.} \approx 60 \text{ cm.}$$

$$1.266 = \frac{(\frac{3}{2}d^2) * (0.4635d)^{2/3} * (0.02)^{1/2}}{0.015}$$

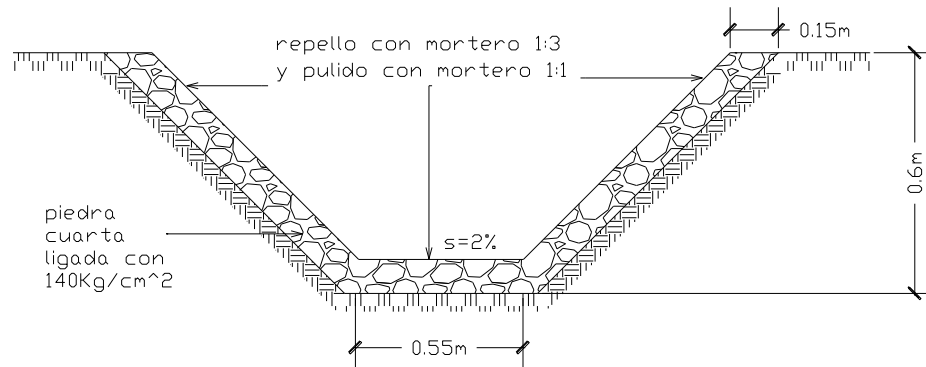
$$1.266 = 8.46996252 d^{8/3}$$

$$d = 0.4903 \text{ mt.}$$

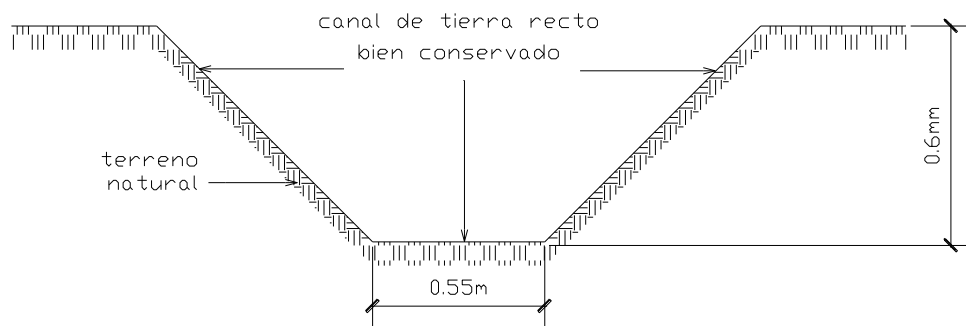
$$d = 49.03 \text{ cm.}$$

en la figura n° 12 se muestran los detalles de la canaleta para el drenaje de las aguas lluvias en la periferia y dentro del relleno sanitario.

## DETALLE DE CANALETA PERIMETRAL



## DETALLE DE CANALETA PROVISIONAL



**FIGURA N° 12**

La sección de canaleta de concreto será para la canaleta perimetral, usando canaletas de tierra para las canaletas provisionales, que se usarán como drenaje a medida que se van llenando las terrazas.

#### 4.3.2 DRENAJE DE LÍQUIDOS LIXIVIADOS.

Los líquidos generados por la descomposición de la basura en el relleno sanitario son llamados líquidos percolados o lixiviados, estos líquidos pueden ser aumentados significativamente con la lluvia que cae directamente sobre el relleno sanitario, estos líquidos son de color oscuro, son contaminantes según su mal olor y la elevada demanda bioquímica de oxígeno que poseen entre otros tanto, para las aguas superficiales como en los mantos acuíferos.

Para el relleno sanitario es de vital importancia construir un sistema de drenaje en la zona del terreno en que se va a construir el relleno sanitario, antes de colocar y compactar la basura, éste se construirá similar al de un sistema de alcantarillado sanitario, aunque es de hacer notar que el manejo de los líquidos lixiviados es uno de los mayores problemas que genera el relleno sanitario.

Para colocar el sistema de drenaje en el relleno, se construirán canaletas cuadradas al pie (abiertas) del talud del nivel de desplante de cada terraza bajo la celda de los desechos sólidos. Las canaletas serán llenadas con grava N° 2 o piedra, ubicando antes en su interior una tubería de PVC (con diámetros de 8", 6" y 4") perforada colocando el tubo

sobre un colchón semipermeable de suelo comportado con pisón de mano, este método de drenaje se le llama Dren Francés, este detalle se refleja en la figura N° 13.

Para determinar las dimensiones del diámetro de la tubería, se realizará aplicando el siguiente procedimiento<sup>9</sup>:

$$Q = P * A * K * T^{-1}$$

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.)

La precipitación pluvial anual del departamento de Chalatenango hasta el año de 1980, varia entre; 1800mm - 2000mm.

La precipitación promedio = 1900 mm/año.

El coeficiente de compactación se calcula así:

$$K = \frac{\text{Densidad de la basura descargada en el relleno}}{\text{Densidad en el relleno sanitario}} \text{ (cuadro 2.7, capítulo II)}$$

$$K = \frac{0.25531 \text{ ton/m}^3}{0.450 \text{ ton/m}^3} = 0.567$$

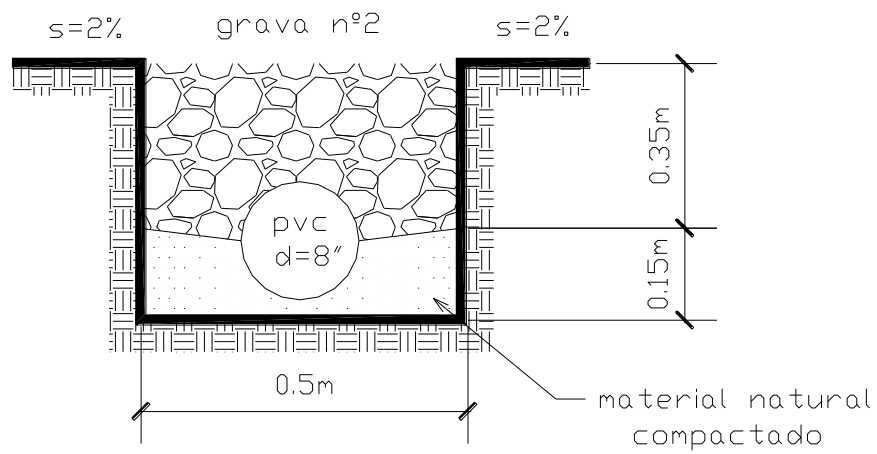
---

<sup>9</sup> Relleno Sanitario Manual un Estudio de Factibilidad para el Municipio de San Francisco Gotera, Departamento de Morazán; Tesis UES, año 2001. Pág. 142. Autor Hugo Bonilla Chicas.



## DETALLE DE DRENAJE PARA LIQUIDOS LIXIVIADOS

### CANALIZACIÓN PRIMARIA



### CANALIZACIÓN SECUNDARIA

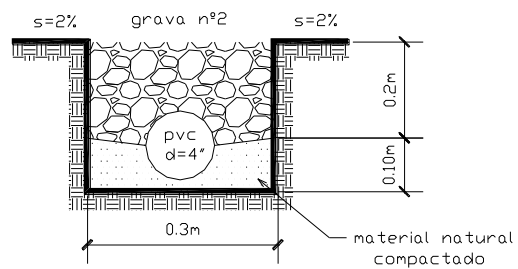


FIGURA N° 13

luego:

$$K = 0.567$$

$$P = 1900 \text{ mm/año.}$$

$$A = 28457.02 \text{ m}^2$$

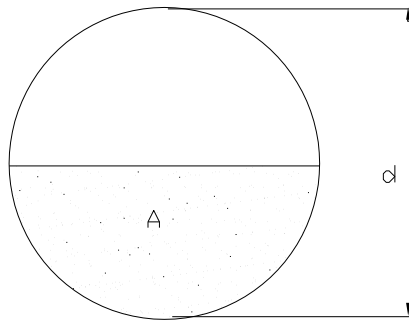
$$T = 31536000 \text{ seg.}$$

Sustituyendo valores:  $Q = (1900 \text{ mm/año}) * (28461.33 \text{ m}^2) * (0.567) * (31536000)^{-1}$

$$Q = 0.9723 \text{ lts/seg.} = 0.0009723 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Aplicando la formula de Manning.

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



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

$$Q = 0.0009723$$

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

$$S = 0.02$$

$$0.0009723 = \frac{\pi d^2 * d^{2/3} * \sqrt{0.02}}{8 * 4^{2/3} * 0.013}$$

Despejando d:  $d = 0.0609\text{mts.}$

$$d = 6.09 \text{ cm.} = 2.40 \text{ in.} \approx 3 \text{ in.}$$

Por lo que se necesita una tubería de PVC de  $\phi = 3 \text{ in.}$ , aunque es suficiente una tubería de este diámetro se sobre dimensionará la tubería previniendo períodos de lluvia largos y con gran precipitación, previniendo también la posible colocación de sedimento en el fondo de la tubería, entonces para tener una completa seguridad del funcionamiento, se utilizará una tubería de PVC de  $\phi 8''$  para el drenaje principal y tuberías de  $\phi = 4''$  para los ramales o drenajes secundarios, es de hacer notar que en la parte superior del relleno sanitario se colocará tubería de  $\phi 6''$  por lo menos en 50 m. de longitud del drenaje principal, es de subrayar que todos los tubos con sus canaletas tendrán el método de drenaje Dren Francés especificando los detalles en la figura N° 14.

Otro de los detalles muy importantes para el drenaje son los agujeros que se harán, para dimensionarlos se asumirá una velocidad de 1 cm/seg de entrada en el agujero, de esta forma se calcula las áreas tributarias de cada ramal, escogiéndose lo más favorable, se calculará, en base al caudal, el área de los orificios, por cierta distancia de tubería:

Datos :

$$A_{\text{terrazas } n 3} = T_3 + \text{talud}_6$$

$$A_{\text{terrazas } n 3} = (3918.02 + 416.43) \text{ mt}^2$$

$$A_{\text{terrazas } n 3} = 4334.45 \text{ mt}^2$$

Entonces:

$$P = 1900 \text{ mm/año}$$

$$K = 0.662$$

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

$$Q = \frac{(4334.45 \text{ mt}^2) * (1900 \text{ mm/año.}) * (0.662)}{31536000 \text{ seg}}$$

$$Q = 0.14807 \text{ lts/seg.} = \underline{0.00014807 \text{ mt}^3/\text{seg.}}$$

Luego de la formula de Manning:  $Q = VA$

Se tiene que:

$$A = Q/V$$

$$A = (0.00014807 \text{ mt}^3/\text{seg}) / (0.01 \text{ mt/seg})$$

$$\underline{A = 0.014807 \text{ m}^2}$$

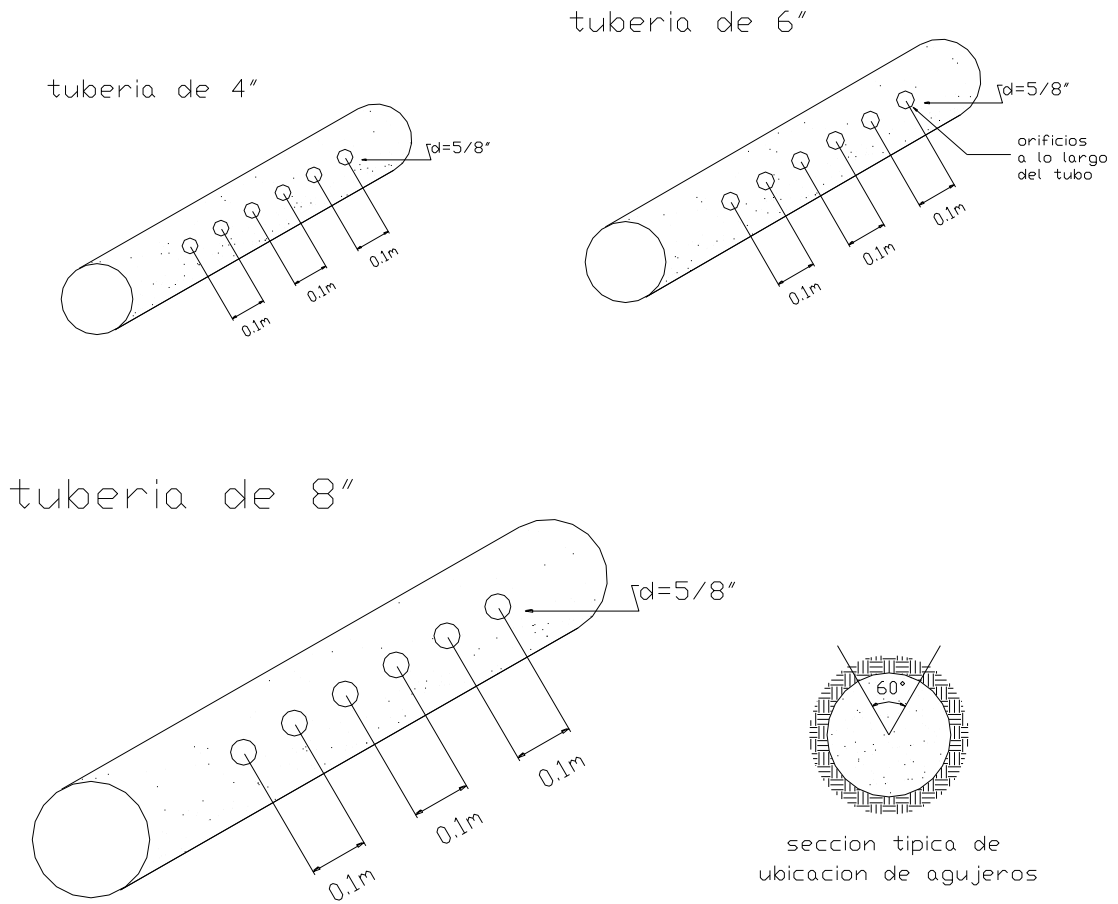
***Para tuberías de 8", 6" y 4".***

Considerando un diámetro de agujeros de 5/8" colocados a cada 10 cm. de la tubería y tomando una longitud de tubería de 20 mt. para el área de influencia, considerando que los agujeros, no trabajan completamente sino que al 50% de su capacidad, obteniendo así para el área del agujero:

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

$$d = 5/8'' = 0.015875 \text{ m.}$$

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



**DETALLE DE AGUJEROS EN TUBERIAS**

**FIGURA N° 14**

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

Tomando en cuenta que se aclaró que los agujeros estarán espaciados a cada 10 cm, entonces se considerará dos filas de agujeros en los 20 m; por lo tanto se tendrán 400 agujeros, obteniendo así el área a desalojar de lixiviados, producto de las áreas de influencia tributaria para los agujeros será:

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

$$A_{\text{trabajo}} = 0.03958 \text{ m}^2 > 0.014807 \text{ m}^2.$$

#### 4.3.2.1 Laguna de estabilización para tratamiento de lixiviados.

Los líquidos lixiviados producidos por la basura en descomposición, no pueden ser desalojados directamente al ambiente, para nuestro caso sería a la quebrada aledaña al terreno en donde se proyecta construir el relleno sanitario. La depresión natural es llamada Quebrada Honda. Los líquidos antes mencionados tienen alta concentración de material que es soluble y contaminante para la naturaleza; para amortiguar los efectos de estos líquidos se propone lagunas de estabilización (tres lagunas facultativas en serie), llamando así a estanques en el cual se descarga agua residuales y en donde se produce la estabilización de materia orgánica y la mortalidad bacteriana. Son estanques construidos de tierra, de profundidad reducida (< 5 m), diseñados para el tratamiento de aguas residuales, por medio de la interacción de la biomasa, la materia orgánica de los desechos y otros procesos naturales como la demanda de oxígeno. Las lagunas se

construirán realizando excavaciones a 2.60 m. de profundidad con taludes internos de uno a uno y con períodos de retención de 90 días (tres meses).

Los parámetros que se monitorearán en las lagunas de estabilización para observar el comportamiento de los lixiviados son: La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que caracteriza la cantidad de materia orgánica; y el número más probable de coliformes fecales que caracteriza la contaminación microbiológica; y los sólidos disueltos en suspensión, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Potencia de Hidrógeno (PH), Nitratos (Ni). (ver anexo 11).

El método de cálculo para, obtener las dimensiones de las lagunas de estabilización es el siguiente:

Estimando el volumen del liquido percolado en un 15% del volumen de la precipitación pluvial en el área del relleno sanitario<sup>10</sup>. Utilizando el método del coeficiente de compactación en el relleno sanitario basado en una relación empírica que establece que el percolado es una función directa de la compactación de la basura y esta expresado de la siguiente forma:

$$Q = P * A * K$$

Donde;

P = Precipitación media anual (1900mm.).

A = Área del terreno (28461.33 m<sup>2</sup>).

K = Coeficiente que depende del grado de compactación (15%).

---

<sup>10</sup> Rellenos Sanitarios y Tratamiento de Residuos Líquidos de Mataderos Municipales. Pág. 46 y 77, autor Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal. Año 1998.

Caudal medio de lixiviados (Q) = 15 % de la precipitación media anual \* Área del relleno.

$$Q = 15\%(1900 \text{ mm/año})*(28461.33 - 2059.32)\text{m}^2$$

$$Q = 0.15(1.9 \text{ mt/año})*(26402.01 \text{ m}^2)$$

$$Q = 7524.57 \text{ m}^3/\text{año} = (7524.57/365) \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\underline{Q = 20.62 \text{ m}^3/\text{día.}}$$

Período de retención:  $\Phi_f = V/Q$

Donde:  $\Phi_f$  = periodo de retención

V = volumen de las lagunas

Q = caudal medio de lixiviados.

Para un período de retención de 90 días:

$$\text{Entonces: } V = \Phi_f (Q)$$

$$V = 90 \text{ días } (20.62 \text{ t}^3/\text{día})$$

$$\underline{V = 1855.8 \text{ m}^3}$$

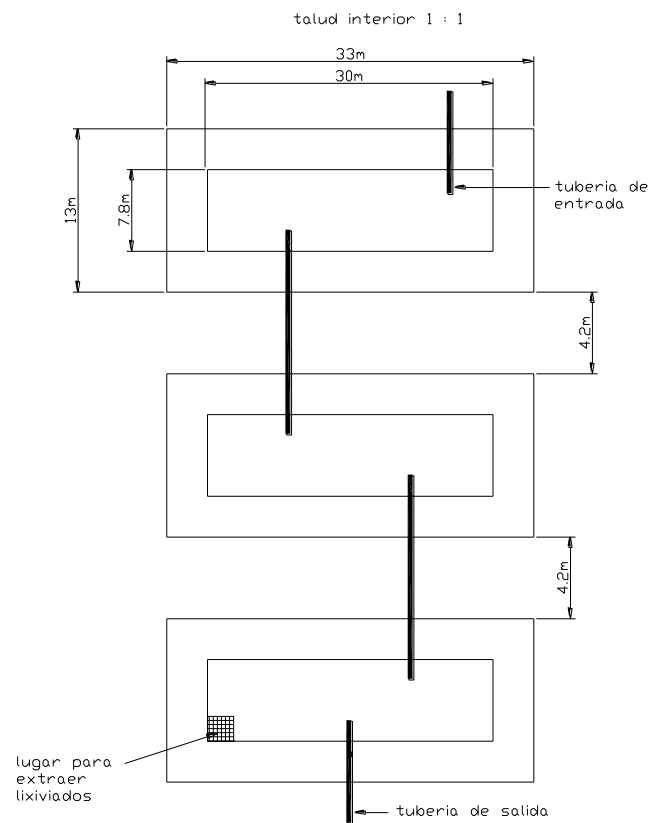
Luego para tres lagunas se tiene que:  $V = 1855.8 \text{ m}^3/3$

$$\underline{V = 618.6 \text{ m}^3}$$

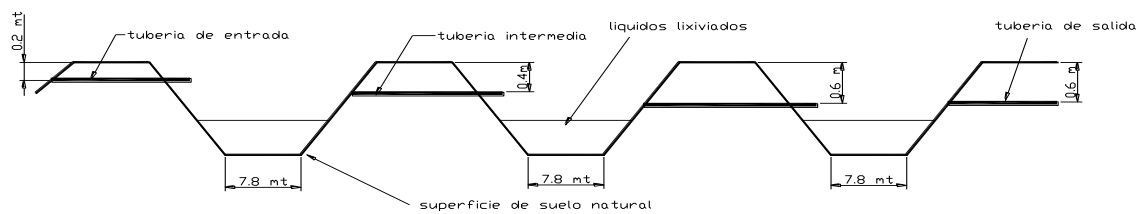
Concluimos que para cada laguna se requiere un volumen  $618.6 \text{ m}^3$ , los detalles y dimensiones se muestran en la figura N° 15.



## LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN FACULTATIVAS.



**VISTA EN PLANTA**



**VISTA FRONTAL**

**FIGURA N° 15**

### 4.3.3 DRENAJE DE GASES.

La producción de gases es una de las características principales de la materia en descomposición para nuestro caso la basura, la cual produce diferentes gases, en los que se incluye el metano (CH<sub>4</sub>) que puede alcanzar concentraciones altas (5 - 15%) y puede provocar accidentalmente una explosión al interior del relleno sanitario por su alta volatilidad; por lo tanto los gases se evacuarán del relleno para evitar los inconvenientes que produce el metano y asentamientos diferenciales en zonas terminadas del relleno<sup>11</sup>.

Para el sistema de evacuación de gases se construirán “chimeneas”, las cuales atravesarán el relleno sanitario desde el nivel en donde se coloquen las tuberías de drenaje o sea desde el nivel del suelo hasta la superficie terminada del relleno, construyéndose éstas chimeneas en sentido vertical a medida que avanza el relleno, asegurándose que tenga una buena compactación alrededor de las mismas.

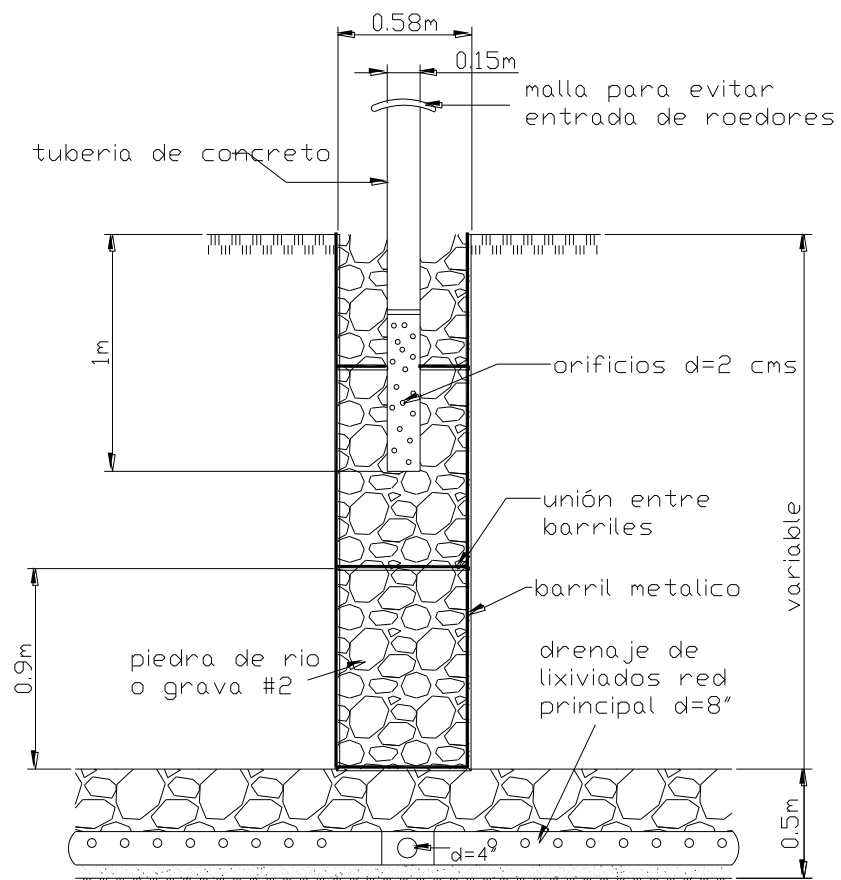
La forma en que estarán constituidas será con barriles metálicos, con diámetro de 60 cm. relleno con piedra que al observar que se terminará la construcción se colocará una tubería de concreto perforada con agujeros a lo largo de su eje y luego otra tubería al final para coleccionar el gas que luego se quemará; las chimeneas serán construidas en el relleno sanitario con separaciones entre ellas de 30 m<sup>9</sup>. que en algunas ocasiones tendrán un máximo de separación de 50 mts, colocadas directamente sobre el sistema de drenaje

---

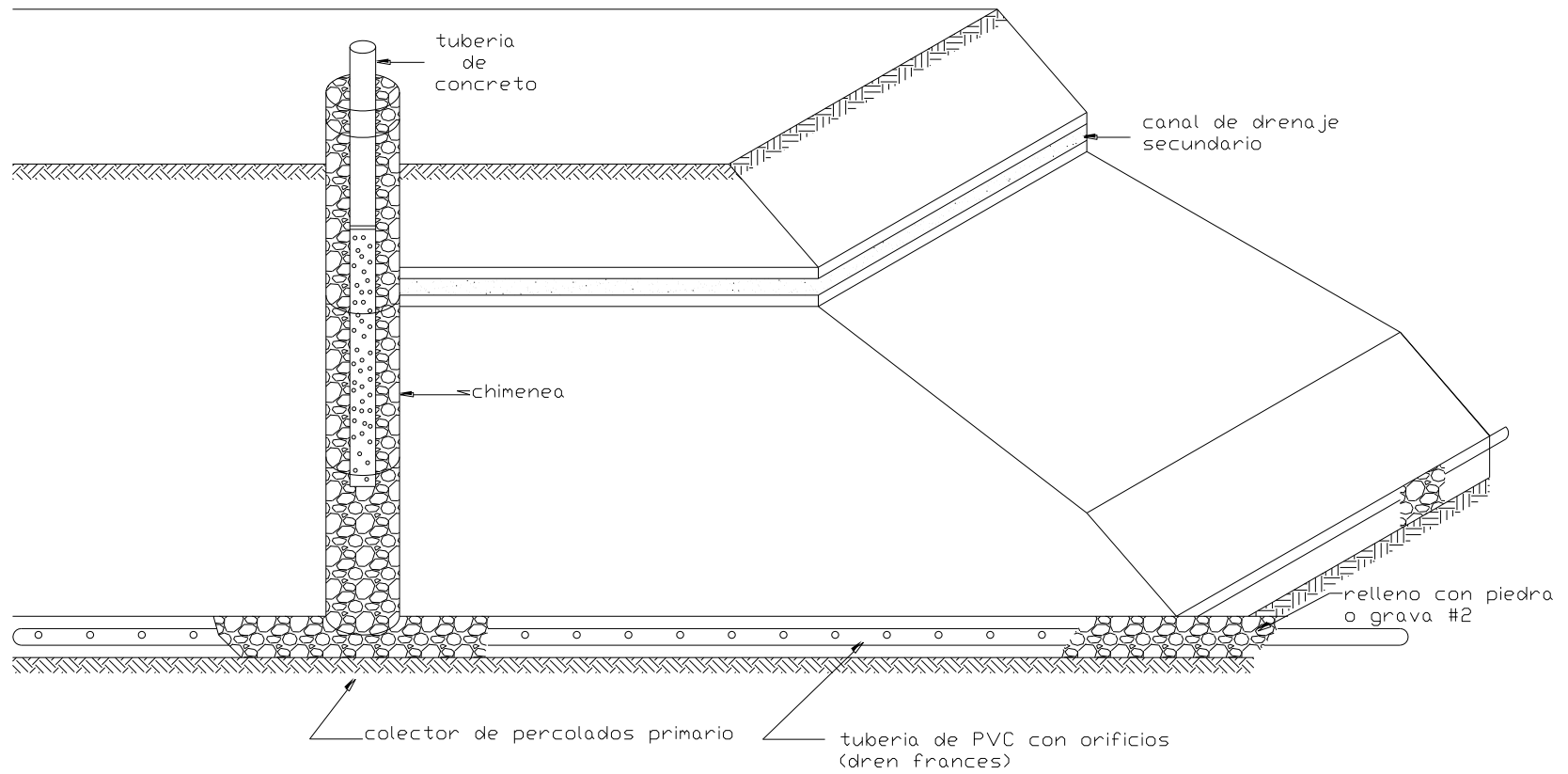
<sup>11</sup> Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Autor: Jorge Jaramillo Washington, D.C, Enero DE 1997. Pág. 25 y 64.

de líquidos lixiviados, como se presenta en detalle de las figuras N° 16 y 17.(Ver plano N° 3).

## FIGURA N°16 DETALLE DE LA CHIMENEA PARA GASES.



**FIGURA N° 17 DETALLE DE SISTEMAS DE DRENAJES.**



#### 4.4 **DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS.**

Las obras complementarias que se proponen son pequeñas y de bajo costo, tratando de hacerlas compatibles con la vida útil prevista, puesto que entre las características de esta obra de saneamiento básico (relleno sanitario), están las de atender los requerimientos sanitarios con la máxima economía y utilización de mano de obra en todas sus actividades, a fin de minimizar las inversiones temporales. Entre las obras complementarias están: cerco perimetral, caseta de control, servicios sanitarios, vías de acceso interno y rotulo de identificación.

##### 4.4.1 **CERCO PERIMETRAL.**

Se debe construir una cerca perimetral para impedir el libre acceso del ganado al interior del relleno, dado que estos no solo entorpecen en la operación, si no también destruye las celdas, especialmente cuando se retiran los trabajadores al fin de la jornada diaria.

Se propone una cerca perimetral con malla ciclón, fijada en postes de concreto, con una separación de 2 mts. entre cada poste. Los detalles se muestran en la figura N° 18.

Es también necesaria la conformación de un cerco vivo de árboles y arbustos como aislamiento visual, pues oculta de los vecinos y transeúntes la vista de los desechos sólidos; da buena apariencia estética al contorno del terreno, y puede servir para retener

papeles y plásticos levantados por el viento y malos olores. Se recomienda sembrar árboles de rápido crecimiento como pino, eucalipto, laurel, etc.

#### **4.4.2 CASETA DE CONTROL Y PORTON DE ACCESO.**

Se construirá una caseta pequeña y un portón para el control de la basura, éste debe mantenerse cerrado y solamente permitir el acceso a los vehículos que transporten desechos sólidos. La caseta servirá para ser usada como portería, bodega para guardar las herramientas, cambio de ropa antes y después del trabajo del personal de operación y mantenimiento del relleno sanitario, resguardo de los trabajadores en caso de lluvia, y específicamente para el control de ingreso de la basura. Los detalles de la caseta y el portón se muestran en la figura N° 19 y 20, respectivamente.

#### **4.4.3 INSTALACIONES SANITARIAS.**

El sitio debe contar con las instalaciones mínimas que aseguren la comodidad y bienestar de los trabajadores, así que se propondrá la construcción de una letrina abonera. Los detalles de la letrina abonera propuesta se muestran en la figura N° 21.

*Las partes de las que consta son las siguientes:*

- Caseta; para proteger la letrina y las personas que la usan
- Mingitorio; para que orinen los varones
- Taza especial; que separa la orina del excremento

- Depósito de orina; a donde llega la orina por medio de un tubo desde la taza y el mingitorio
- Cajón; hecho de block y tiene dos depósitos a donde va el excremento, mientras uno esta lleno y el excremento se esta convirtiendo en abono orgánico usamos el otro.
- Puertas; cada depósito tiene una pequeña puerta por donde se saca el abono.

***Ventajas que presenta la letrina abonera.***

- Produce abono orgánico
- Si se usa bien no produce mal olor ni atrae moscas
- Es segura para la salud
- No contamina los pozos, las aguas subterráneas, ni la tierra
- La orina puede servir como abono foliar
- Se puede utilizar por largo tiempo.

***Forma de uso de la letrina abonera.***

- 1) La taza: tiene una forma adecuada para que el excremento caiga en la parte de atrás y la orina en la parte de adelante. Se debe tener cuidado de no orinar en la parte de atrás de la taza para no mojar la mezcla. Si se orina donde va el excremento la mezcla se moja y no se convierte en abono, además tendrá mal olor y atraerá moscas. Los hombres pueden orinar en el mingitorio.
- 2) La ceniza: antes de comenzar a usar un depósito hay que depositar una capa de tierra de una pulgada en el fondo. Después de utilizar la letrina hay que

depositar dentro un bote pequeño o dos tazas grandes de ceniza (también se puede utilizar cal con tierra) ésta se debe tener en un costal dentro de la caseta.

- 3) El apelmazamiento: se debe apelmazar y revolver bien la mezcla por lo menos 2 veces por semana, esto se hará con un palo largo a través del hoyo de la taza. Es importante apelmazar bien en la parte de adelante del cajón por si ha caído allí algo de orina. No usar el palo para otras cosas, mantenerlo limpio y guardado dentro de la caseta.
- 4) Vigilancia: se debe vigilar muy bien como va la mezcla dentro del depósito, ésta debe verse seca, opaca y de color gris oscuro, si se ve que la mezcla está húmeda, pastosa, brillante o tiene mal olor y atrae moscas, hay que echar más ceniza o tierra con cal, revolver y apelmazar de nuevo.
- 5) Cuando el depósito esta lleno: Un depósito tarda más o menos 6 meses en llenarse con el uso de unas 4 personas. Cuando falten unos 20 centímetros para que se llene, se empareja su contenido y se termina de llenar con tierra. Entonces se quita la taza y se le pone la tapadera que tiene el segundo depósito y en éste se coloca la taza para comenzar a usarlo.



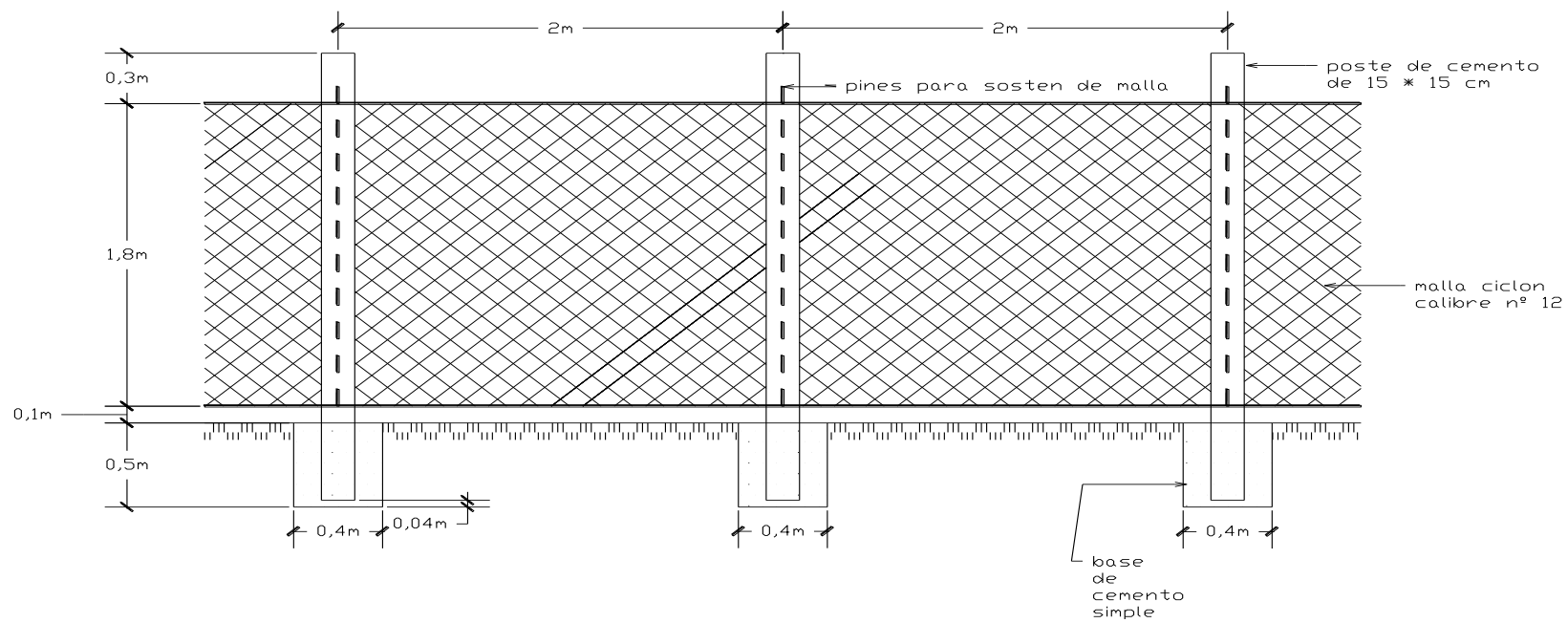
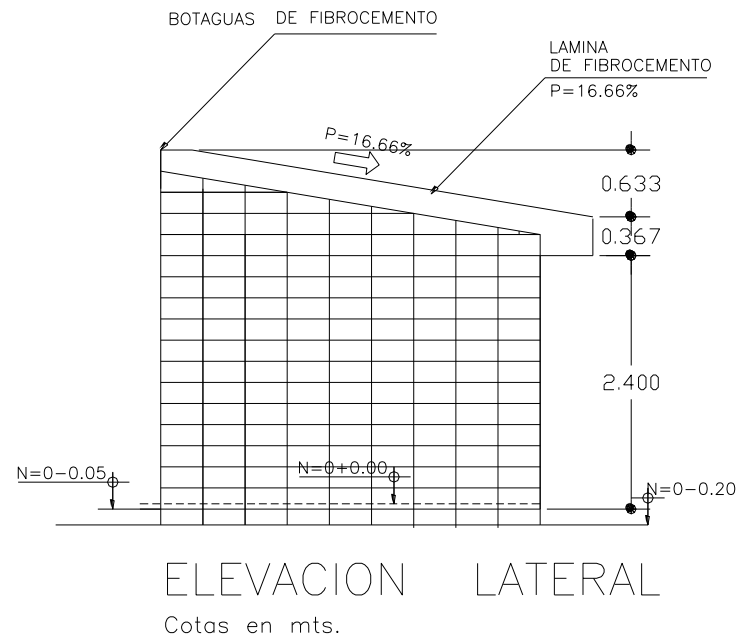
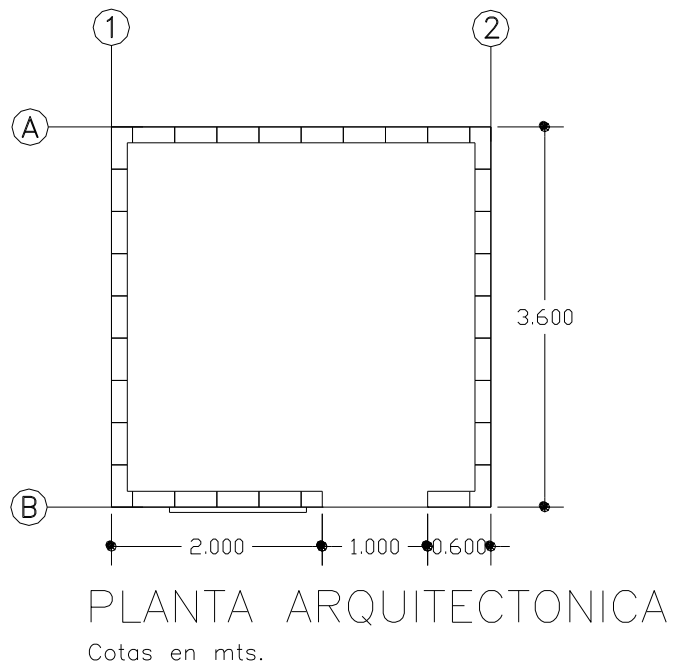
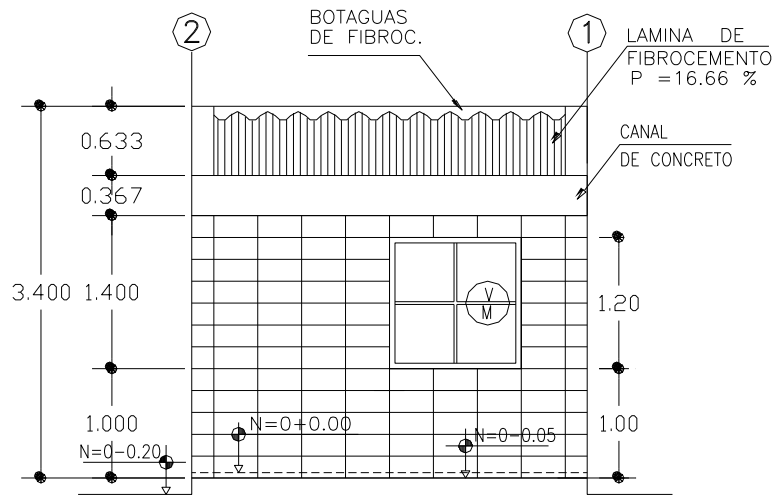


Figura N°18. Detalles de cerca perimetral.

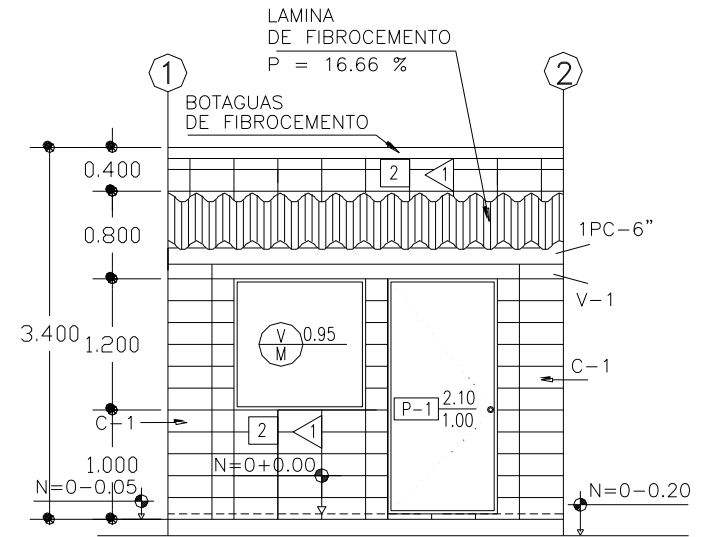
Figura N° 19 Detalles de la caseta de control.



Continuación figura N° 19.

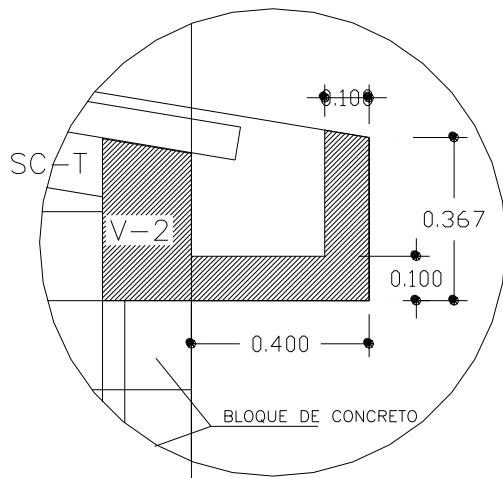


ELEVACION POSTERIOR  
Cotas en mts.



ELEVACION FRONTAL  
Cotas en mts.

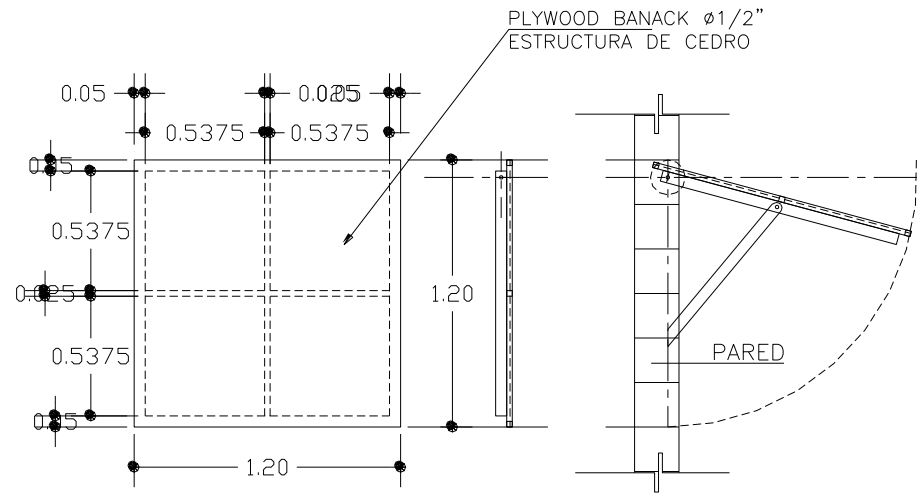
Continuación figura N° 19.



DETALLE "A"

VIGA V-2 Y CANAL

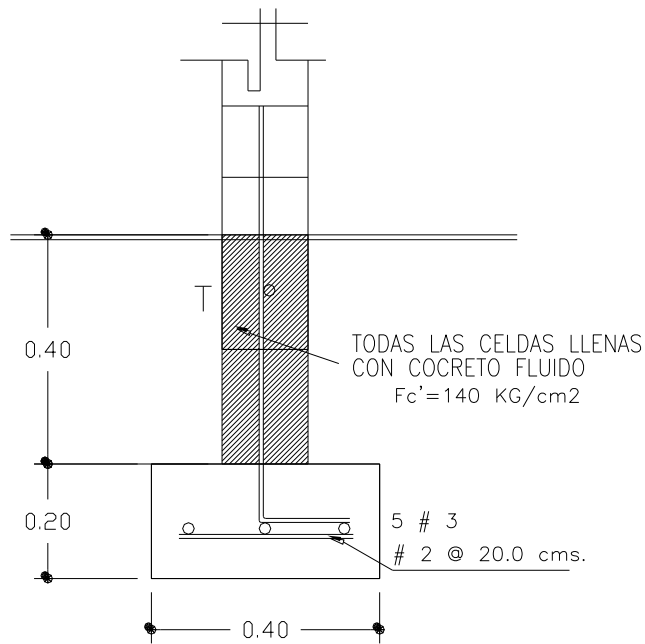
Cotas en mts.



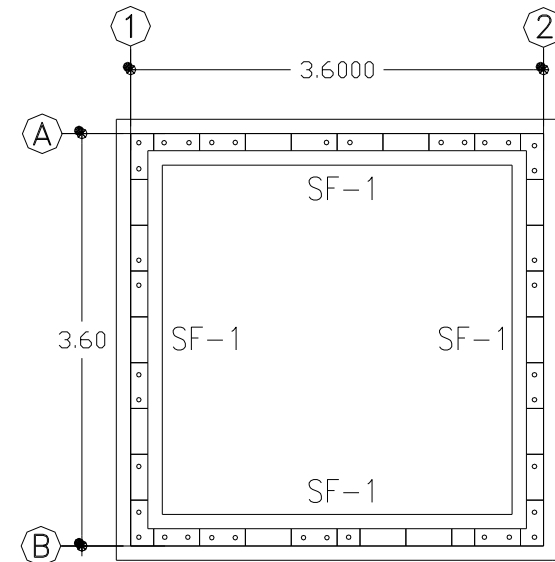
DETALLE DE VENTANA  $\begin{matrix} \text{V} \\ \text{M} \end{matrix}$

Cotas en mts.

Continuación figura N° 19.



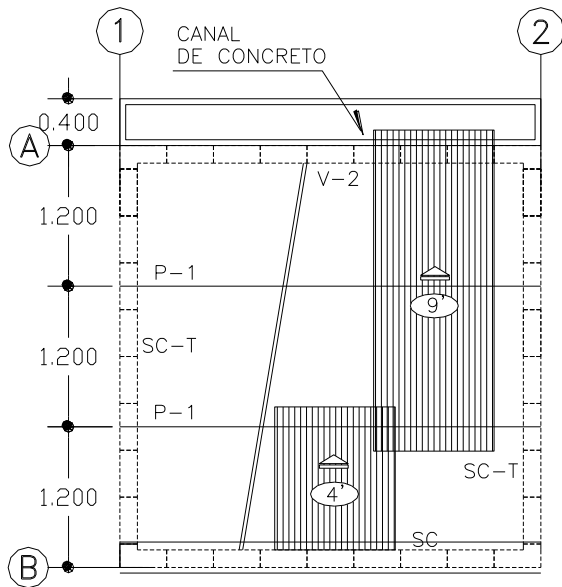
SOLERA DE FUNDACION  
"SF-1" Cotas en mts.



PLANTA DE FUNDACION

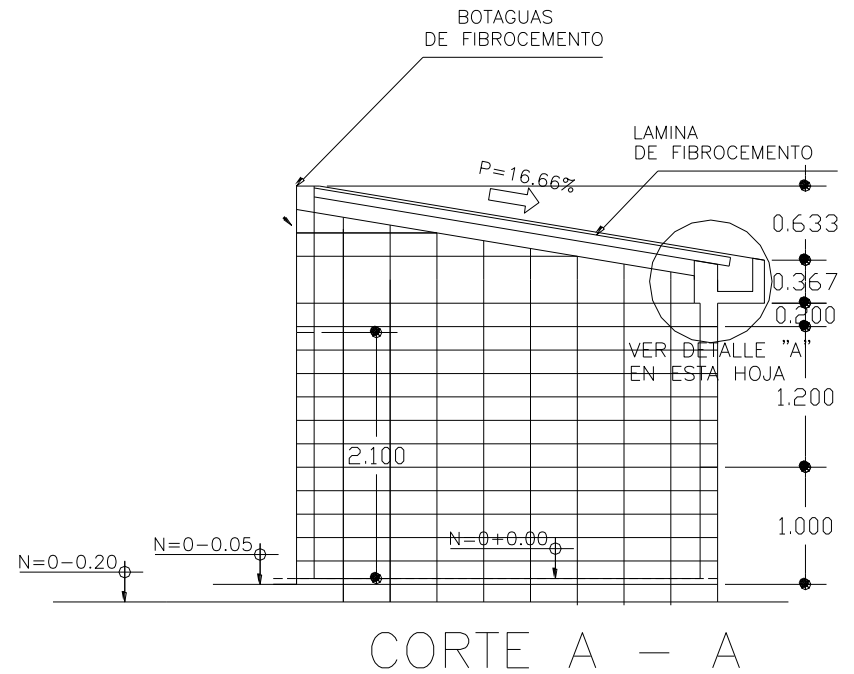
Cotas en mts.

Continuación figura N° 19.



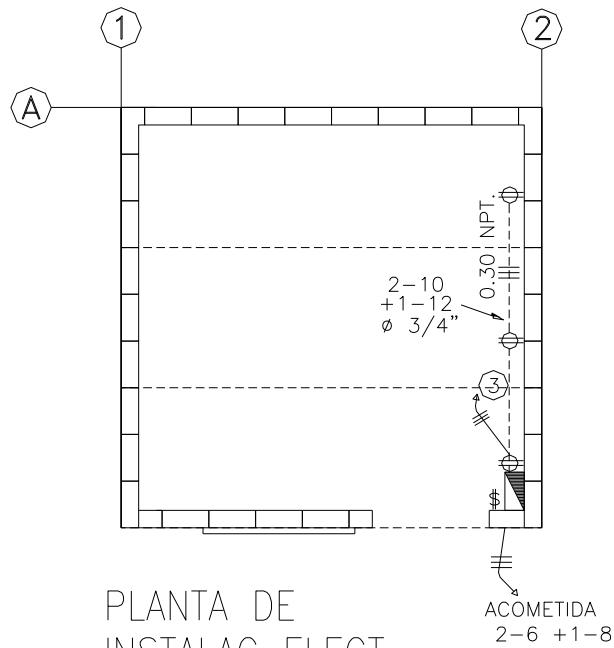
PLANTA DE TECHOS

Cotas en mts.



CORTE A - A

Continuación figura N° 19.



PLANTA DE  
INSTALAC ELECT  
Cotas en mts.

SIMBOLOGIA ELECTRICA	
	LUMINARIA INCANDESCENTE (en receptaculo similar a ticino t/ dado )
	CANALIZACION AEREA
	TABLERO (GENERAL ELECTRIC o SIMILAR)
	INTERRUPTOR SENCILLO
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO

Figura N° 20 Detalles del portón de acceso.

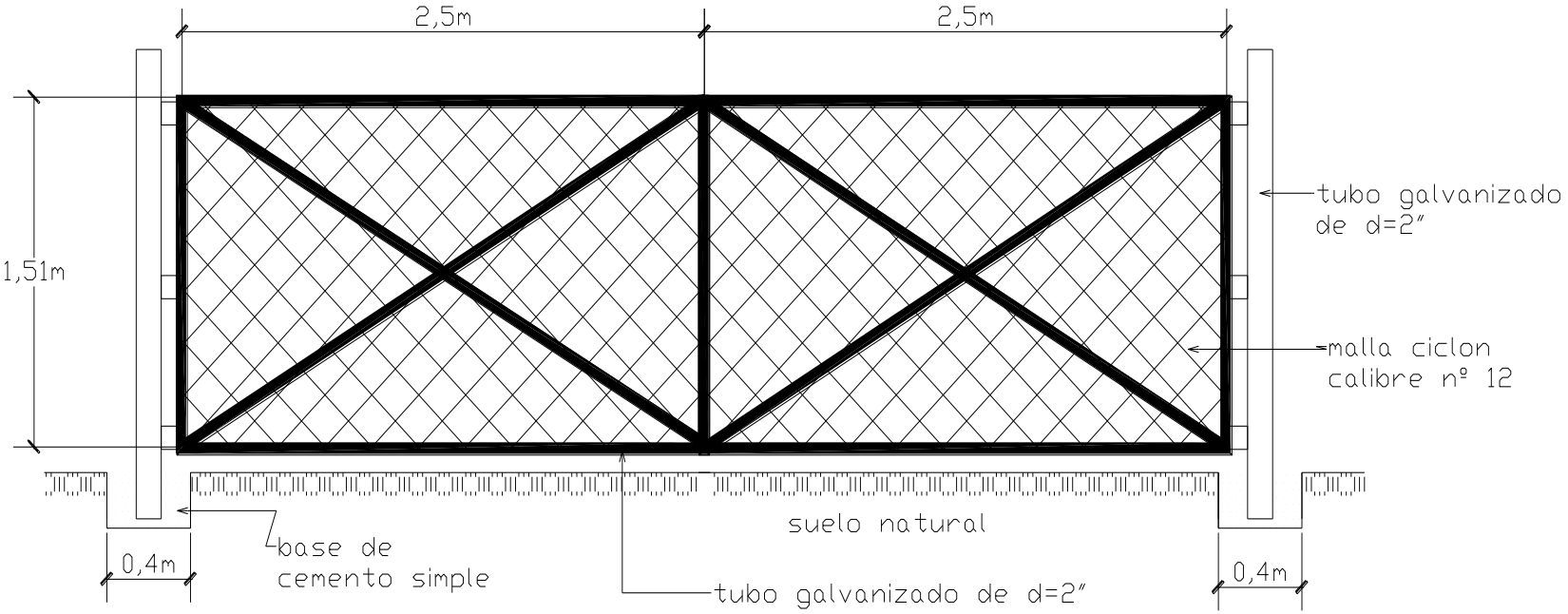
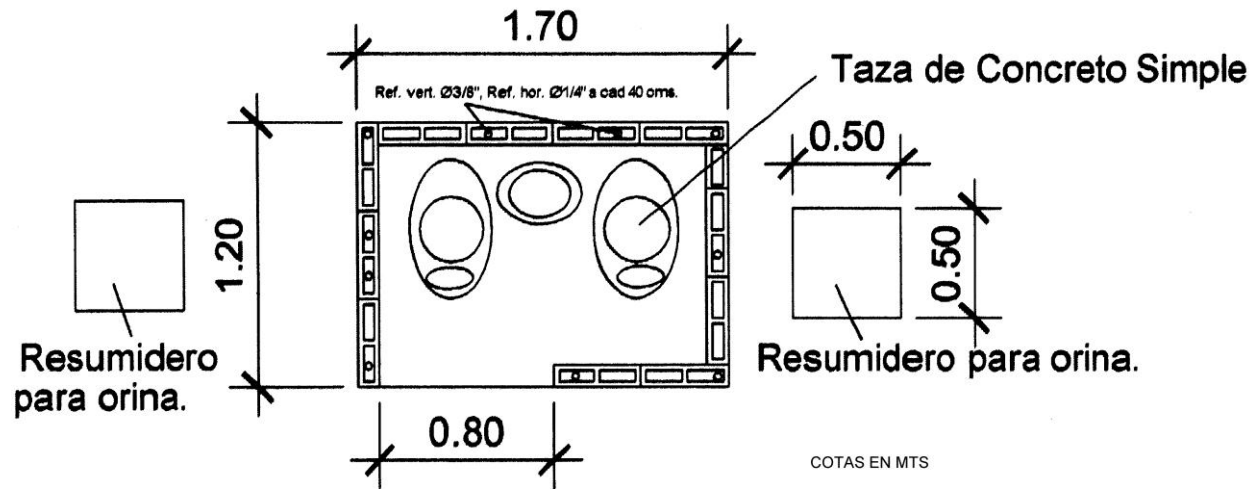




Figura N° 21 Detalles de la letrina abonera.



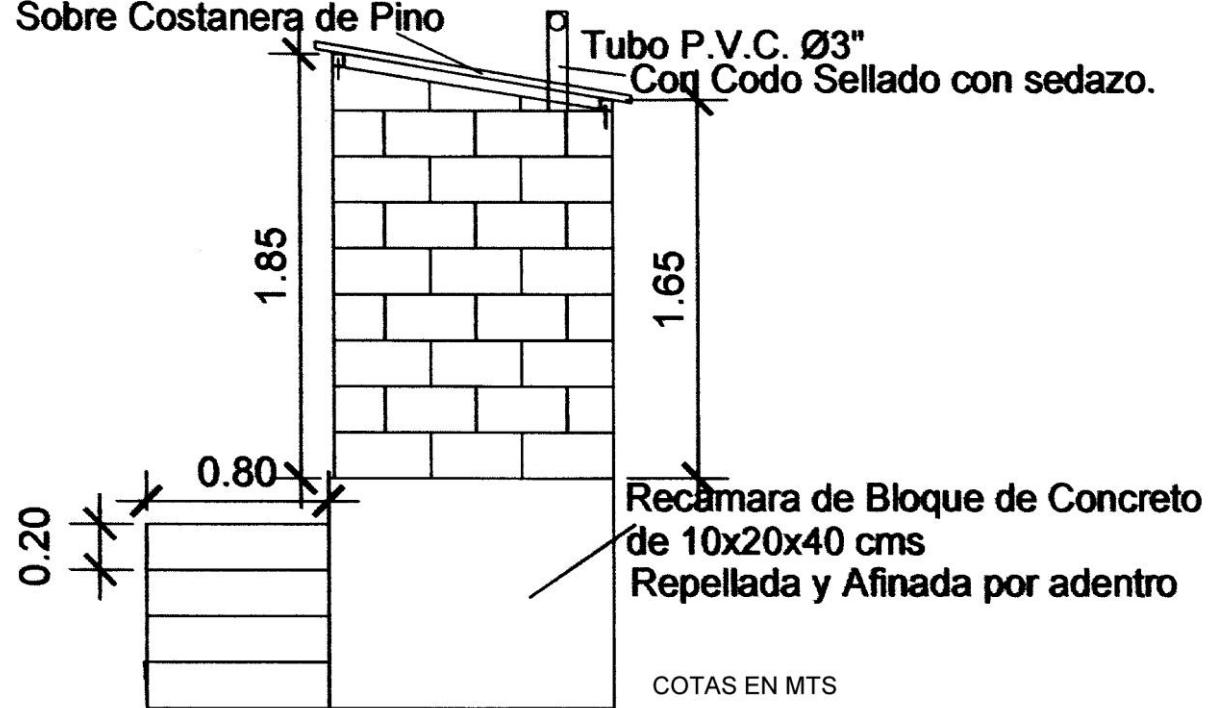
Letrina Abonera de Bloque de Concreto de 10x20x40 cms  
Puerta de Lámina Galvanizada Lisa Cal. No. 26 Estructura de Riostra de Pino  
Techo de Lámina Galvanizada Cal. No. 26 Acanalada Estructura de Costanera de Pino.  
Losas de Concreto Armado de e=5 cms, Acero  $\varnothing 1/4"$  a cada 15 cms

## PLANTA DE LETRINA ABONERA

Continuación figura N° 21.

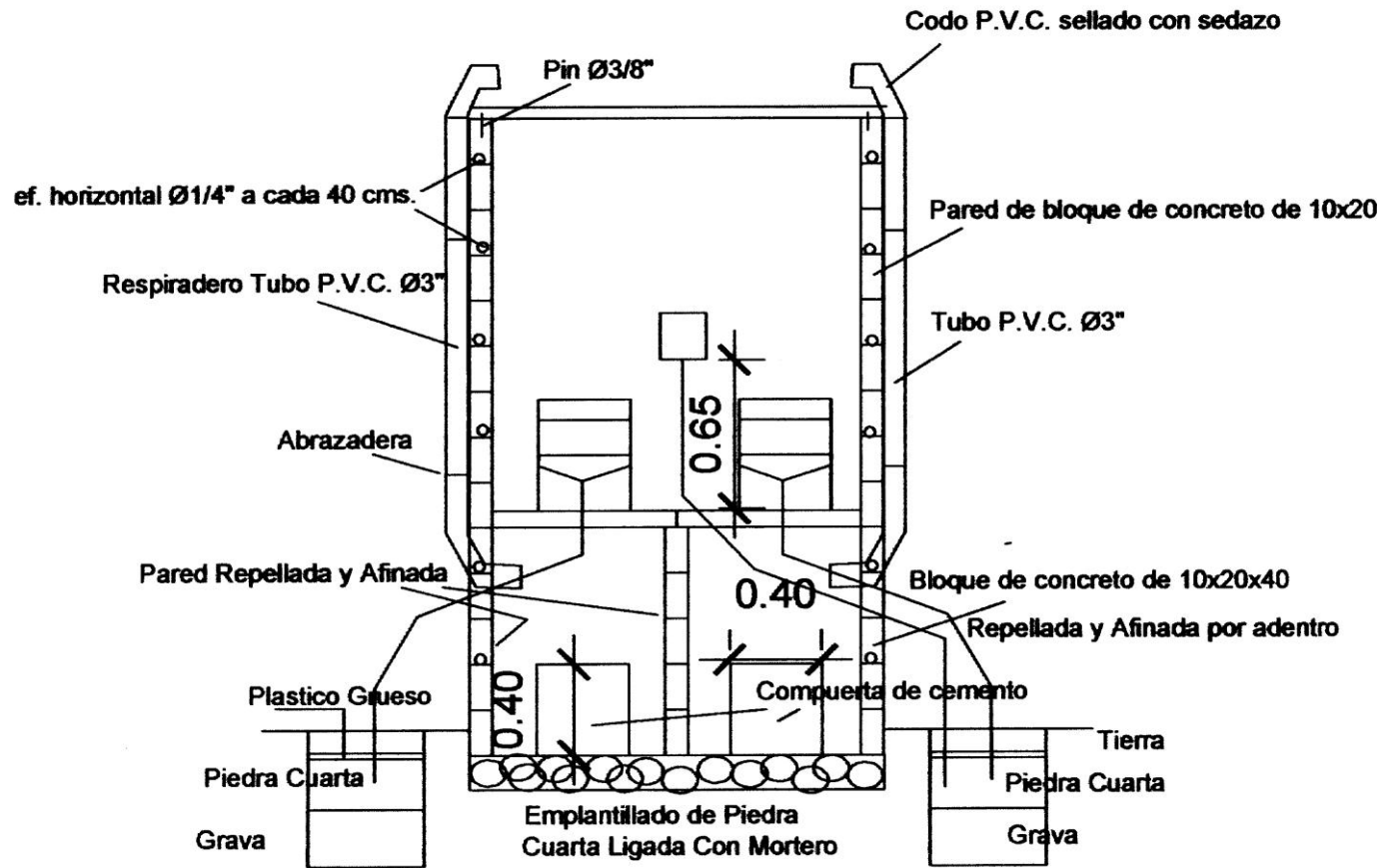
Lamina Galv. Cal. No. 26

Sobre Costanera de Pino



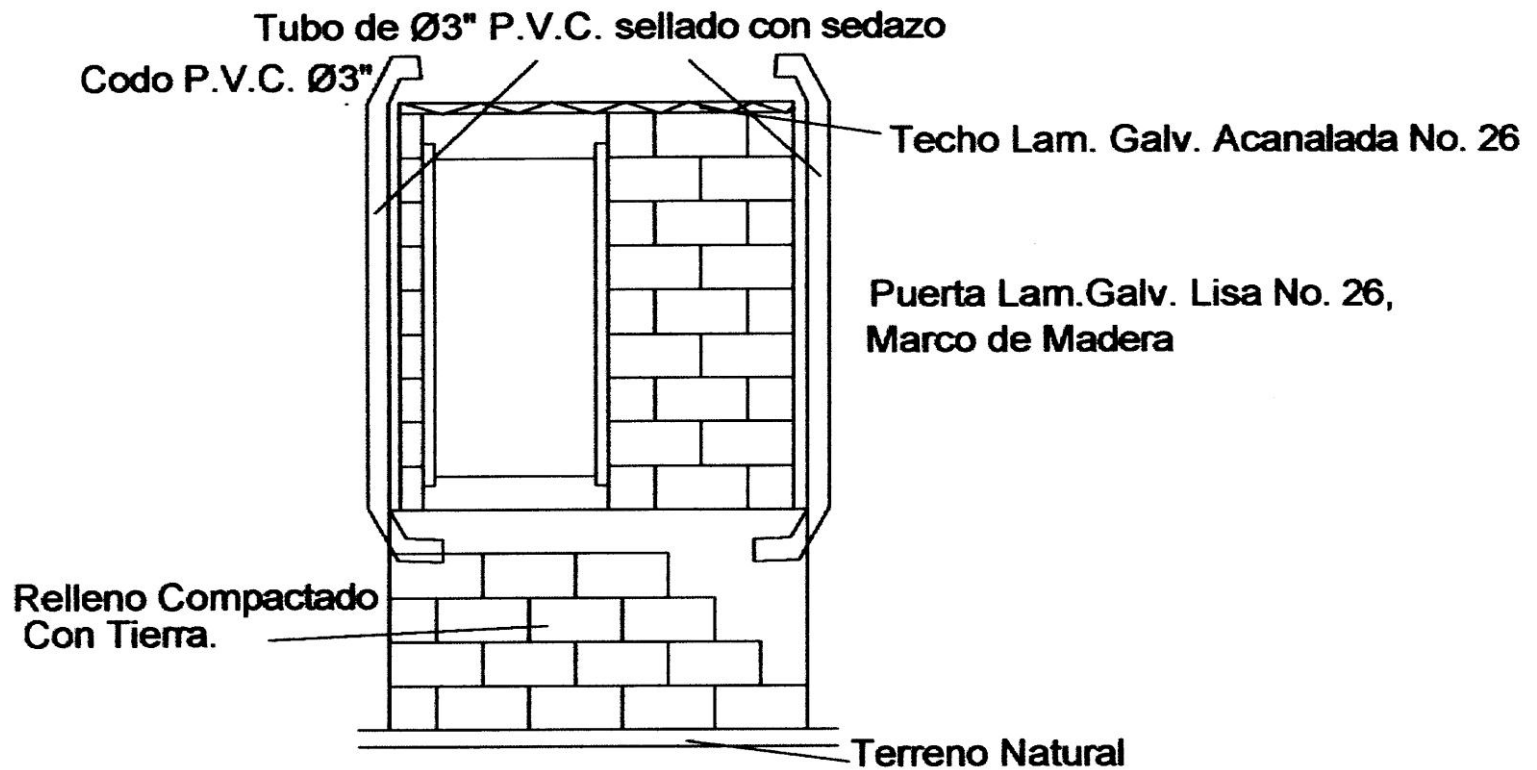
**VISTA LATERAL DE LETRINA ABONERA**

Continuación figura N° 21.



## SECCION DE LETRINA ABONERA

Continuación figura N° 21.



**VISTA FRONTAL DE LETRINA ABONERA**

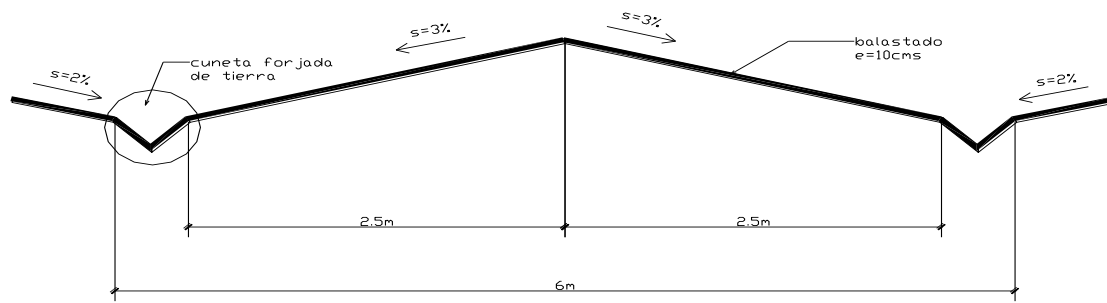
#### **4.4.4 VIAS DE ACCESO INTERNAS.**

La construcción de vías internas en el relleno sanitario es importante ya que estas permiten el desplazamiento por todo el terreno, y a través de ellas se facilita el depósito de los desechos en las terrazas (ver plano N° 2). Estas vías de acceso, como generalmente son temporales, se construye de forma rústica, hechas de tierra, piedra y restos de demoliciones, pero deben de mantenerse drenadas, y en buen estado durante todo el año.

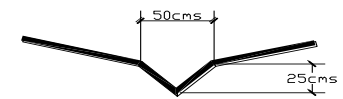
Los anchos de rodaje de estas vías serán de 6 mts, con una pendiente de su eje entre el 5% y el 10% y con una pendiente perpendicular a su eje del 3% con el objetivo que haya un buen drenaje de las aguas lluvias de la vía. Ver detalles en la figura N° 22.

#### **4.4.5 ROTULO DE IDENTIFICACION DEL PROYECTO.**

Es necesaria la colocación de un rótulo de presentación de la obra, a fin de que sea identificada por la comunidad, éste se ubicará en la entrada principal del proyecto. Los detalles se presentan en la figura N° 23.



Sección transversal de calle



detalle de cuneta forjada de tierra

Figura N° 22 Detalles de las vías de acceso internas.

MUNICIPIO: TEJUTLA	
DEPARTAMENTO: CHALATENANGO	
El gobierno de El Salvador, con la colaboración de la comunidad y a través de la alcaldía municipal, esta realizando el proyecto:	
"RELLENO SANITARIO MANUAL"	
COSTO TOTAL: \$	_____
FECHA DE INICIO:	_____
EMPRESA CONSTRUCTORA:	_____

Figura N° 23 Propuesta del contenido del rotulo.

## 4.5 PRESUPUESTO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL.

### 4.5.1 COSTO DE INVERSIÓN.

PRESUPUESTO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL EN EL MUNICIPIO DE TEJUTLA COSTOS DE INVERSIÓN PARA EL RELLENO SANITARIO MANUAL. (PRECIOS UNITARIOS INCLUYEN MANO DE OBRA)						
Nº	PARTIDA	CANT.	UNID.	PRECIO UNIT. \$	SUB-TOTAL \$	TOTAL POR PARTIDA \$
1	<b>INSTALACIONES AUXILIARES</b>					
	ALBAÑILERIA					1242.32
	Solera de fundación	13.40	ml.	14.50	194.30	
	Pared de block (ref. incluido)	29.56	m <sup>2</sup>	27.61	816.15	
	Solera intermedia	14.40	ml.	3.56	51.26	
	Solera de coronamiento	15.40	ml.	5.98	92.09	
	Piso (empedrado fraguado con sup. term.)	12.96	m <sup>2</sup>	6.83	88.52	
	TECHO					200.65
	Polin "C" de 6"	7.20	ml.	5.71	41.11	
	Cubierta de lamina de fibrolit	12.96	m <sup>2</sup>	12.31	159.54	
	PUERTAS Y VENTANAS					644.32
	Puerta metálica de 1*2.1mt.	1.00	c/u	78.00	78.00	
	Ventana de vidrio fijo y marco de madera	2.00	c/u	230.50	461.00	
	Defensa metálica (hechura, colocación y pintura)	5.12	m <sup>2</sup>	20.57	105.32	
	<b>OBRAS SANITARIAS Y DE ABASTECIMIENTO</b>					671.43
	Tanque de polivinilo de 2 m <sup>3</sup>	1.00	c/u	342.86	342.86	
	Letrina tipo abonera	1.00	c/u	285.71	285.71	
	pila de dos alas	1.00	c/u	42.86	42.86	
2	<b>OBRAS EXTERIORES</b>					13294.98
	Cerco de malla ciclón con poste de concreto	778.00	ml.	16.76	13039.28	
	Portón (doble hoja)	1.00	c/u	255.70	255.70	
3	<b>OBRAS DE DRENAJE</b>					53512.23
	Canaleta perimetral	630.00	ml.	40.41	25458.30	
	Canaleta de tierra provisional	455.22	m <sup>3</sup>	9.20	4188.02	
	Excavación para drenaje de lixiviados	303.22	m <sup>3</sup>	9.20	2789.62	
	Drenaje de lixiviados	1067.00	ml.	11.63	12409.21	
	Drenaje de gases	201.00	ml.	20.82	4184.82	
	Caja de registro y limpieza	1.00	c/u	290.59	290.59	
	Chimeneas de gases	29.00	c/u	144.54	4191.66	
4	<b>ACCESO PRINCIPAL</b>					308205.20
	Conformación de acceso principal	2910.00	m <sup>2</sup>	2.63	7653.30	
	Excavación de acceso perimetral principal	31755.38	m <sup>3</sup>	9.20	292149.50	
	Empedrado fraguado del área de maniobras	750.00	m <sup>2</sup>	6.78	5085.00	
	Balastado de acceso perimetral principal	2910.00	m <sup>2</sup>	1.14	3317.40	



Nº	PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT. \$	SUB-TOTAL \$	TOTAL POR PARTIDA \$
<b>5</b>	<b>MONITOREO Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADO</b>					42042.47
	Excavación para lagunas de estabilización (3)	2774.18	m <sup>3</sup>	9.20	25522.46	
	Conformación de las lagunas de estabilización	2029.50	m <sup>2</sup>	6.78	13760.01	
	Equipo de bombeo para recirculación de lixiviados	1.00	c/u	2760.00	2760.00	
<b>6</b>	<b>CONFORMACION DE TERRAZAS Y CONFIGURACION DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION</b>					356406.86
	Corte con maquinaria (material duro)	26097.00	m <sup>3</sup>	2.62	68374.14	
	Movimiento del material de cobertura	2795.44	m <sup>3</sup>	5.39	15067.42	
	Corte para terraza de lagunas de estabilización	15820.00	m <sup>3</sup>	2.62	41448.40	
	Corte de material (parte superior del cerro hasta la cota 429 mt.	88365.23	m <sup>3</sup>	2.62	231516.90	
	<b>INVERSION TOTAL</b>					<b>776220.46</b>

Fuente: Grupo de Tesis.

#### 4.5.2 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ANUALES PARA EL R.S.M. DEL MUNICIPIO DE TEJUTLA						
Nº	PARTIDA	CANT.	UNID.	PRECIO UNIT. \$	SUB-TOTAL \$	TOTAL POR PARTIDA \$
<b>1</b>	<b>PERSONAL</b>					24016.17
	Supervisor encargado del relleno sanitario	1	Año	4800.00	4800.00	
	Auxiliares/operadores	4	Año	2742.86	10971.44	
	Vigilante/portero	1	Año	2057.14	2057.14	
	Seguridad social (Codigo de Trabajo)		s/sub-t	22.46%	4004.30	
	Gastos administrativos		s/sub-t	10%	2183.29	
<b>2</b>	<b>HERRAMIENTAS Y EQUIPOS</b>					1183.72
	Rodillo compactador (caneca)	2	c/u	102.86	205.72	
	Palas	2	c/u	6.40	12.80	
	Azadones	3	c/u	5.00	15.00	
	Piochas	3	c/u	6.90	20.70	
	Pison de mano	3	c/u	6.30	18.90	
	Carretillas	3	c/u	48.60	145.80	
	Escobas (metalicas)	2	c/u	3.50	7.00	
	Rastrillos	3	c/u	6.70	20.10	
	Punzones para papel	2	c/u	2.85	5.70	
	Uniformes (botas, guantes, etc.)	8	c/u	91.50	732.00	
<b>3</b>	<b>SERVICIOS Y MANTENIMIENTO</b>					2780.25
	Agua	550	m <sup>3</sup>	1.95	1072.50	
	Mantenimiento de obras de drenaje		s/sub-t	5%	826.00	
	Mantenimiento de caminos		s/sub-t	10%	840.24	
	Monitoreo de aguas subterráneas		s/sub-t	5%	41.51	
	<b>TOTAL (OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO)</b>					<b>27980.14</b>

Fuente: Grupo de Tesis.

***CAPITULO V***  
***“MANUAL DE OPERACIÓN Y***  
***MANTENIMIENTO DEL***  
***RELLENO SANITARIO***  
***MANUAL”***

## 5.1 OPERACIÓN.

Para que un relleno sanitario cumpla con sus objetivos como obra de saneamiento ambiental durante su vida útil, todas las actividades relativas a su operación deben realizarse bajo un marco de alta disciplina y estricto apego a las normas de Ingeniería Sanitaria, ya que un descuido de pocos días pueden transformar al mejor de los rellenos en un botadero a cielo abierto.

Por lo tanto se considera indispensable elaborar un plan de operaciones el cual contemple los siguientes aspectos<sup>12</sup>:

### 5.1.1 CONSTRUCCION DE LA CELDA DIARIA.

La celda diaria es la unidad básica del relleno sanitario, la cual esta constituida por un frente de trabajo (ancho), el cual se define como el área destinada para la descarga de los desechos sólidos por los camiones recolectores, la ubicación de esta área no es permanente dentro del relleno sanitario si no 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 para nuestro caso a 3.5 mt. Además la celda también esta constituida por una longitud o avance (variable) y una altura (1mt.).

---

<sup>12</sup> Guía Para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Autor: Jorge Jaramillo, Washington D.C, Enero de 1997.

Pasos para la construcción de las celdas:

- Para la construcción de la primera celda (que para nuestro caso estará ubicada en la terraza N° 1 cuyo nivel es de 408 mt.) se debe delimitar el área que ocupará, de acuerdo con las dimensiones estimadas basadas en la cantidad de desechos y grado de compactación fundamentalmente, esto dará una visión rápida y aclarará las dudas de los trabajadores.
- Descargar la basura en el frente de trabajo a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y evitar el acarreo de larga distancia. Ver figura N° 24.
- Esparcir la basura en capas sucesivas delgadas de 20 a 30 cm. y compactar hasta obtener la altura recomendada (1mt.) para la celda en el frente de trabajo.
- Cubrir las basuras compactadas con la tierra una vez al día al final de la jornada con un espesor de 20 a 30 cm. para taparlas completamente y rellenar las irregularidades de la superficie.
- Compactar toda la celda hasta obtener una superficie uniforme.

Una vez completada la primera base de celdas, se debe hacer transitar el vehículo por encima de ellas en los períodos secos para lograr una mayor compactación.

Se descargan los desechos en el frente de trabajo y se esparcen de arriba hacia abajo, manteniendo una pendiente de 3:1 (H:V)., también se debe mantener en la superficie de la celda una pendiente del 2% (en dirección Oeste – este) para facilitar el drenaje de aguas lluvias.



Figura N° 24 Descarga de los desechos sólidos.

### 5.1.2 MATERIAL DE COBERTURA.

El material de cobertura es muy importante, ya que es lo que hace la diferencia entre un relleno sanitario y un botadero a cielo abierto. La finalidad del material de cobertura es aislar los desechos sólidos 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 lixiviados.
- 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 realizará en tres etapas:

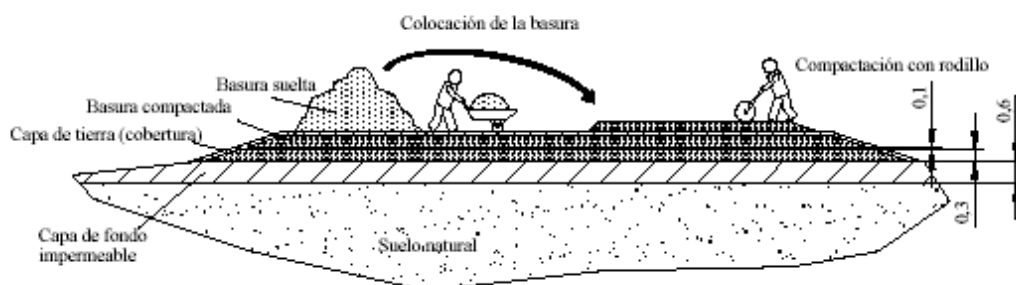
- 1) **Cobertura diaria:** en este tipo de cobertura el espesor de la capa de suelo puede ser de 20 a 30 cm. lo que servirá para el control del arrastre de papeles y plásticos, controlar la proliferación de vectores y disminuir la infiltración de aguas lluvias.
- 2) **Cobertura intermedia:** con esta cobertura, se logran los mismos propósitos que en 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 a 40 cm. compactada a cada 15 o 20 cm. la cual deberá ser colocada cada semana y se deberá controlar que no se erosione.
- 3) **Cobertura final:** esta deberá tener un espesor de 60 cm. compactada en capas de 20 cm. de la misma clase de tierra utilizada para las demás coberturas y 20 cm. adicionales de humus (tierra negra), con el fin de que facilite el crecimiento de vegetación.

### 5.1.3 COMPACTACION.

Las densidades ha alcanzar en los rellenos sanitarios manuales deben ser de 400 – 500 Kg./m<sup>3</sup>, las cuales son relativamente bajas ya que la compactación se realiza con pisones y rodillos manuales (ver figura N° 25 y 26), los que se consideran suficientes para este tipo de relleno. Además existen otros factores a considerar que aumentan la compactación de los desechos sólidos en el relleno, entre estos están:

- Transito de vehículos sobre las celdas ya terminadas (ver figura N° 27), no se debe realizar este trabajo en el período lluvioso, puesto que hay peligro que se hundan los vehículos si el terreno está demasiado flojo. El transitar de los vehículos sobre los desechos, se puede facilitar poniendo planchas y palos sobre la celda de basura, como se muestra en la figura N° 28.
- 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.





b) Capas inclinadas

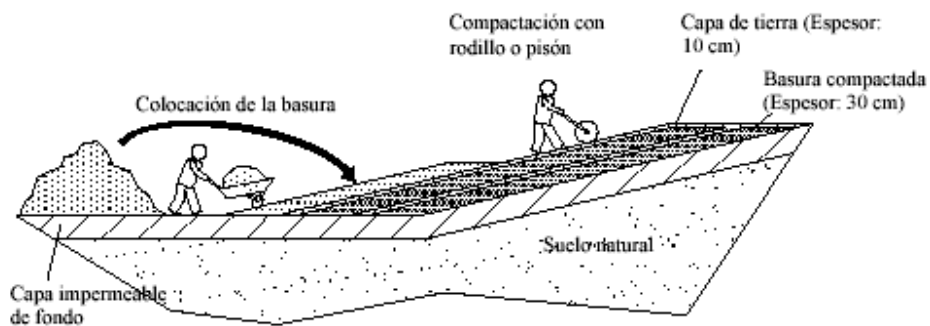


Figura N° 25. Colocación manual y compactación de la basura.

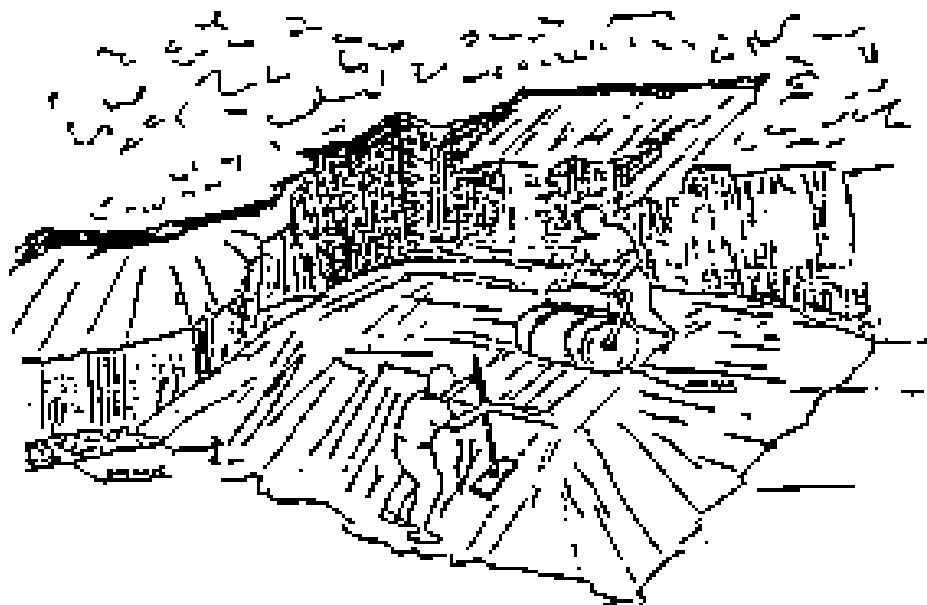


Figura N° 26. Compactación de la celda terminada.

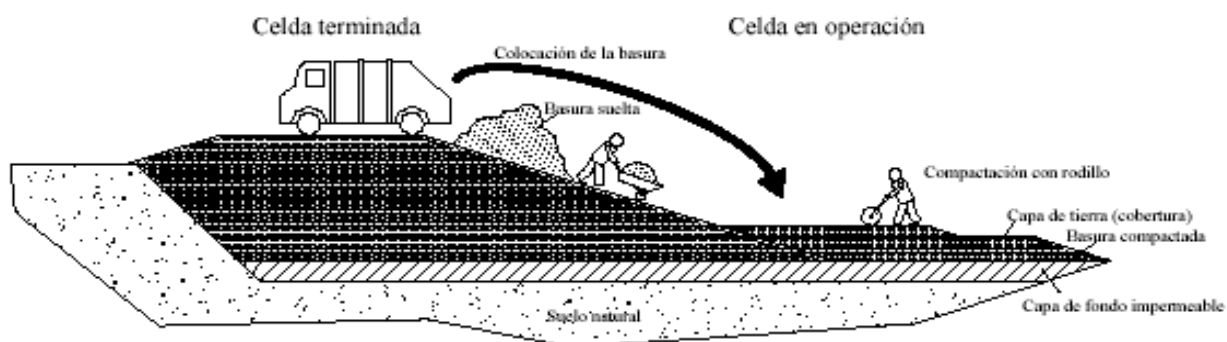


Figura N° 27. Transitar de vehículos sobre una celda terminada.

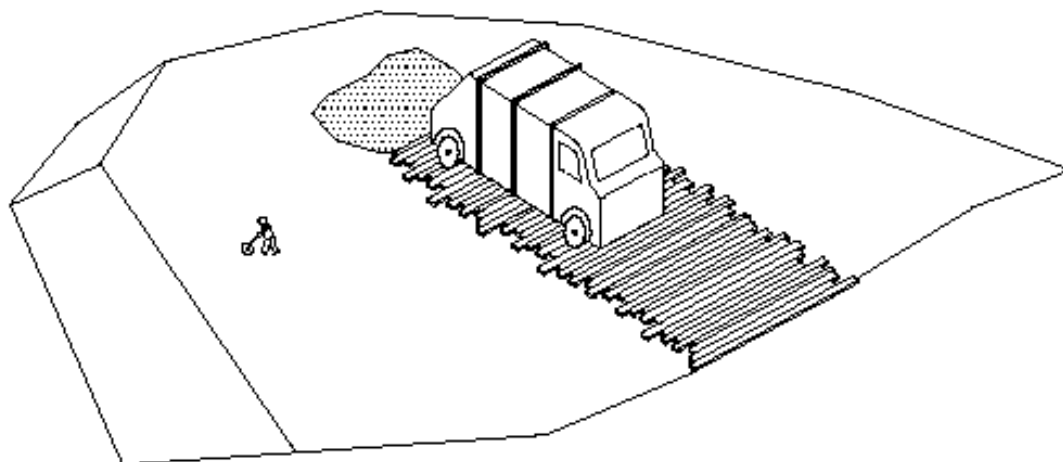


Figura N° 28. Colocación de planchas para estabilizar el peso del vehículo.

En los periodos secos se debe esparcir un poco de agua sobre la superficie del suelo de cobertura del relleno sanitario, para lograr una mayor compactación y evitar la presencia de polvo.

#### **5.1.4 VIAS DE ACCESO Y CONTROL DE DESCARGA DE LOS VEHÍCULOS RECOLECTORES.**

Para mantener una buena operación del relleno sanitario, es necesario mantener las vías de acceso internas en buen estado, las cuales se les debe dar mantenimiento durante y después de la época lluviosa. Las vías de acceso en la época seca deben ser regadas con

suficiente agua para evitar la acumulación o distribución de polvo a ras de suelo y en el aire.

Esta actividad debe realizarla la persona responsable (supervisor), a lo largo de la vida útil del relleno sanitario, esta persona también será encargada de controlar el ingreso de los desechos sólidos, el flujo de 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 la disposición final ya sean particulares o de otras municipalidades; de lo contrario no se les permitirá el ingreso al relleno), el encargado del relleno sanitario tendrá la obligación de revisar los desechos a depositar, esto con el fin de evitar el ingreso de desechos peligrosos, ya que estos no están considerados en el diseño.

Para llevar un correcto control de descarga de los vehículos recolectores (es decir la cantidad de basura que ingresa) se recomienda el uso del cuadro 6.1, además se sugiere seguir el siguiente procedimiento:

- 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 sólidos.
- Luego de la inspección, se les indicará la ubicación del frente de descarga de los desechos sólidos.
- El camión recolector debe abandonar el relleno sanitario inmediatamente después de haber realizado la descarga de la basura.

Todo lo anterior deberá ser aplicado tanto a los vehículos del servicio de aseo público como a particulares.

#### **5.1.5 OPERACIÓN EN PERIODO DE LLUVIAS.**

En los períodos de lluvias se presentan los mayores problemas de operación en un relleno sanitario, ya que todas las actividades realizadas en éste se ejecutan a la intemperie. Entre los problemas que podemos enfrentar en este período podemos mencionar:

- Difícil ingreso de los vehículos recolectores por encima de las celdas ya conformadas y posibles atascamientos debidos a la baja densidad alcanzada con la compactación manual.
- Dificultad para extraer y transportar el material de cobertura y arduo trabajo de conformación de las celdas. Estos factores conducen a un menor rendimiento por parte de los operarios.
- En ocasiones, debido a las fuertes lluvias, sólo es posible descargar la basura y el material de cobertura sobre la terraza, quedando retrasada la conformación y compactación de las celdas. Por consiguiente, si no se toman las medidas apropiadas a tiempo, se va deteriorando la apariencia del relleno por la basura dispersa y la presencia de zopilotes.

Cuadro 6.1. Control de recolección y disposición final de la basura.

CONTROL DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE BASURA										
CONDUCTOR: _____ AYUDANTES: _____ _____						JORNADA DE TRABAJO ENTRADA: _____ SALIDA: _____				
FECHA	No. VIAJE	HORA		VEHÍCULO			VOLUMEN BASURA M <sup>3</sup>	PESO BASURA Kg	OBSERVACION	REVISADO
		ENTRADA	SALIDA	TIPO	CAPACIDAD M <sup>3</sup>	PROCEDENCIA				

PESO DE BASURA = DENSIDAD (450 KG./M<sup>3</sup>)\* VOLUMEN

- Mayor producción de lixiviado debido a la lluvia que cae directamente sobre las áreas rellenadas. Por lo anterior, es necesario tomar las siguientes previsiones:
  - 1) Reservar algunas áreas en los lugares menos afectados por las lluvias, con accesos conservados para operar en las peores condiciones.
  - 2) Construir una vía artificial, empleando para ello troncos de madera de 3 m de largo, conformando un "empalado o entarimado". Estos troncos deben ir unidos por medio de alambrcn de 1/8" de diámetro. Una vez armado el módulo, se cubre con cascajo para evitar que los vehículos patinen sobre ellos. Este camino artificial se construye de acuerdo con las necesidades y avance del relleno en módulos de 3 m de longitud por 3 m de ancho, dado que éste es el tamaño comercial de estos troncos, los cuales pueden ser rehusados en el futuro. Se recomienda que los módulos sean armados en el sitio; el terreno debe estar bien compactado, para disminuir asentamientos, procurando además darle un buen drenaje provisional en tierra. Ver figuras N° 29 y 30.
  - 3) Aprovechar los escombros, producto de la demolición de viejas construcciones para conformar y mantener algunas vías internas.
  - 4) Limpiar constantemente las canaletas de desagüe de aguas lluvias existentes, para evitar acumulamientos de desechos u otros materiales.

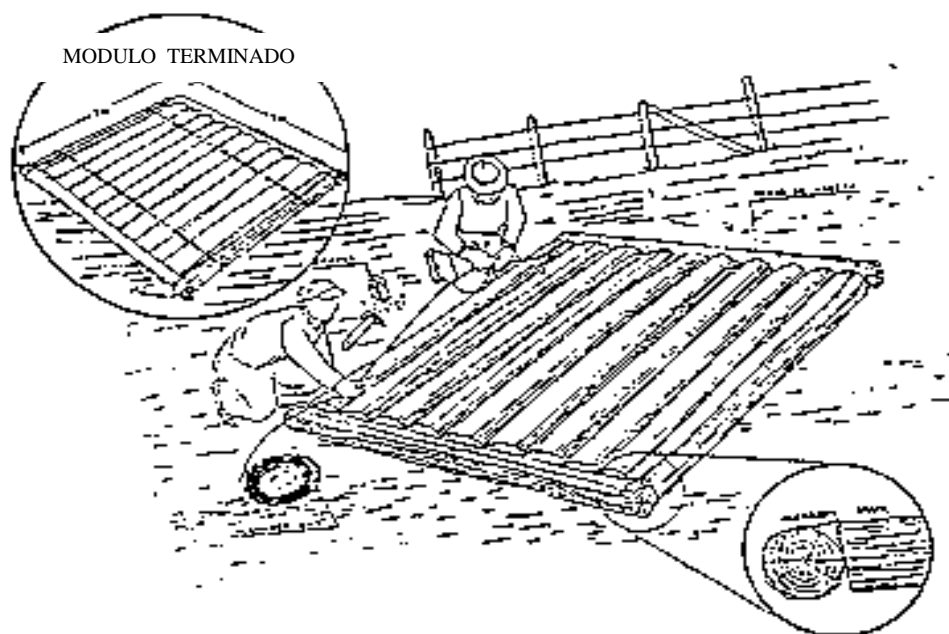


Figura N° 29. Construcción del módulo para el empalmado.

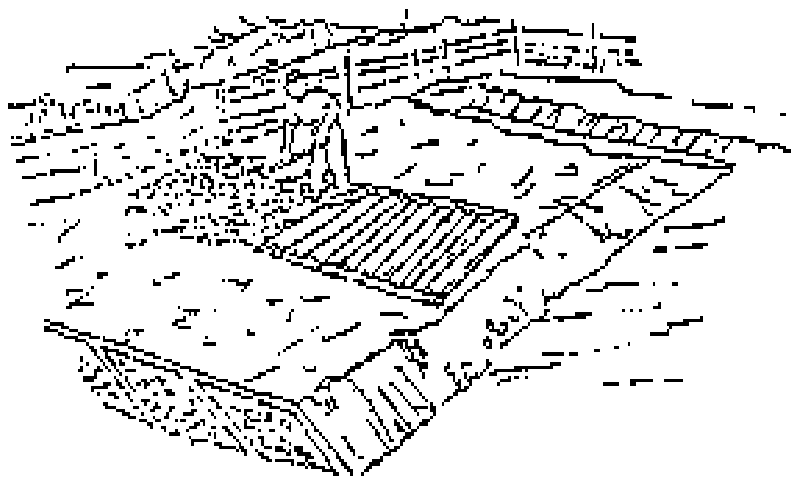


Figura N° 30 Colocación de casajo sobre el modulo.



### 5.1.6 HERRAMIENTAS.

Las herramientas necesarias para la operación del relleno sanitario manual consisten en utensilios de albañilería, más un rodillo compactador manual. En la figura N° 31 y 32, se muestran los utensilios elementales para las operaciones necesarias.

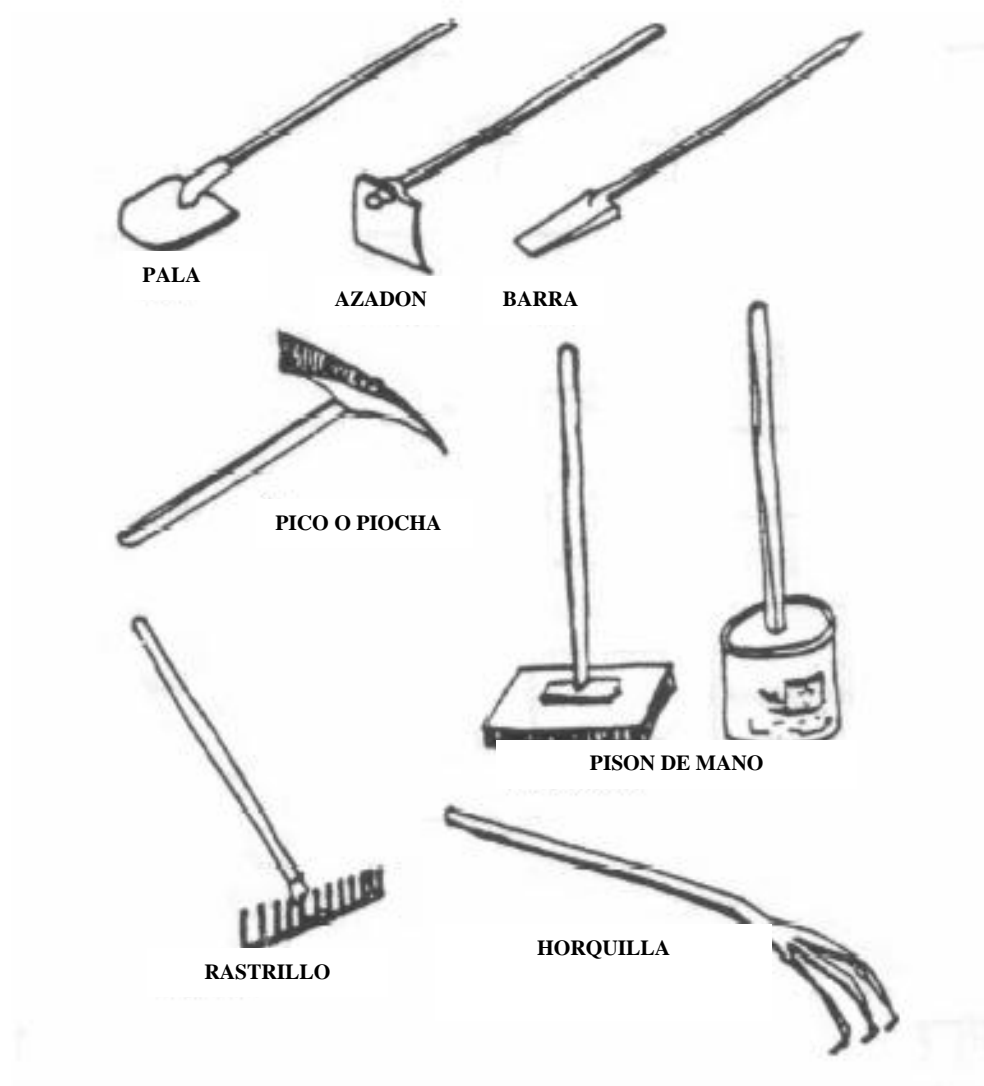


Figura N° 31. Herramientas de trabajo.

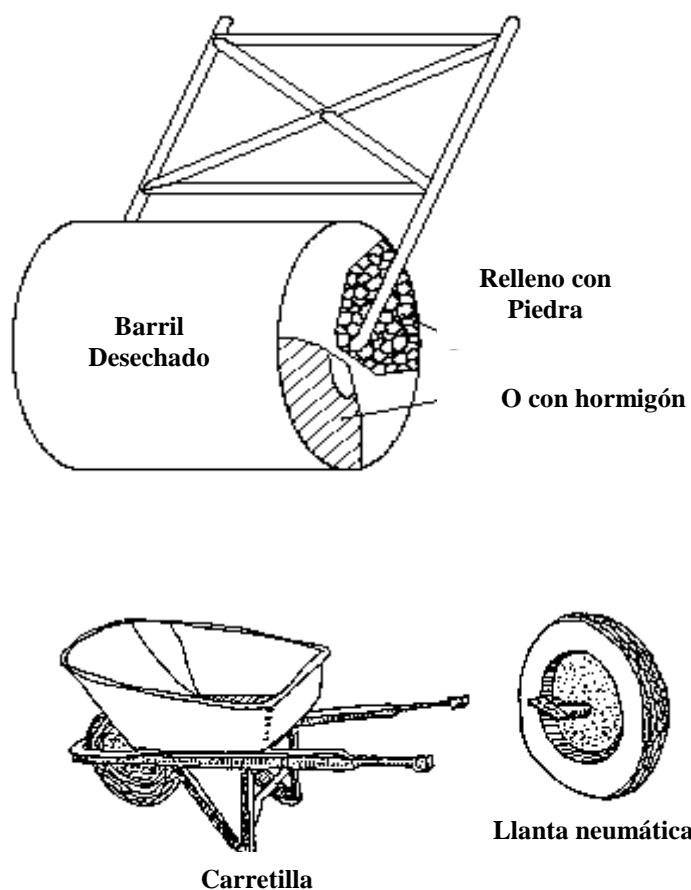


Figura N° 32. Rodillo manual y Carretilla de llanta neumática de 120 litros.

Para la construcción del rodillo, se recomienda llenar el barril con piedra, arena u hormigón, con el fin de evitar que los golpes en el terreno le abollen. El área de uso de las herramientas se describe brevemente en el Cuadro 6.2.

Es importante tener en cuenta que la cantidad de herramientas esta en función del número de trabajadores que estarán en el relleno sanitario, que serán los encargados de tapar o cubrir los desechos sólidos que llegarán diariamente al relleno, provenientes de los municipios involucrados en el proyecto.

Cuadro 6.2. Uso de las herramientas en el relleno sanitario.

Nombre	Uso
Pala	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cargar, descargar y colocar basura suelta</li> <li>- Cargar, descargar y colocar material de cobertura</li> <li>- Excavar</li> <li>- Mantenimiento de la fosa séptica y laguna de tratamiento biológico (excavación de sedimento)</li> <li>- Mantenimiento y construcción de cunetas</li> </ul>
Azadón	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aflojar el terreno</li> <li>- Trabajos de arborización</li> <li>- Mantenimiento de cunetas y canales de drenaje</li> </ul>
Barra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aflojar el terreno para excavaciones</li> <li>- Trabajos de arborización</li> <li>- Mantenimiento y construcción de cunetas y canales de drenaje</li> </ul>
Pico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mullir el terreno para excavaciones</li> <li>- Trabajos de arborización</li> <li>- Mantenimiento y construcción de cunetas y canales de drenaje</li> </ul>
Pisón de mano	Compactación manual de la basura colocada en las superficies laterales (taludes)
Horquilla o diablo	Carga y descarga de basura en fundas
Machete	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cortar palos para la construcción de chimeneas u otros trabajos de mantenimiento</li> <li>- Afiliar palos y estacos</li> <li>- Cortar árboles pequeños para la preparación del terreno</li> </ul>
Martillo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construcción y mantenimiento de chimeneas</li> <li>- Mantenimiento de herramientas</li> </ul>
Sierra	Cortar palos y otra madera
Rastrillo	Colocación homogénea del material de cobertura; homogeneización de la basura colocada
Carretilla	Transporte interno de basura y del material de cobertura
Rodillo manual	Compactación de la basura y de la cubierta con tierra

### 5.1.7 SEGURIDAD DE TRABAJO.

Debido al tipo de labores del servicio de aseo urbano (recolección, transporte y disposición final de basuras), los trabajadores están constantemente expuestos a accidentes en la vía pública como a enfermedades infecto-contagiosas por tener que trabajar con desechos potencialmente contaminados. Estos accidentes pueden tener dos orígenes: uno por condiciones inseguras de trabajo y otro por negligencia por parte del propio trabajador<sup>13</sup>.

*Las principales condiciones inseguras de trabajo y que es necesario tomar en cuenta para la seguridad de los trabajadores son las siguientes:*

- Recoger la basura manualmente, sin emplear guantes y recogedores, lo que puede producir cortes en las manos al encontrar vidrios rotos o metales afilados.
- Manejar recipientes muy grandes, inadecuados para el almacenamiento de las basuras porque producen desgaste excesivo del trabajador, cortaduras, luxaciones y desgarramientos musculares al ser levantados para su traslado y vaciado al vehículo.
- Trabajar en jornadas excesivamente largas, con la consiguiente fatiga de los trabajadores.

---

<sup>13</sup> Guía Para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Autor: Jorge Jaramillo, Washington D.C, Enero de 1997.

- Carecer de uniformes adecuados y equipos individuales de protección (bioseguridad).

***Entre los actos de negligencia más comunes del propio trabajador se encuentran:***

- No usar el equipo individual de protección.
- Ingerir bebidas alcohólicas durante la jornada de trabajo.
- Levantar en forma indebida recipientes u objetos pesados.
- No prestar atención al tráfico vehicular.

Por lo tanto, se deben identificar cuidadosamente todas las condiciones inseguras así como las causas más comunes de accidentes de trabajo y riesgos a que esté expuesto el trabajador, con el objeto de darles la solución adecuada.

Seguidamente se indican algunas recomendaciones para tratar de minimizar los problemas anteriores:

- Evaluar las causas de accidentes más comunes y adoptar las medidas preventivas del caso.
- Elaborar normas de bioseguridad de trabajo, con las respectivas indicaciones para el uso del equipo.
- Proveer al personal de un local para vestuario y duchas donde asearse y cambiarse de ropas después de la jornada de trabajo, a fin de no llevar a sus hogares cualquier clase de contaminación.

- Establecer un programa de exámenes médicos para que puedan ser identificados los riesgos potenciales de contaminación, relacionados con su actividad.
- Mejorar la calidad del equipo y herramientas, así como buscar la uniformidad de los recipientes en cuanto a forma, tamaño y peso, y obligando, por lo menos al sector comercial, el empleo de recipientes plásticos de unos 60 a 100 litros de capacidad. Para el sector residencial, llevar a cabo una buena campaña de promoción y concientización.
- Dotar a los trabajadores de guantes, botas y por lo menos de dos uniformes al año. Ver figura N° 34.
- Señalizar los lugares de riesgo.
- Capacitar a los trabajadores sobre medidas de seguridad y uso de equipo de protección (mascarilla, anteojos y otros).

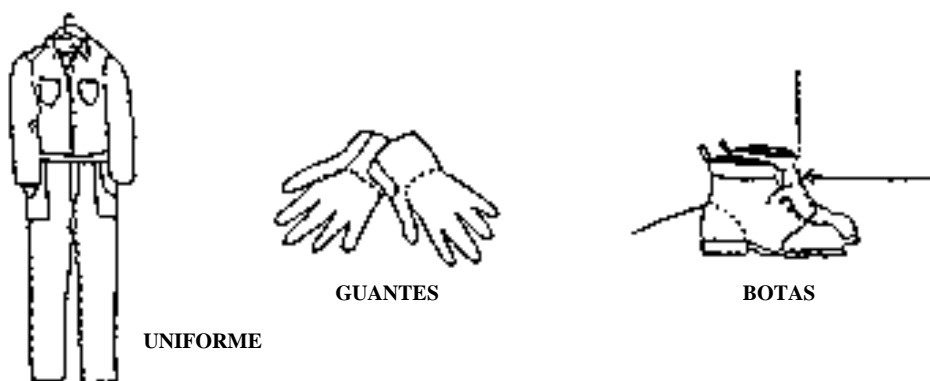


Figura N° 34. Algunos implementos de protección.

### **5.1.7.1 Propuesta de un reglamento interno sobre la seguridad para la recolección y disposición final de la basura.**

La siguiente propuesta de un reglamento interno de trabajo 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, manejo 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 permite laborar al trabajador que se presente bajo la influencia de drogas o en estado de ebriedad.

**Art. 4**

Deberá usar 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 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, fatigas, desvelos.

**Art. 21**

Debe 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.

## **5.2 MANTENIMIENTO.**

Uno de los requerimientos más exigentes para la construcción de un relleno sanitario es una constante supervisión y mantenimiento, lo cual implica que la municipalidad debe atender oportunamente algunos gastos, que deben incluirse en el presupuesto anual del municipio; evitando así que el relleno sanitario manual a lo largo de su vida útil cuente con una mala supervisión junto a un inadecuado mantenimiento técnico y económico, descartando por lo tanto la posibilidad de fácilmente convertirse en un botadero a cielo abierto, con todos sus perjuicios, por lo tanto un relleno sanitario exige una constante supervisión para poder evitar fallas futuras, apegadas a la afirmación anterior y a las necesidades antes mencionadas se propone un manual en el que se contempla recomendaciones, para obtener mayor eficacia en el logro de los objetivos propuestos, en donde para lograr lo antes expuesto es de gran importancia tomar en consideración los siguientes factores:

### **5.2.1 CONTROL DE VECTORES.**

Uno de los problemas más notorios que producen los desechos sólidos son el apareamiento de vectores porque proporcionan un medio con todas las características que facilitan su reproducción de manera acelerada, por lo que hace necesario aplicar con prontitud, el método principal y recomendado para minimizar la acción de vectores como los roedores, las moscas, las cucarachas, etc. El método consiste en cumplir con

cubrir diariamente los desechos con tierra, tratando en lo posible de tener el menor tiempo posible la basura al descubierto.

Por lo general, el vector que resulta con más notoria presencia en un relleno sanitario es la mosca, por su corto período de incubación y su fácil reproducción en la basura, sin dejar de lado que en la mayoría de los casos las moscas son llevadas al relleno sanitario a través de los desechos transportados en los vehículos recolectores; teniendo como limitante para el control de las mismas el no poder utilizar insecticidas, ya que su excesivo empleo no sólo origina la contaminación del ambiente, que aplicado a nuestro caso la contaminación se reflejaría más en la quebrada de invierno que se encuentra en el terreno, originado además en las moscas el desarrollo de resistencias a los insecticidas, lo cual a largo plazo no permite su control; para un caso como el antes mencionado lo mejor es aumentar la capa de tierra, observando que espesor de capa de suelo puede resultar más efectiva para eliminar la proliferación de insectos (cucarachas, moscas, mosquitos), roedores (ratones y ratas) y la presencia de zopilotes.

Una opción alternativa que para algunas personas es muy aceptable utilizar venenos que afecten directamente a insectos y se utilicen con la periodicidad que se requiera en cada caso (ejemplo, cuando existe una excesiva cantidad de moscas en el lugar, ver fig. N° 35).



Figura N° 35. Fumigación en el área del relleno sanitario.

### 5.2.2 CONTROL DE GASES EXPLOSIVOS.

Como se mencionó en capítulos anteriores un relleno sanitario no es otra cosa que un digestor anaerobio en el que, debido a la descomposición natural de los desechos sólidos; no sólo se producen líquidos sino también gases y otros compuestos. La descomposición ocurre en dos etapas; la aerobia, es la etapa en la que el oxígeno está presente en el aire que está junto a la basura enterrada, siendo rápidamente consumido, la anaerobia, en cambio, es la que predomina en el Relleno Sanitario y produce cantidades apreciables de metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), así como trazas de gases de olor repugnante como ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y mercaptanos.

En el relleno sanitario el gas metano reviste mayor interés porque, es inodoro, inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción del 5 al 15% en volumen; los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno

sanitario pudiendo originar altas concentraciones de metano con el consiguiente peligro de explosiones en el área.

Para evitar este tipo de problemas, se propone en el Capítulo IV la evacuación de los gases por chimeneas (construidos con barriles perforados de 55 galones llenos de piedra) las cuales se deben cuidar por los asentamientos del relleno, el tránsito de vehículos por encima de las celdas y demás, ya que estos pueden deformar las chimeneas u ocasionar la obstrucción en el avance de la otra, por lo que es necesario mantenerlas verticales. Teniendo la supervisión la responsabilidad de lograr lo antes mencionado junto a la responsabilidad de colocar por encima de las chimeneas fuego (por medio de papel o cartón, resguardando la debida distancia de seguridad) en períodos cortos de tiempo para que la concentración de gas metano se mantenga a bajo del 25% del límite inferior de explosividad (LIE), que 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, la operación se efectúa en todas las chimeneas que existan en el relleno.

### **5.2.3 CONTROL DE INCENDIOS.**

En las zonas de trabajo al interior del relleno sanitario y las zonas aledañas a las antes mencionadas la supervisión y los trabajadores deben evitar quemas de materiales que son muy comunes en los desechos sólidos como lo son; el papel, cartón, plástico, o cualquier otro material inflamable, para no correr el riesgo de producir una explosión o

un incendio, ya que la basura en descomposición anaerobia produce metano, que es un gas inflamable y explosivo, poniendo en manifiesto también que al practicar quemas de material dará un aspecto no estético del relleno sanitario asemejándolo a un botadero a cielo abierto.

#### 5.2.4 CONTROL DE POLVO.

Uno de los fines de realizar un relleno sanitario es conservar la salud de zonas aledañas de botaderos a cielo abierto, así por lo tanto la supervisión debe poner especial énfasis en la salud de los trabajadores así como los vecinos del área del relleno sanitario, ya que el relleno es una construcción que genera mucho polvo especialmente por el tránsito de camiones por lo que puede causar irritaciones en la vista así como puede producir afecciones respiratorias, causando también deterioro de los automotores y maquinarias.

Sumado al movimiento de los camiones se tiene la acción del viento sobre el suelo y los montículos de suelo utilizados para la cobertura, si no están cubiertos con plástico, originando dispersión del material en toda el área de trabajo, afectando así la labor de los trabajadores; teniendo que contrarrestar los efectos producidos en las máquinas con un chequeo continuo o limpieza de las unidades; para reducir los efectos del polvo en los trabajadores y los lugareños aledaños se recomienda un riego periódico de agua en las vías de circulación interna, pudiendo optar en realizar un imprimado en la vía

principal al interior del relleno, si los fondos lo permiten, la periodicidad del riego se hará acorde a las necesidades que observe el supervisor.

#### **5.2.5 CONTROL DEL MATERIAL DISPERSO.**

El material disperso es uno de los aspectos en que la supervisión debe poner especial énfasis, para conservar la imagen estética del relleno y evitar la mala apariencia en el sitio de trabajo, para lo cual se necesita el apoyo de los lugareños aledaños al mismo, ya que los desechos quedan dispersos en todo lugar cuando los camiones de basura no toman las debidas precauciones de cubrir la basura en el traslado, junto a lo antes mencionado se suma la acción del viento y que haya sido transportada pegada en las ruedas de las unidades recolectoras o cualquier otra causa que se sume a dispersar los desechos alejándolos del frente de trabajo diario; exigiendo por lo tanto tomar medidas que mantengan limpias las zonas en las que no se está trabajando, sugiriendo para lograr tal fin las siguientes recomendaciones:

- Los desechos dispersos fuera del área de trabajo, ya sean arrastrados por la acción del viento como papeles y plásticos o por otras causas, se recogerán al término de la jornada diaria por uno de los trabajadores utilizando para esto un saco y los deposite en el sitio donde se construye la celda diaria (ver figura 36).
- Construir mallas que serán móviles, con materiales que son fáciles de encontrar en el mercado local, utilizando para ello el método de construcción llamado corte y clavo, los materiales que se utilizarán son; regla pacha, costanera, clavos



y malla que es utilizada en los gallineros, su longitud será de 9 metros, pues el rango de avance de la celda diaria es de 7.0 mt la altura que se propone es de 1.30 mt debido a que la celda diaria tendrá de alto 1 mt.

- Estas cercas se moverán según el avance de las celdas dentro de la terraza e igualmente en todo el frente de trabajo diario; teniendo la característica de no tener un lugar fijo dentro del relleno, colocándolas en la dirección predominante del viento y lugares de descarga, estos deberán limpiarse continuamente de los residuos acumulados para que no genere ningún problema y no se tomen como elementos no funcionales.
- Exigir a los camiones que ingresen la basura al relleno sanitario, que cubran la basura, ya que al ingresar con su carga al descubierto se caerían algunos desechos como papel, plástico o alguna bolsa mal colocada, generando así una dispersión de basura que puede iniciar desde el portón de acceso al lugar de trabajo de la celda, dando paso así a una mala apariencia en el relleno sanitario.
- Planear el frente de trabajo de tal forma que el lugar en donde se coloquen los desechos sólidos del día, se encuentre en contra de la dirección del viento para que los elementos que pueda arrastrar los empuje hacia el frente de trabajo.



Figura N° 36. Recolección de material disperso en el área del relleno.

#### 5.2.6 CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES.

Para nuestro caso la contaminación de aguas superficiales es bastante mínima; ya que no existe este tipo de fuentes en la cercanía del terreno, pero no se descarta la posibilidad de contaminación de corrientes de agua permanentes en la época de invierno por el arrastre de la quebrada que se encuentra en el área del terreno, ya que ésta sólo funciona en invierno debido a la escorrentía que llega a ella por las lluvias, entonces para minimizar este riesgo es necesario mantener en buen estado todo el sistema de drenaje pluvial periférico e interno para dejar de lado la posibilidad de la llegada de grandes volúmenes de agua a las lagunas de estabilización, lo cual puede provocar el rebalse de estas y el arrastre de contaminantes por medio de la quebrada a cauces que se encuentran lejos del terreno.

### 5.2.7 MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA.

Las características requeridas para que el agua pueda ser utilizada por el hombre a través del tiempo se ha clasificado como aguas aptas para el consumo y otras como dañinas, llegando a establecer parámetros y las características, químicas y bioquímicas del agua.

Para la región en que se desea realizar la construcción del relleno sanitario, se ha determinado que el nivel freático está a una profundidad bastante considerable por lo tanto para tener una plena certeza de que no se estén contaminando los niveles freáticos en los alrededores del relleno sanitario, es de vital importancia la creación de un sistema de monitoreo de las aguas subterráneas.

Para la región en que se desea la construcción de éste, se ha determinado que el nivel freático está a una profundidad aproximada de 90 mt. (según estudio realizado por ANDA, en el año 2001), por lo tanto para tener una plena certeza de que no se estén contaminando las aguas subterráneas, se debe aclarar de antemano que en las cercanías del terreno se indagó sobre la profundidad que tenían los pozos artesanales, aclarando las personas aledañas al lugar, que se habían realizado excavaciones hasta 12 mt. de profundidad sin encontrar agua y que en la mayoría de las ocasiones se encontraron estratos rocosos o capas muy duras de suelo, por lo tanto para lograr conocer si se han afectado los niveles freáticos se deben buscar los pozos más cercanos a la zona donde se pretende realizar el proyecto, tomando muestras de los mismos para crear un sistema de monitoreo de las aguas subterráneas que tendrá como base las condiciones actuales

de las mismas, teniendo de este modo una comparación confiable con los análisis o datos obtenidos a futuro y así evaluar en base a esto si se está dando algún tipo de contaminación por parte del relleno sanitario.

#### **5.2.7.1 Parámetros de Análisis de la Calidad del Agua.**

Como se explicó en capítulos anteriores la descomposición de la basura generan líquidos, gases y productos intermedios que algunos son retenidos en los poros del terreno otros portados por líquidos que atraviesan las capas de suelo y basura.

Aunque el relleno sanitario manual es una obra pequeña que recibe los desechos sólidos de pequeñas poblaciones que consisten en desechos de origen doméstico y comercial, es factible expresar que es necesario impermeabilizar la base del terreno y las paredes, para lograr esto se debe colocar una capa de suelo limo arcilloso de por lo menos 50 cm. de altura, puesto que con estas condiciones se disminuye sensiblemente el poder contaminante del líquido.

Orientando los análisis en una base comparativa, tomando muestras antes de iniciar las operaciones y una vez teniendo estos valores como parámetros se procederán a tomar muestras posteriores, en los que se evaluarán el valor que se considera como una de las propiedades más importantes de los contaminantes ya que determina si la sustancia es corrosiva, de ser así se le puede considerar como residuo peligroso, estos valores son; el potencial de Hidrógeno (pH); ya que al variar este parámetro con respecto al inicial tomado en los pozos, nos afirmaría de la existencia de algún tipo de contaminación en

los mantos acuíferos que por lo tanto necesitará de la evaluación de otros parámetros para lograr identificar la contaminación que se ha generado.

Para controlar los posibles contaminantes en las aguas subterráneas, se deben considerar el análisis de los siguientes parámetros:

- Potencial de Hidrógeno (pH)
- Demanda química de oxígeno (DQO), mg/l
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), mg/l
- Cromo (Cr)
- Plomo (Pb)
- Mercurio (Hg)
- Niquel (Ni)
- Nitrato, mg/l
- Cloruros, mg/l
- Sulfatos, mg/l

En los cuadros 6.3 y 6.4 se presentan los niveles máximos de contaminantes en los sistemas de aguas y la selección de parámetros para reconocimiento de los ríos, respectivamente.

Los análisis de laboratorio, se pueden hacer intensivos durante los primeros meses y menos frecuentes una vez se perciban valores constantes en los resultados<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Propuesto por Jorge Jaramillo, en Guía para la Construcción, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios manuales y por el Reglamento del MARN.

Cuadro 6.3. Niveles máximos de contaminantes en sistemas de agua comunitarios

Categoría de contaminante	Contaminante	Nivel máximo de contaminante
<b>Estándares primarios</b>		
Químicos inorgánicos	Arsénico	0,05 mg/l
	Bario	1
	Cadmio	0,010
	Cromo	0,05
	Fluoruro	4,0
	Plomo	0,05
	Mercurio	0,002
	Nitrato (como N)	10
	Selenio	0,01
	Plata	0,05
Químicos orgánicos	Hidrocarburos clorados	0,0002 mg/l
	Endrín	0,004
	Lindano	0,1
	Metoxicloro	0,005
	Toxafeno	0,005
	Clorofenoxis	0,1
	ácido 2,4-D (2,4-diclorofenoxiacético)	0,01
	ácido 2,4,5-TP (2,4,5-triclorofenoxipropiónico)	0,10
Trihalometanos totales (la suma de las concentraciones de bromodichlorometano, dibromoclorometano, tribromometano (bromoformo) y triclorometano (cloroformo))	0,10	
Turbidez	Turbidez	1,0 UTJ (u. de turb.)
Radioactividad	Radio 226 y radio 228 combinados	5 pCi/l
	Actividad alfa total (incluyendo radio 226 pero excluyendo radón y uranio)	15 pCi/l
Bacteriológicos	Coliformes totales	1/100 ml
<b>Estándares secundarios</b>		
Varios	Aluminio	0,05 a 0,2 mg/l
	Cloruro	250 mg/l
	Color	15 UC (u. de color)
	Cobre	1,0 mg/l
	Corrosividad	No corrosiva
	Fluoruros	2,0 mg/l
	Agentes espumantes	0,5 mg/l
	Hierro	0,3 mg/l
	Manganeso	0,05 mg/l
	Olor	3 Ton <sup>a</sup>
	pH	6,5 a 8,5
	Plata	0,1 mg/l
	Sulfato	250 mg/l
	Sólidos disueltos totales	500 mg/l
	Zinc	5 mg/l

<sup>a</sup> Umbral de olor. Fuente: Recopilado utilizando datos de la Environmental Protection Agency, 1991e y 1991f.

Cuadro 6.4 Selección de parámetros para reconocimientos del control de la calidad de aguas en ríos.

Tipo de reconocimiento	Parámetros físicos	Parámetros químicos			Parámetros biológicos	
		Inorgánicos	Orgánicos	Nutrientes	Microbiológicos	Hidrobiológicos
Propuesto en todos los reconocimientos	Color pH Conductividad específica Sólidos suspendidos Sólidos totales		Demanda química de oxígeno (DQO) Carbono orgánico total (COT)		Coliformes totales y fecales	
Recomendado para recoger datos sobre la línea de base	Olor	Acidez Alcalinidad Calcio (Ca) Cloruros (Cl) Oxígeno disuelto Dureza Hierro (Fe) Manganeso (Mn) Potasio (K) Selenio (Se) Plata (Ag) Sodio (Na)	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) inmediata a los 5 días última	Nitrógeno nítrico (NO <sub>3</sub> )	Recuento total en placa	
Parámetros adicionales recomendados donde se espera contaminación municipal y/o industrial	Sólidos flotantes	Arsénico (As) Bario (Ba) Berilio (Be) Boro (B) Cadmio (Cd) Cromo (Cr) Cobre (Cu) Dióxido de carbono dis. (CO <sub>2</sub> ) Fluoruros (F) Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S) Plomo (Pb) Mercurio (Hg) Níquel (Ni) Vanadio (V) Zinc (Zn)	Cianuros (CN) Carbono orgánico disuelto Sustancias activas al azul de metileno (SAAM) Aceites y grasas Pesticidas Compuestos fenólicos	Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> ) Nitrógeno nitroso (NO <sub>2</sub> ) Nitrógeno orgánico Fósforo soluble Fósforo total	Estreptococos fecales Salmonella	Recuentos de bentos y plancton
Parámetros opcionales para reconocimientos especiales	Penetración de la luz Tamaño de partículas Concentraciones de sedimento Sólidos sedimentables	Aluminio (Al) Sulfatos	Extracto de carbono en alcohol (CAE) Extracto de carbono en cloroformo (CCE) Demanda de cloro	Fósforo orgánico Ortofosfatos Polifosfatos Sílice reactiva	Shigella Virus Coxsackie A y B Poliovirus Adenovirus Ecovirus	Clorofilas Peces Perifiton Composición taxonómica

*Fuente:* Recopilado utilizando datos del Grupo de Trabajo IDH-WHO sobre Calidad del Agua, 1978.

### 5.2.8 CONTROL DE DESECHOS PELIGROSOS.

Para el relleno sanitario que se desea construir se han tomado las características de los desechos sólidos (capítulo 2), que producen las diferentes poblaciones interesadas en la construcción del mismo, encontrando solo desechos de origen doméstico y comercial únicamente, por lo tanto se investigó si existía alguna industria peligrosa en alguno de los lugares interesados y no se encuentra ninguna en las poblaciones en estudio, por lo tanto el relleno sólo aceptará desechos no peligrosos, jugando un papel predominante la supervisión chequeando todos los vehículos que quieran ingresar al relleno, sean estos particulares o públicos, con la intención de depositar la basura que llevan, este proceso no se aplicará a equipo propiedad de las municipalidades, ya que se supone que no presentan este tipo de problemas.

El nombre de desechos peligrosos se le da al material descartado de su uso que representan un alto grado de peligrosidad para la salud de la población, generalmente el conglomerado de desechos se conocen con las siglas C.R.E.T.I.B, donde:

C: Corrosivos: Son desechos que contienen sustancias con alcalinidad arriba de nueve y debajo 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.

Los últimos mencionados (I y B) son los desechos peligrosos que se producen generalmente en los municipios involucrados en el proyecto, generados por las unidades de salud en cada una de las poblaciones, pero que son manejados y depositados internamente por dichos centros, de la siguiente manera:

Para la recolección de los desechos considerados como peligrosos (biológicos-infecciosos, cortopunzantes y patológicos), se utilizan bolsas de color rojo, los cuales son depositados en celdas de seguridad o incinerados según la disponibilidad y el criterio del personal que los maneja.

El manejo de los desechos comunes de las unidades de salud se hace recolectándolos en bolsas de color negro entregándolos después a las unidades recolectoras de las alcaldías municipales.

La supervisión deberá tener un método práctico para determinar si se trata de ingresar desechos sólidos considerados como peligrosos, en el método de verificación deberán incluirse por lo menos los siguientes aspectos:

Deberá revisar todos los vehículos privados y públicos que deseen depositar la basura en el relleno (para poder detectar desechos peligrosos).

Formar un archivo con todos los datos necesarios para poder identificar la frecuencia en que ingresa el vehículo particular o público y que tipo de basura ingresan.

Definir el procedimiento de notificación a las autoridades competentes de la municipalidad, en caso de detectar algún vehículo con cargas que contengan desechos peligrosos.

Prohibir el ingreso de cualquier vehículo cuando sean detectados desechos peligrosos y notificar de inmediato a las autoridades del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de la ciudad de Chalatenango y al MARN.

#### **5.2.9 CONTROL DE HURGADORES DE BASURA.**

En todos los botaderos a cielo abierto que existen en este momento en la región de interés se sabe que personas los frecuentan para tratar de recuperar objetos que puedan tener algún valor comercial o que puedan ser utilizados en su vida cotidiana. En los basureros en que se pudo comprobar la presencia de hurgadores por nuestro grupo, fue principalmente en los botaderos de Tejutla y El Paraíso, en los cuales se corroboró que existen casas que se encuentran como vecinas al basurero, observando tanto personas mayores, como niños al interior de los basureros. Para los basureros de los municipios de Agua Caliente, La Reina y San Francisco Morazán, en las ocasiones que visitamos dichos basureros no se encontraron hurgadores, debido probablemente a que estos lugares se encuentran a una distancia bastante considerable de la población.

La práctica realizada por los pepenadores en muchas ocasiones interfiere con las actividades de disposición final en los botaderos, dificultando la descarga de las

unidades y en algunas ocasiones poniéndose en peligro así mismos al subirse a las unidades en movimiento o en maniobras de descarga.

Por lo antes mencionado en el relleno sanitario manual, desde el inicio de operaciones y durante su vida útil se prohibirá la entrada a hurgadores por medio de un cartel o rótulo que exprese lo siguiente “NO SE PERMITE LA ENTRADA A PEPENADORES”.

Aunque es difícil controlar en ocasiones el ingreso de pepenadores en un relleno sanitario, estos siempre buscarán la manera de ingresar al recinto sin ser vistos, por lo que es de suma importancia mantener una vigilancia en la entrada al relleno sanitario y en las áreas de trabajo, jugando un papel muy importante la supervisión en el cumplimiento de no permitir la permanencia de personas no autorizadas en el área del relleno sanitario.

Una de las alternativas que podría promover las municipalidades para los pepenadores o las familias que se dediquen a esta actividad, sería impartir para los más jóvenes capacitación o aprendizaje de algún oficio y para las personas con más edad gestionar ayuda para la obtención de nuevas viviendas y de ser posible incluirlos en trabajos en que se puedan desempeñar con facilidad.

#### **5.2.10 CONTROL DE OPERACIONES.**

Para lograr cumplir con las labores en el relleno sanitario se deben organizar y supervisar estrictamente todas las actividades al interior del relleno, desarrollando un programa de control y ordenamiento como el que se plantea a continuación:

- Registro del ingreso de los vehículos.
- Control del flujo de los vehículos desde la portería.
- La orientación del tráfico y zonas de descarga.
- Supervisar la descarga en el frente de trabajo.
- Supervisar la conformación de las celdas.
- El buen mantenimiento de las herramientas y dotación de implementos de protección de los trabajadores.
- Mantener una vigilancia para impedir el ingreso de animales y personas extrañas y evitar la excavación de los residuos sólidos en las celdas ya conformadas.

### 5.3 **SEPARACIÓN DE MATERIALES Y MATERIA ORGANICA.**

Esta técnica se realizará con el objeto de la reutilización y reciclaje de los materiales y para determinar el tipo de desecho a separar, se ha tomado como base los materiales que se desechan en los municipios interesados en el proyecto y que pueden ser reutilizados o reciclados entre ellos tenemos:

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: pueden generar pequeños negocios de compra y venta de chatarra, 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, perfiles de cielo falso, antenas de televisores, refrigeradoras, otros electrodomésticos y todos aquellos elaborados de este 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.***

Con 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 opción relativamente fácil para desviarlos del relleno sanitario a los lugares de reciclaje, 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 se puede separar es; papel periódico, facturas y sus copias, papel de fotocopadoras, papel bond, papel de computadoras, revistas, separadores de archivos, cuadernos, fólderes, libros, libretas, agendas, cartulina y todo aquel papel que pueda absorber líquidos fácilmente y que esté libre de contaminantes como grasa, aceite, polvo goma y papel carbón.

### 3. *EL PLÁSTICO.*

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 materiales 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 los recipientes plásticos desechados como los botes, platos, tapones, material de envoltura, mangueras de jardinería, juguetes y los demás objetos termoplásticos elaborados en poliestileno y polipropileno. No debe incluirse en estos aquellos que se encuentran mezclados con concreto y/o asfalto y plásticos no procesales llamados termofraguantes como la melanina, formal de hído de urea y fenol formal de hido; 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, fórmica, etc.

#### **4. VIDRIO.**

Las ventajas de reciclar el vidrio, incluye: la reutilización del material y ahorros de energía. Estos materiales son los menos generados en la ciudad y se podrán separar todos los depósitos elaborados de vidrio que puedan utilizarse, como por ejemplo: envases de encurtidos, salsas, jaleas, aceites, dulces, entre otros.

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 ORGÁNICA.**

La materia orgánica constituye un porcentaje bastante alto de los desechos sólidos generados por las comunidades de las municipalidades involucradas en el proyecto, por lo que se 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 las Instituciones Educativas.

Como técnica de procesamiento de los desechos orgánicos urbanos generados por los municipios de Tejutla, El Paraíso, La Reina, Agua Caliente y San Francisco Morazán, el compostaje ofrecerá las siguientes ventajas:

- Es la única técnica operativa actual para reutilizar de mejor manera la materia orgánica.
- Es adecuada para manejar principalmente los desechos provenientes de vegetales, madereras, cárnicos, entre otros.
- 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 de las Instituciones Educativas de los municipios involucrados en el proyecto.



***CAPITULO VI***  
***“ASPECTOS AMBIENTALES”***

## 6.1 GENERALIDADES.

Todo proyecto que se pretende realizar tendrá una influencia en el entorno del lugar en donde se implementará, por lo tanto, las personas interesadas en el proyecto, se ven en la necesidad de desarrollar una evaluación de los aspectos ambientales, en las que se abarca alternativas que puedan evitar o minimizar impactos diversos que puede producir las implicaciones a corto, mediano o largo plazo por las acciones propuestas por las personas que han diseñado y pretenden realizar el proyecto.

Definiendo como impacto ambiental, a la alteración favorable o desfavorable que experimenta el ambiente como resultado de la actividad humana o de la naturaleza, denominando a la evaluación o estudio a desarrollar por el titular del proyecto como “Estudio de Impacto Ambiental” definiendo éste como la actividad diseñada para identificar y predecir la modificación de los componentes biológicos, geológicos, físicos y socioeconómicos del ambiente, para interpretar y comunicar información acerca de los impactos, así como la forma de atenuar o minimizar los adversos.

En este capítulo solamente se orientará al análisis de los aspectos ambientales sin proyecto, los cuales pueden ser afectados por estos, además deben ser tomados en cuenta a la hora de diseñar el relleno sanitario manual, para minimizar los efectos al medio ambiente. Además se presentará el formulario ambiental el cual es un instrumento establecido en los artículos 21 y 22 de la Ley de Medio Ambiente y en el artículo 20 del Reglamento General del Medio Ambiente, mediante el cual el titular de una actividad, obra o proyecto (nuevo), suministra la información que el MARN

(Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales), refiere en el formulario ambiental correspondiente, para iniciar el trámite administrativo, tendente a obtener el permiso ambiental correspondiente.

## **6.2 ASPECTOS AMBIENTALES A SER AFECTADOS NEGATIVAMENTE POR LA IMPLEMENTACION DEL RELLENO SANITARIO.**

Para la realización del diseño del proyecto es de vital importancia conocer los efectos causados por la implementación de una obra de saneamiento básico, como lo es el relleno sanitario manual, ya que, esta obra puede causar efectos negativos al medio ambiente.

En el municipio de Tejutla se encuentra el sitio destinado para la realización del relleno sanitario manual, el cual servirá también para la disposición final de los desechos sólidos producidos en los municipios de La Reina, El Paraíso, San Francisco Morazán y Agua Caliente, en este lugar la disposición final de los desechos sólidos (principalmente la descomposición orgánica) genera muchos contaminantes, que tienen diversos efectos sobre los recursos naturales de la zona, dentro de estos se encuentran los siguientes:

- *Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.*

El sitio seleccionado por las municipalidades antes mencionadas, presenta la característica que el suelo es de alta permeabilidad lo que podría contaminar las aguas subterráneas debido a la infiltración de los lixiviados (aunque se estima que la

profundidad del nivel freático es de aproximadamente 90 mts), además se podría contaminar la quebrada de invierno que atraviesa dicho terreno, debido a la escorrentía, por lo que es necesario la construcción de obras de drenaje para lixiviados y aguas lluvias para minimizar el problema antes mencionado.

- ***Contaminación del Suelo.***

Es indispensable una eficiente operación y mantenimiento del relleno sanitario manual, ya que de lo contrario éste podría convertirse en poco tiempo en un botadero a cielo abierto, contaminando el suelo por la falta de un control adecuado de los lixiviados, alcanzando por lo mismo las zonas aledañas al lugar, a demás esto genera la degradación natural del suelo, provocando con ello una pérdida de valor y un deterioro estético de estas zonas.

- ***Contaminación del Aire.***

Como se mencionó en el párrafo anterior, la operación y mantenimiento es clave para el buen funcionamiento del relleno sanitario ya que este método es un digestor de desechos sólidos en los que intervienen en la descomposición factores aerobios y anaerobios, produciendo gases que en su mayoría son inflamables (CH<sub>4</sub>), los cuales podrían provocar incendios por descuidos y más aún si los desechos inflamables como el cartón y papel se encuentran esparcidos, produciendo los mismos al combustionar humos y gases que provocarían contaminación en el aire y problemas respiratorios e irritación de la vista a los trabajadores y habitantes aledaños a la zona.

### **6.2.1 ASPECTOS AMBIENTALES DE MAYOR IMPORTANCIA EN EL SITIO DE INTERES.**

#### **EL CLIMA.**

El sitio seleccionado por las municipalidades involucradas en el proyecto se encuentra en el Municipio de Tejutla el cual, está ubicado entre las elevaciones topográficas de 220 a 240 m.s.n.m.

En este lugar la temperatura oscila entre 25.5°C y 28°C teniendo una estación lluviosa entre los meses de mayo a septiembre y una estación seca de octubre a abril. La precipitación media anual que se registra en la zona es de 1800 mm.

#### **VEGETACIÓN.**

En lo referente a la vegetación que se puede observar en el sitio de interés, se puede decir que está constituida en su mayor parte por árboles de chaparro y maleza que en su mayor parte cubre aproximadamente un 70% del terreno.

La labor agrícola de los alrededores es mínima, ésta se puede ver en la época de invierno donde se pueden observar cultivos aislados de maíz.

#### **FAUNA.**

Dentro del terreno y sus áreas aledañas la presencia de la fauna es mínima debido principalmente a la falta de vegetación y agua.

Entre la fauna existente en la zona se pueden mencionar: Culebras, hormigas, arañas, sapos, escarabajos y de forma escasa una que otra variedad de ave.

**SUELO.**

La obtención de las muestras de suelo para su clasificación fue realizada a través de la excavación de un pozo a cielo abierto de aproximadamente seis metros de profundidad ubicado en el lugar en donde se pretende construir las lagunas de estabilización, a simple vista se pudo observar un suelo de grano grueso, que posteriormente se le realizaron las pruebas de laboratorio necesarias para su clasificación, llegando a la conclusión que es un suelo GW (grava, arenosa, con poca presencia de finos).

**6.3 METODOS PARA ESTUDIAR Y EVALUAR EL IMPACTO AMBIENTAL.**

Los estudios encaminados a identificar, predecir, evaluar y presentar los impactos ambientales y proponer las medidas de mitigación, deben realizarse previamente a la ejecución de las obras o actividades por lo que constituyen una importante herramienta en la etapa de planeación.

Ante el caudal de información que se maneja y por la complejidad de los fenómenos naturales y socioeconómicos que están involucrados en los proyectos, el desarrollo de los estudios de impacto ambiental requiere la participación de equipos interdisciplinarios (constituidos por; biólogos, agrónomos, sociólogos, geólogos, etc.)

### **6.3.1 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.**

La primera etapa de un estudio de impacto ambiental (figura N° 37) consiste en describir las características del proyecto, obras y actividades que en el se involucran en sus diferentes fases como son: selección del sitio, preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento, y abandono del sitio. A continuación debe hacerse una caracterización de la situación ambiental existente en la zona de influencia del proyecto, haciendo énfasis en los posibles niveles de alteración. La descripción del ambiente debe incluir los aspectos generales del medio natural (físico y biológico) y socioeconómico.

Como parte final de esta primera etapa, se predicen las condiciones ambientales futuras que se tendrían en el sitio, de no llevarse a cabo el proyecto.

La segunda etapa es el elemento fundamental del estudio de impacto ambiental y consiste en tres fases principales: identificación, predicción y evaluación de los efectos que tendrá la implementación del proyecto en sus diferentes etapas sobre el ambiente. Para llevar a cabo esta segunda etapa, se han desarrollado numerosas técnicas, que presentan diferencias en su objetivo, enfoque y requerimientos de información. Cada una de estas técnicas presenta ventajas y desventajas respecto de las otras, por lo que aquella o aquellas que se apliquen deberán seleccionarse considerando el tipo de proyecto, la información disponible y las características del

MIA  
(METODOLOGIA DE IMPACTO AMBIENTAL)  
MODALIDAD GENERAL

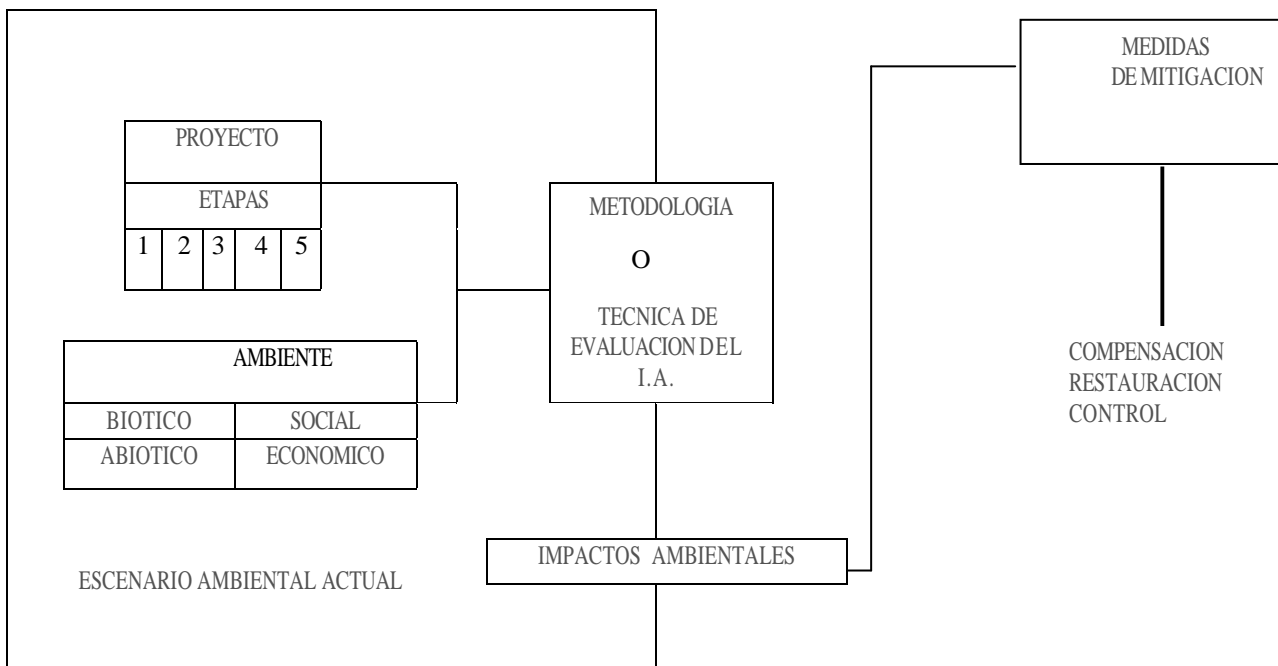


Figura N° 37 Procedimiento general, para realizar un estudio de impacto ambiental



ambiente en el sitio de que se trate. En el apartado 6.3.2 se describen las técnicas de evaluación del impacto ambiental.

En la tercera etapa del estudio se proponen las medidas de prevención y mitigación de los efectos negativos que ocasionaría el proyecto sobre el ambiente, tomando en cuenta los impactos evaluados en la etapa anterior.

Finalmente, la cuarta etapa del estudio consiste en comunicar sus resultados mediante el documento denominado Manifestación de Impacto Ambiental.

### **6.3.2 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.**

Para llevar a cabo la segunda etapa del estudio de impacto ambiental existen diversas técnicas simples y complejas que pueden aplicarse. Entre estas técnicas se incluyen diversas matrices de ponderación, listados, modelos de simulación por computadora, etcétera. La finalidad ideal que se persigue al aplicar las técnicas de análisis es cubrir las tres fases del estudio antes mencionadas: identificación, predicción y evaluación. Estas fases se resumen en el Cuadro 6.5 y se explican a continuación.

CUADRO 6.5

FUNCIONES ANALITICAS DE LAS TRES FASES DE LA SEGUNDA ETAPA DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
FASE	FUNCION ANALITICA
IDENTIFICACIÓN	Descripción del sistema ambiental existente. Determinación de los componentes del proyecto. Definición de las alteraciones del medio causadas por el proyecto (incluyendo todos los componentes.
PREDICCIÓN	Estimación de las alteraciones ambientales significativas. Evaluación del cambio de la probabilidad de que ocurra el impacto.
EVALUACIÓN	Determinación de la incidencia de costos y beneficios en, los grupos de usuarios y en la población afectada por el proyecto. Especificación y comparación de relaciones costo / beneficio entre varias alternativas.

***Fase 1: Identificación.***

Consiste en identificar separadamente las actividades del proyecto que podrían provocar impactos sobre el ambiente en las etapas de selección y preparación del sitio; construcción, operación y mantenimiento; y abandono al término de la vida útil. Asimismo, se identifican los factores ambientales y sus atributos que se verían afectados.

***Fase 2: Predicción***

Consiste en predecir la naturaleza y extensión de los impactos ambientales de las actividades identificadas. En esta fase se requiere cuantificar con indicadores efectivos el significado de los impactos.

***Fase 3: Evaluación***

Consiste en evaluar los impactos ambientales cuantitativa y cualitativamente. De hecho, la política de estudiar los efectos en el ambiente carecería de utilidad si no se contara con una determinación cualitativa y cuantitativa de los impactos. Al conocer la naturaleza y dimensión de un impacto es posible tomar una decisión, la cual puede consistir en:

- Diseñar alguna medida de prevención o mitigación, o
- Determinar una alternativa del proyecto que genere impactos de menor magnitud e importancia.

La elección de cualquiera de estas opciones implicará las correspondientes consideraciones técnicas, económicas, sociales y financieras.

La segunda etapa del estudio de impacto ambiental es la que requiere más dedicación y esfuerzo, ya que, debe ser desarrollada por un grupo de especialistas en diferentes disciplinas con el objeto de que queden cubiertas todas las áreas del ambiente. Esta actividad interdisciplinaria exige una estrecha comunicación entre los especialistas que la llevan a cabo, requiriéndose del trabajo en grupo para definir la importancia de los factores ambientales y la magnitud de los impactos.

La clasificación más ampliamente aceptada divide a las técnicas para identificar, predecir y evaluar los impactos ambientales en los siguientes grupos (Cuadro 6.6):

- Procedimientos pragmáticos.
- Listados.
- Matrices.
- Redes.
- Modelos.
- Sobre posiciones.
- Procedimiento adaptativo.

***Procedimientos pragmáticos.***

Consiste en integrar un grupo de especialistas en diferentes disciplinas para identificar impactos en sus áreas de especialidad (por ejemplo: flora, fauna, contaminación, aspectos económicos), buscando satisfacer los requerimientos de la legislación ambiental vigente en el sitio del estudio, referentes a la evaluación de impactos. En esta metodología no se definen parámetros específicos que deben ser investigados ni se realiza una evaluación formal de la magnitud de los impactos.

**Cuadro 6.6. Técnicas para identificar, predecir y evaluar los impactos ambientales.**

<b>PROCEDIMIENTOS PRAGMATICOS</b>	<b>comité interdisciplinaria de especialistas</b>
<b>LISTADOS</b>	<b>Lista estandarizada de impactos asociados con el tipo de proyecto.</b>
<b>MATRICES</b>	<b>Listas generalizadas de las posibles actividades de un proyecto y de los factores ambientales afectados por más de una acción.</b>
<b>REDES</b>	<b>Trazado de ligas causales.</b>
<b>MODELOS</b>	<b>Conceptual.- describe las relaciones entre las partes del sistema. Matemático.- modelo conceptual cuantitativo. Simulación en computadora.- representación dinámica del sistema.</b>
<b>SOBREPOSICIONES</b>	<b>Evaluación visual de la capacidad ecológica anterior; y posterior al, proyecto.</b>
<b>PROCEDIMIENTO ADAPTATIVO</b>	<b>Combinación de varias técnicas.</b>

***Listados***

En estas técnicas se parte de una lista maestra de factores ambientales y/o impactos seleccionándose y evaluándose aquellos impactos esperados para el proyecto y sus acciones específicas. Este tipo de listas se elaboran con un criterio interdisciplinario para identificar las acciones del proyecto que puedan causar impactos significativos, no relevantes o sin interés. Los listados pueden complementarse con instrucciones de la forma de presentar y usar los datos, y con la inclusión de criterios explícitos para impactos de cierta magnitud e importancia.

***Matrices.***

Consisten básicamente en listados generalizados de las posibles actividades de un proyecto y de los factores ambientales potencialmente impactados. Ambas listas se colocan, indistintamente, en las columnas o renglones de la matriz. La utilización de las matrices difiere de los listados en que se identifican las posibles interacciones del proyecto y el ambiente; asimismo, permiten definir las acciones que generan más de un impacto y los factores ambientales afectados por más de una acción.

La mayoría de los sistemas basados en matrices, utilizan una escala que permite al evaluador la oportunidad de registrar niveles de intensidad. Algunas de ellas muestran la manera como el evaluador puede utilizar, de manera combinada, ciertos indicadores objetivos con opiniones de expertos e impresiones para asignar una calificación a cada una de las celdas dentro de la matriz. Otras metodologías están basadas en la asignación de pesos (ponderación) multiplicar símbolos por el rango de severidad, dentro de cada celda.

Los listados son utilizados como insumo en las matrices de causa-efecto para identificar los posibles impactos causados por las diferentes actividades del proyecto.

***Redes.***

Estas técnicas amplían el concepto de las matrices mediante la introducción de una red de causa-condición-efecto que permite la identificación de impactos acumulativos o indirectos, los cuales no son adecuadamente explicados a través de una secuencia simple de causa-efecto representada por matrices.

***Modelos.***

Un modelo es una representación física, matemática, o en el mejor de los casos física-matemática, que reproduce las características y condiciones de un ecosistema, de modo que analizando esta información y las interacciones existentes, se puede llegar a la percepción y comprensión del comportamiento de tal sistema.

Es evidente que los modelos matemáticos son; un reflejo expresado en ecuaciones y formulas: la matemática de modelos intuitivos elementales demuestra una imagen del funcionamiento del universo, y tienen por objeto efectuar una predicción.

***Sobreposiciones.***

Estas técnicas están basadas en el uso de una serie de mapas transparentes que se pueden sobreponer para producir una caracterización compuesta del ambiente regional. Los mapas describen factores ambientales o características del suelo y la distribución superficial del proyecto con todas sus obras complementarias. Este enfoque es efectivo para seleccionar alternativas e identificar ciertos tipos de impactos, ya que esta técnica localiza los factores limitativos para ciertos usos, pudiéndose así conocer los factores del ambiente más sensibles de ser afectados; sin embargo, no puede usarse para cuantificar estos impactos o identificar interacciones secundarias o terciarias.

***Procedimiento adaptativo.***

Debido a que ninguna de las técnicas antes descritas cubre las tres fases del estudio: identificación, predicción y evaluación, es necesario complementarlas o combinarlas, resultando un procedimiento adaptativo.

### 6.3.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MÉTODOS.

El uso de un método para el análisis de los impactos ambientales, depende de las necesidades específicas del responsable del proyecto y del mismo proyecto en cuestión. Para realizar la selección de métodos se han desarrollado criterios que pueden servir de base para quienes están elaborando la evaluación de impacto ambiental.

En 1977, R.K. Jain, K.V. Urban y G.S. Stancey; presentaron siete consideraciones clave de selección, las cuales son:

#### 1. **Finalidad del análisis de impactos.**

Es necesario definir si el análisis es para toma de decisiones o con fines de difusión. Un documento de decisión es vital para determinar el mejor curso de acción; mientras que uno de difusión revela, en principio, las implicaciones de las alternativas elegidas. Un documento de decisión generalmente requiere mayor énfasis en la identificación de aspectos clave, la cuantificación y la comparación directa de alternativas. Un documento de difusión requiere un análisis más integral y se concentra en interpretar la trascendencia del espectro más amplio de posibles impactos.

#### 2. **Alternativas del proyecto.**

Se requiere considerar si las alternativas difieren solo en magnitud o en esquema conceptual. Si difieren en cuanto a su conceptualización, como el caso de la prevención de inundación mediante construcción de bordos en contra de la



zonificación de áreas de inundación, entonces la magnitud del impacto deberá evaluarse con base en un patrón absoluto, puesto que los impactos serán diferentes tanto en tipo como en tamaño; por otro lado, los grupos de alternativas que difieren sólo en magnitud permiten una comparación de impactos y un mayor grado de cuantificación.

**3. Participación social.**

Es necesario definir si la participación de la comunidad en el análisis será activa o solo de revisión. La participación activa permite el uso de técnicas más sofisticadas, tales como el análisis por computadora o estadístico que resulta difícil de explicar a un público interesado; pero que no ha participado anteriormente. El papel de una participación activa también permite un mayor grado de cuantificación o ponderación de la magnitud de los impactos mediante la incorporación directa de los valores públicos.

**4. Información existente y recursos disponibles para el análisis.**

Un aspecto fundamental para seleccionar el método es la información existente, así como los recursos disponibles para su análisis. Los métodos más sofisticados y que proporcionan resultados más confiables requieren necesariamente mayor información y recursos para su aplicación.

**5. Conocimiento del área de estudio por el grupo de análisis.**

El conocimiento o familiaridad que tenga el grupo que realiza el estudio aumentara la validez de un análisis subjetivo de la magnitud de los impactos.

## **6. Trascendencia del proyecto o acción.**

La trascendencia que tenga el proyecto, o una acción específica, tanto en su magnitud física, como un efecto social, es otro factor importante en la selección del método por emplear. Mientras más importante es una acción, mayor es la necesidad de explicitarla, cuantificarla o identificar sus aspectos clave. Las ponderaciones y relaciones arbitrarias para comparar un tipo de impacto (ecológico) contra otro (económico), llegan a ser poco apropiados.

## **7. Consideraciones institucionales.**

Es necesario tomar en cuenta si los métodos seleccionados están limitados por los procedimientos de la dependencia responsable o por requerimientos de formato. Las políticas o lineamientos específicos de la dependencia pueden excluir algunas técnicas al especificar por ejemplo, ámbitos de impactos y el tiempo disponible para realizar el análisis.

Folden presento en 1980 nueve criterios para seleccionar el método apropiado:

### **1. Integridad.**

El método seleccionado debe comprender todas las alternativas, y puntos de vista significativos. Sin un enfoque integral es casi seguro que las decisiones no sean óptimas.

### **2. Aplicabilidad.**

El método debe de ser simple para ser aprendido y aplicado por un grupo pequeño con conocimientos limitados, con un presupuesto reducido y en un tiempo corto, si así se requiere.

**3. Descriptibilidad.**

Los resultados y conclusiones obtenidas deben permitir la visualización del problema y sus soluciones de manera tal que permitan el entendimiento y confianza del público y aseguren su participación.

**4. Ampliabilidad.**

Debe permitir la evaluación preliminar de alternativas y debe ser fácilmente ampliable para proporcionar mayor detalle en aspectos clave. De esta manera, el mismo método debe permitir un análisis superficial o un examen detallado.

**5. Aspectos relevantes.**

La técnica debe incluir un informe explícito de todos los aspectos relevantes, sistemáticamente ordenados y ponderados para reflejar su importancia relativa.

**6. Sistema único.**

El método debe reflejar un entendimiento del sistema ambiental socio-económico como un todo y las principales interrelaciones entre los diversos factores.

**7. Discriminación de efectos.**

El método debe reflejar cambios que ocurrirán en el futuro "sin el proyecto" y "con el proyecto" y debe permitir la cuantificación de la diferencia entre conjuntos de alternativas.

## **8. Uniformidad.**

Diversos factores son medidos convencionalmente con una amplia variedad de unidades objetivas y subjetivas (pesos, biomasa, días de recreación, bueno-malo, empleos, etc.). Es recomendable emplear medios para transformar estas mediciones en unidades uniformes como un elemento para facilitar la comparación.

## **9. Sistematización de información.**

La factibilidad para recabar y alimentar la información requerida por un método es un criterio clave para la implantación exitosa de cualquier modelo. Técnicas potencialmente excelentes pueden ser impracticables por la dificultad en la colección de datos.

El empleo de una técnica adecuada permite definir los impactos existentes y su magnitud relativa. Una vez hecho esto, se requiere caracterizar los mismos, definiendo para cada uno de ellos:

- Durabilidad: si es temporal o permanente el impacto.
- Plazo y frecuencia.: Si el impacto se presenta en el corto o mediano plazo, si este es intermitente.
- Probabilidad de ocurrencia.: Define la probabilidad de que se presente el impacto, a mayor información la incertidumbre se reduce.
- Facilidad de mitigación: Si es posible eliminar o reducir el impacto

Por ultimo, una vez que se han identificado y caracterizado los impactos, y si entre estos existen impactos adversos de significación, es necesario proceder a la evaluación detallada tanto de los impactos en forma específica como del proyecto en forma global, para contar con elementos suficientes que permitan una decisión objetiva sobre la implantación del proyecto.

En principio lo ideal seria evaluar la totalidad de los impactos registrados tanto positivos como negativos, pero el número de estos hará por lo general poco factible y practico el proceso. De esta manera se recomienda evaluar en principio todos los impactos identificados como severos y los considerados como más relevantes, de entre los no severos.

#### **6.4 COMPLEMENTACIÓN DEL FORMULARIO AMBIENTAL.**

##### **6.4.1 LINEAMIENTOS PARA LA COMPLEMENTACIÓN DEL FORMULARIO AMBIENTAL.**

Los presentes lineamientos tienen por objeto proporcionar los elementos básicos necesarios para el adecuado llenado del formulario ambiental y que la información proporcionada por el titular (propietario) de la actividad, obra o proyecto, permita al equipo técnico profesional designado por el MARN, conjuntamente con los resultados de la inspección al sitio propuesto para el desarrollo del proyecto, determinar la

procedencia de exigir o no la elaboración del estudio de Impacto Ambiental. El formulario ambiental se presenta en el anexo N° 15.

### ***1. De la presentación del Formulario Ambiental.***

El Formulario Ambiental, deberá ser presentado por el titular o el representante legal debidamente acreditado, de toda nueva actividad, obra o proyecto o que pretenda realizar ampliación, rehabilitación o conversión del desarrollo que requiera Permiso Ambiental. El Formulario Ambiental, será presentado al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con una nota de remisión.

### ***2. Del Contenido del Formulario Ambiental.***

El Formulario Ambiental contiene como mínimo, de acuerdo al artículo 21 del Reglamento de la Ley de Medio Ambiente, lo siguiente:

- Información del titular, que propone la actividad, obra o proyecto.
- Identificación, ubicación y descripción de la actividad, obra o proyecto.
- Aspectos de los medios físico, biológico, socioeconómico y cultural, que podrían ser afectados por la ejecución del proyecto.
- Identificación y priorización preliminar de impactos potenciales, posibles riesgos y contingencias y estimación de las medidas ambientales correspondientes.
- Declaración jurada sobre la responsabilidad del titular en la veracidad de la información proporcionada.
- Marco Legal aplicable (nivel nacional, regional y/o local).

El formulario ambiental. Se deberá responder en lo que sea pertinente a la actividad, obra o proyecto propuesto.

***3. De la Responsabilidad del contenido de la información proporcionada y remisión del formulario ambiental.***

El titular de la actividad, obra o proyecto, será responsable de la veracidad de la información proporcionada en el formulario ambiental.

La información requerida en el formulario ambiental, deberá ser respondida en los diferentes aspectos de la actividad, obra o proyecto.

***4. De la Reserva de la Información.***

El Ministerio de Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, mantendrá en reserva la información que pudiera afectar derechos de propiedad industrial, intelectual o intereses lícitos mercantiles del titular.

***5. De la Tramitación del Formulario Ambiental.***

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de acuerdo a lo establecido en la normativa legal vigente y una vez efectuada la recepción del Formulario Ambiental, dará curso a la tramitación del mismo, siguiendo el procedimiento técnico administrativo que a continuación se describe.

***5.1 De la Evaluación de la Información contenido en el Formulario Ambiental.***

El equipo técnico profesional designado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en cumplimiento a lo establecido en el artículo 22 del Reglamento General de Medio Ambiente, procederá al análisis de la información

contenida en el Formulario Ambiental correspondiente (instrumento específico) para la actividad, obra o proyecto.

La información proporcionada en el formulario ambiental, será calificada con base a la cantidad y calidad de la información, que aplica a la actividad, obra o proyecto, que el titular (propietario), propone desarrollar.

El resultado de la evaluación de la información contenida en el Formulario Ambiental, se reflejará en la planilla de análisis ambiental, la cual forma parte de los instrumentos que integran el procedimiento técnico administrativo interno de tramitación del MARN.

#### ***5.2 De la Inspección al Sitio de Ubicación de la Actividad, Obra o Proyecto.***

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, designará un equipo técnico profesional de acuerdo a la tipología y naturaleza del proyecto, el cual realizará la inspección al sitio de la actividad, obra o proyecto y determinará la sensibilidad del área donde se pretende implantar la actividad, obra o proyecto, el resultado de la inspección al sitio por parte del equipo profesional, se reflejará en el instrumento interno de tramitación del MARN (formulario ambiental inspección de campo).

#### ***6. De la Categorización de la Actividad, obra o proyecto.***

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos naturales, conforme al resultado del análisis de información del formulario ambiental y determinación de la sensibilidad del medio ambiente, que a continuación se detalla:



### ***6.1 Del Análisis de la Información contenida en el Formulario Ambiental.***

El análisis de la información contenida en el Formulario Ambiental, proporcionará los elementos para determinar la envergadura de la actividad, obra o proyecto.

### ***6.2 Sensibilidad del área de posible implantación de la actividad, obra o proyecto y naturaleza del impacto potencial.***

La sensibilidad del área de ubicación de la actividad, obra o proyecto, se determinará como resultado de la inspección al sitio y se utilizarán indicadores ambientales predefinidos, proporcionándose así, los elementos para determinar la naturaleza del impacto potencial.

## ***7. De los criterios para establecer la envergadura de la actividad, obra o proyecto y la calificación de la sensibilidad del medio ambiente.***

### **• ENVERGADURA DE LA ACTIVIDAD, OBRA O PROYECTO.**

La envergadura se refiere al tamaño (magnitud) de la instalación, el criterio al ser integrado con la tipología de la actividad, obra o proyecto, permite definir la categoría para exigir la presentación o no, de un estudio de impacto ambiental.

Para establecer la envergadura de la actividad, obra o proyecto, y la sensibilidad del medio, el Ministerio se basará en los criterios siguientes:

- Tipología de la actividad, obra o proyecto y localización.
- Superficie total y ocupada por el proyecto.
- Longitud del proyecto o densidad de población.
- Cantidad de materias primas, insumos, combustibles, recurso agua a utilizar y volumen de producción.

- Cantidad estimada y calidad de efluentes, emisiones y residuos o desechos que puedan generar la actividad, obra o proyecto.
- CALIFICACIÓN DE LA SENSIBILIDAD DEL MEDIO AMBIENTE.

La calificación de la sensibilidad del medio ambiente, se hará con base a los indicadores ambientales predeterminados y que contemplan los recursos: suelos, vegetación, fauna, zonas frágiles, agua, aire, calidad de vida u otro de particular importancia identificado en la inspección al sitio del proyecto. La Calificación que se asignará será la siguiente:

- Calificación No. 1: No afectable por la actividad, obra o proyecto.
- Calificación No. 2: Sensible, los recursos del medio físico, biológico, social y económico, serán afectados de forma parcial y/o temporal, no se coloca en peligro la integridad del sitio.
- Calificación No. 3: Muy sensible, los recursos naturales del medio físico, biológico y socioeconómico son afectados de forma total y/o permanente, se incluirán los elementos del patrimonio histórico y cultural.

En función directa de la sensibilidad del medio ambiente, se definirá la naturaleza del impacto potencial.

#### ***8. De las Categorías de la Actividad, obra o Proyecto.***

La categoría de la actividad, obra o proyecto determinará el nivel del EsIA (Estudio de Impacto Ambiental), de acuerdo a lo siguiente:

- Categoría 1: No requiere de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), debido a la tipología de la actividad, obra o proyecto, la envergadura y la naturaleza de las acciones a ejecutar.
- Categoría 2: Requiere de la presentación de un EsIA, debido a que la tipología de la actividad, obra o proyecto, causa efectos sobre el medio ambiente bien definidos, pero que dependiendo de la envergadura de las acciones que pretenden ser realizadas, éstas deberán ser cuantificadas en su real magnitud, por lo cual el estudio ambiental, deberá enfatizar en la satisfacción de los requerimientos específicos de información.
- Categoría 3: Siempre se requerirá de la presentación del EsIA, por la tipología y la envergadura, magnitud de demanda de recursos y los potenciales efectos sobre el medio ambiente que pueden generar impactos negativos e irreversibles para el medio ambiente, la salud y calidad de vida de la población.

***9. De la Resolución de Categorización y de los lineamientos de términos de referencia.***

Mediante la aplicación de los criterios antes indicados el Ministerio, categorizará la actividad, obra o proyecto y determinará la procedencia de exigir o no la presentación de estudio de impacto ambiental y el nivel de detalle de dicho estudio.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales emitirá, en un plazo máximo de veinte (20) días hábiles a partir de la recepción del formulario ambiental, dará la resolución sobre la procedencia de presentación de un estudio de impacto ambiental de

la actividad, obra o proyecto, la cual será acompañada de los lineamientos de términos de referencia para elaborar el EsIA.

***10. De la Vigencia de la Resolución de Categorización de la Actividad, Obra o Proyecto.***

La vigencia de la resolución de categorización será por un (1) año, a partir de la fecha de notificación de la misma, transcurrido el lapso indicado se deberá actualizar la información suministrada.

**6.4.2 LISTA DE DOCUMENTOS QUE DEBERÁN ANEXAR AL FORMULARIO.**

***Si es persona Natural.***

- Declaración jurada (última Pág. del Formulario) deberá ser firmada por el titular (propietario) o el Representante Legal.
- Fotocopia del DUI del Titular o Representante Legal.
- Copia de Escritura de Propiedad del Inmueble (copia de contrato arrendamiento en caso de no ser el propietario).

***Si es persona jurídica.***

- Declaración jurada (última pág. del Formulario) deberá ser firmada por el titular (propietario) o el Representante Legal.
- Copia de acta de la Constitución de la empresa.

- Copia de escritura de propiedad del inmueble (o copia del contrato de arrendamiento en caso de no ser el propietario).

En ambos casos es necesario:

- Mapa de ubicación del proyecto o empresa.
- Plano de la construcción del proyecto.
- Plano de curvas de nivel y accidentes naturales.

Teniendo como requerimiento que sólo se recibirán los formularios ambientales que estén completos. Entendiéndose por completos:

- a) Aquellos que incluyan la información solicitada en los mismos.
- b) Estar suscrito y firmados en original por el titular (propietario), y sellados cuando se trate de personas jurídicas (empresas).
- c) Se acompañen los atestados o anexos correspondientes.

***CAPITULO VII***

***“CLAUSURA Y USO FINAL DEL  
RELLENO SANITARIO  
MANUAL”***

## 7.1 CLAUSURA Y POSTCLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO.

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.

Esta etapa comprende las acciones orientadas a conservar el relleno clausurado al final de su vida útil, en condiciones estables o similares a las que presentaba el área antes de su operación; esto implica conservación de la cobertura final, funcionamiento adecuado de los sistemas de drenaje de gases y lixiviados y funcionamiento adecuado de los sistemas de tratamiento.

Las causas que pueden alterar la estabilidad del relleno clausurado con material de cobertura final son principalmente: posibles afloramientos y escurrimientos de lixiviados, emanaciones de biogás y averías en el sistema de tratamiento del biogás ya que las estructuras de emanación están expuestas en el área. A estos les siguen algunas explosiones como consecuencia del aumento de presión en los bolsones de biogás retenido, obstrucciones de la red de lixiviados y averías en la estructura de tratamiento de lixiviados. Esto produce principalmente malos olores, emanaciones de biogás y presencia explícita de lixiviados. Estas relaciones de causalidad son, evidentemente, de

menor implicancia y riesgo ambiental que su correspondiente en la etapa de operación, pero de mayor trascendencia y riesgo que su correspondiente en la etapa de habilitación.

De todos los elementos que afectan al medio ambiente en esta fase, los lixiviados ofrecen los mayores riesgos y peligros para el medio ambiente y la salud de la población, seguido de los olores como consecuencia del biogás emanado. Las categorías que se verán más afectadas como consecuencia de la presencia de elementos potenciales son la salud pública, seguridad y la calidad del aire atmosférico, subsuelo y el paisaje.

Desafortunadamente en nuestro país no hay reglamentos y/o criterios que controlen los términos de clausura de un relleno.

Al final de la vida útil, el terreno tiene que ser recuperado y usado para los fines propuestos, en nuestro caso la propuesta es la de un campo deportivo y una zona de reforestación (ver plano N° 4). Es importante tener presente que se debe excluir 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 sanitario terminado.

Con el transcurso del tiempo, los desechos sólidos se descomponen (parte se transforma en gas, parte en líquido y la materia orgánica en humus), 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 (esto estará sujeto al grado de compactación alcanzado durante la vida útil del relleno sanitario). Como el asentamiento no es uniforme, se producen depresiones en la superficie del relleno, donde se acumula el agua en la época lluviosa, por lo tanto, se deberán de hacer nivelaciones al terreno para procurar tener buen drenaje.

Una vez concluida la vida útil del relleno sanitario, las municipalidades encargadas del proyecto deberán velar para que se le de el acabado final y el mantenimiento necesario, de tal manera que el terreno sea utilizado por la población tal y como fue especificado al inicio del proyecto (ver plano N° 4).

Si no se cumplen 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 mas lejanas de las

áreas urbanas y por consiguiente aumento en los costos de transporte de desechos sólidos.

### **7.1.2 CRITERIOS ESPECÍFICOS PARA EL CIERRE O CLAUSURA DEL RELLENO.**

Para el cierre del relleno sanitario se pueden tomar en cuenta los siguientes criterios:

- El sitio del relleno se recubrirá con capas de 0.60 metros de arcilla y se compactará, hasta alcanzar una densidad Proctor entre Dpr 90 y 95 %, luego se cubrirá con una capa vegetal de unos 0.40 m para sustentar una vegetación típica local, se establecerá una pendiente suave (2%) dentro del área de celdas, para evitar la infiltración del agua de lluvia y así disminuirá la producción de lixiviados que se seguirán produciendo por cierto periodo de tiempo.
- Proceder a instalar lo establecido y diseñado previamente en el plan de clausura (ver plano N° 4). La principal alternativa que se considera será: un campo deportivo y zona de reforestación.
- El monitoreo de gases y lixiviados denominándolos se realizará hasta que se asegure que no existe peligro de contaminación al medio ambiente y la salud de la población.
- Se establecerán espacios de áreas cercanas a las chimeneas y a la captación y tratamiento de lixiviados como áreas restringidas o áreas de peligro, las cuales

serán debidamente identificadas con rótulos visibles y cercadas para evitar cualquier accidente, aún cuando el sitio del proyecto sea usado con propósitos recreacionales.

- Hacer pública la clausura final del relleno sanitario por los medios de comunicación locales, anunciando que ya no se permitirá la disposición de desechos sólidos 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.

## 7.2 INFORMACION AL PÚBLICO.

Uno de los parámetros más importantes de la información al público, es en detalle los conocimientos que lo llevan a la educación sanitaria y ambiental, que se debe realizar al inicio y durante la vida útil del relleno sanitario, teniendo como objetivo desarrollar la conciencia de la población en todo lo relativo al cuidado y protección al medio ambiente, lo cual se materializa en actitudes y comportamiento que estimulan hacia la calidad de dicho medio, en cuya defensa deben actuar toda la población en la medida de sus posibilidades, lo que exige adquirir, conocimientos adecuados y espíritu crítico suficiente para actuar de modo positivo a la causa de la protección ambiental.

En general la actitud de la población en relación de la presentación del servicio indica que existe una frontera entre el deber de la población relacionada con la limpieza de su vivienda y la obligación de la alcaldía responsable de la recolección y la disposición de los desechos sólidos.

Poniendo de manifiesto que existe poca conciencia de los efectos negativos de la inadecuada gestión de los residuos sólidos, que se evidencia en la proliferación de focos de insalubridad, multiplicación de vectores y el deterioro de la salud de la población y la contaminación de fuentes de agua subterránea y superficiales por tal razón la alcaldía y la comunidad juegan un papel básico en la preservación de un ambiente limpio y sano.

Por tanto la meta de la información, comunicación y sensibilización es mejorar el manejo de los desechos sólidos municipales y reducir los daños al medio ambiente, es decir procurar:

- a) Fomentar la conciencia del valor de la calidad de vida.
- b) Mostrar a la población la amenaza del mal manejo de los desechos sólidos al bienestar del medio ambiente y como puede contribuir a mejorar su manejo.
- c) Alentar a la población a trabajar en el adecuado manejo de los desechos sólidos.
- d) Propiciar mediante la educación, ambientes saludables en las comunidades beneficiadas y los hogares.

### **7.2.1 PARTICIPACION DE LA CIUDADANIA ORGANIZADA.**

La participación ciudadana es un elemento indispensable para el manejo integral de los desechos sólidos, exigiendo para la participación una gran voluntad, junto a una alta dosis de recursos materiales.

Tomando una gran importancia en el proceso de educación y sensibilización sobre desechos sólidos, necesitará producir cambios en los hábitos de la población, partiendo desde el nivel de consumo hasta el manejo de la basura dentro y fuera de los hogares, formando así conciencia de los costos en un manejo correcto de los desechos, que se manifiesta en una disposición de pago por estos servicios.

En el caso de la educación tiene como objetivo desarrollar la conciencia de la población, un aspecto importante a resaltar, es la gestión de los desechos sólidos no deberá basarse únicamente en tal accionar institucional, si no que debe involucrar a la población, no sólo en la ejecución voluntaria de las tareas, si no que también en la toma de decisiones de la planificación, ejecución y control de la prestación del servicio.

Logrando lo antes mencionado por un lento proceso que conduce a la población a tomar 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.

Se deben proponer organizaciones que representen las inquietudes de la comunidad, siendo estas las moderadoras reconocidas entre la población y los organismos como las alcaldías y las Unidades de Salud, impulsando la creación e implementación de

diversos programas educativos por medio de campañas tanto a la población adulta en sus hogares, como a los niños en sus hogares y centros escolares, fortaleciendo así la educación en el campo del medio ambiente permitiendo que el problema de la basura sea solucionado en forma integral, dejando en claro que los beneficios son a largo plazo, pero con mayor impacto en el problema generado por los desechos Sólidos.

Para realizar campañas de Educación Ambiental se deben realizar los siguientes pasos:

- a. Realizar un diagnóstico rápido de los problemas ambientales del municipio.
- b. Definir si la campaña de Educación ambiental, es importante justificar y definir sus objetivos.
- c. Definir que temas se abordaron en la campaña (ejemplos; recorrido en el relleno sanitario, distribución de árboles para ayudar a la ecología, etc.).
- d. Definir los ámbitos de la educación que se abordaran (formal, no formal o informal)
- e. Invitar a las Organizaciones e Instituciones presente en el municipio, que deseen participar en la campaña de Educación Ambiental.
- f. Definir y Firmar una carta compromiso que defina cuales serán las organizaciones que participaran en la misma.
- g. Establecer un plan de Coordinación entre las organizaciones e Instituciones que participaran en la campaña.
- h. Establecer una matriz que efectúe los acuerdos y las actividades, en función de las organizaciones y representantes responsables de su cumplimiento.

- i. Establecer un plan mensual de seguimiento, para evaluar los avances y cumplimientos de las actividades para determinado periodo.

En el marco de una campaña de Educación Ambiental, es necesario definir guías que nos permitan facilitar la implementación de las distintas tareas a efectuar, las cuales son las siguientes:

**A- *Guía de Perifoneo.***

1. El marco del concepto para los textos del mensaje (ejemplo; promover la limpieza y reciclaje, promover todos los eventos orientados a mejorar el manejo de los desechos sólidos.)
2. Identificar la existencia de personas que posean sistema de perifoneo ambulante y estar al tanto del costo del mismo.
3. Definir un mensaje de texto alegre, popular y relacionado con el quehacer población – concepto.
4. Tiempo de duración del mensaje
5. Para las grabaciones contar con un lugar silencioso.
6. Para la grabación del mensaje en tiempo y forma, es necesario:
  - Dos grabadoras (una para música de fondo y la otra para grabar el mensaje)
  - Contratar dos personas con voz clara y agradable (Hombre y mujer).
  - Apoyarse con sonido de latas, pitos, grabaciones de zumbido musicales alegres, que suenan en la actualidad.

7. definir y fijar hora e itinerario de recorrido (ruta óptima)

8. realizar el perifoneo y si se tienen afiches colocarlos.

**B- Guía para la elaboración de afiches y mantas.**

1. El marco del concepto para los textos imágenes o lemas

2. Concurso de pintura y dibujos alusivos al concepto y texto a desarrollar.

3. Investigar sobre imágenes o lemas elaborados a nivel local y apoyarse en los mismos.

4. Definir el mensaje a transmitir y el texto que lo expresara.

5. Tamaños y posiciones de los afiches y mantas.

6. Tipografía existente y costo de la misma para elegir el método de construcción que se apegue a las necesidades.

7. Elaboración de los afiches y mantas

8. La búsqueda de sitios concurridos y estratégicos para la colocación.

**C- Guía para organizar un carnaval.**

1- El marco del concepto y objetivo de la realización del carnaval.

2- Guía o Guión de contenido a elaborar en conjunto con la alcaldía e Instituciones involucradas.

3- Realización de diferentes eventos como:

✓ Un recorrido al relleno sanitario manual.

✓ Payasos para niños con presentación visuales alusivos al ambiente.

✓ Presentación de acto de títeres.

✓ Presentación de danzas.



- ✓ Concurso de dibujo escolar a nivel de primaria.
- 4- Invitar a personas actores para los eventos y saber si es factible la realización de diferentes en el lugar (horas nocturnas).
- 5- Definir tiempo de duración del carnaval.
- 6- Fijar horas de presentación.
- 7- Fijar lugares públicos de alta concentración para el carnaval.
- 8- Elegir música apropiada para el evento y las diferentes actividades
- 9- Realizar el carnaval.

#### **7.2.2 CONSEJOS PARA LOS CIUDADANOS.**

- Si en la comunidad se tiene uno o varios botaderos de basura en su comunidad o colonia, se debe avisar cuanto antes a la alcaldía municipal para que el personal de la alcaldía llegue y clausure el botadero y coloque un rótulo prohibiendo que se siga botando desperdicio en el lugar.
- Impedir que se formen promontorios de desechos (basura) en la comunidad o colonia en que vive, avisando pronto a la alcaldía o unidades de salud, para frenar esta práctica y colocar un rótulo prohibiendo que se siga botando basura.
- Promover conversaciones entre vecinos para tener más beneficios en el recorrido de recolección de basura, proponiendo a la alcaldía los días y las horas en que se favorece la mayor recolección de basura.

- Si ha pasado un tiempo prudencial en que se denunció la existencia de botaderos a cielo abierto a Instituciones como la alcaldía y la unidad de Salud, no observando ningún resultado para solucionar el problema, se puede recurrir a la unidad de Medioambiente de la PNC, o a la fiscalía, teniendo estas Instituciones la posibilidad de poder darle solución al problema.
- Tratar de crear una conciencia entre vecinos y amigos sobre lo nocivo que es botar basura en lugares inapropiados. Dejando en claro que en la mayoría de los casos son creados basureros, por personas sin conciencia a las que se suman otras, poniendo en claro que es un problema de origen cultural.
- Si en su comunidad o colonia no se presta el servicio de recolección de basura, se debe formar una comisión para consultar a la alcaldía que días puede prestar el servicio y ponerse de acuerdo cual es la tarifa a pagar, junto a la frecuencia de pago que se debe hacer.
- Promover campañas para mantener limpia la ciudad, incentivando la instalación de contenedores para depositar basura, si se dificulta la entrega del desecho sólido a los camiones de recolección.
- Incentivar a la cultura ambiental promoviendo la colocación de basureros para facilitar la limpieza en parques y lugares públicos, ya que estas acciones contribuyen a la protección del medio ambiente.
- Crear conciencia en la juventud de los beneficios y ventajas que trae la práctica del reciclaje, la separación de los distintos tipos de basura así como la

implementación de la técnica de degradación natural en el que se obtiene un acondicionador natural para el suelo llamado compostaje.

- Promover en las colonias o comunidades, recipientes de distintos colores en los que se depositará cada tipo de basura como lo son aluminio, vidrio, etc.

***CAPITULO VIII***

***“CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES”***

## CONCLUSIONES.

- Es necesario, el cierre adecuado de todos los botaderos a cielo abierto que en la actualidad están siendo utilizados como sitios de disposición final por las municipalidades de Tejutla, El paraíso, La reina, Agua Caliente y San Francisco Morazán, ya que estos lugares están contaminado al medio ambiente debido a los productos de la descomposición de la basura(gases y lixiviados), Además que se generan focos de contaminación, donde se puede ver la proliferación de vectores que son transmisores de muchas enfermedades para el ser humano.
- Las alcaldías involucradas en el proyecto a excepción de Tejutla no cuentan con un sistema de aseo público, cuya recolección y disposición final es realizada por medios privados. la población no paga lo requerido por éstos y cuya disposición final es realizada por estas personas en cualquier lugar, generando contaminación al medio ambiente.
- La composición de los desechos sólidos en su mayor parte esta constituido por materia orgánica y en menores proporciones por plástico, cartón y caucho, esto debido al tipo de consumo de las diferentes poblaciones y al caserío el Coyolito que es un sector comercial (comedores, gasolineras, talleres) y todas las instituciones educativas del municipio de Tejutla, (producen papel y plástico),

la mayoría de los componentes de los desechos sólidos producidos son aptos para ser reciclados.

- El sitio seleccionado por las municipalidades para la realización del relleno sanitario manual, tiene una ubicación geográfica favorable, contando con una calle de tierra transitable todo el año, la cual se une con el municipio de Tejutla dando fácil acceso a la carretera troncal del norte y al municipio de El Paraíso. Facilitando el acceso a la carretera hacia Chalatenango, además posee la ventaja de tener una cercanía con los municipios involucrados en el proyecto. Todo esto es favorable al momento de transportar los desechos sólidos de los municipios al sitio de interés.
- La topografía del sitio de interés no es la más apta desde el punto de vista económico para la realización del relleno sanitario, ya que por lo accidentado del lugar se hace más difícil su adecuación, debido a que se tiene que realizar un fuerte movimiento de tierra (conformación de terrazas), lo que eleva los costos de inversión.
- Según los requerimientos de factibilidad establecidos por el reglamento sobre el manejo y disposición final de los desechos sólidos del MARN, el sitio de interés cumple con todos ellos, a excepción del coeficiente de permeabilidad que para el caso es muy bajo ( $1.0 \cdot 10^{-3}$  cm/seg), pero hay que aclarar que para la

obtención del mismo, se tomó una muestra que se analizó, proveniente de un pozo de aproximadamente 6 mt. de profundidad, cuya altura es más arriba que el nivel de desplante de la 1° terraza, además otro aspecto ha considerar es la profundidad del nivel freático que es de aproximadamente 90mt desde la parte más baja del sitio en estudio. Debido a todo lo anterior se puede decir que solo se necesita colocar una capa delgada de suelo arcilloso (50 cm.) para minimizar el efecto contaminante del líquido lixiviado.

- El trazado de las rutas de recolección propuestas, está orientado en un diseño preliminar aplicando el método (ondulado) que según la evaluación es la forma más favorable y efectiva de recolectar los desechos sólidos en los diferentes municipio. Cubriendo aproximadamente 100% de la población.
- La vida útil del relleno sanitario manual esta estipulado para aproximadamente 11.15 años, la cual se puede alargar al aplicar el método del reciclaje y llevar al relleno solo los desechos sólidos que no puedan ser reciclados o rehusados.
- Tener muy en cuenta que un relleno sanitario manual debe de tener un especial cuidado desde el inicio de su construcción, hasta el cierre y monitoreo después de haber concluido sus operaciones, ya que al no cumplir con las normas de manejo, operación y mantenimiento se convertiría con facilidad en un botadero

a cielo abierto, ocasionando problemas como cualquier otro botadero de la zona.

- La realización del relleno sanitario manual, en el municipio de Tejutla, que beneficiará a los municipios involucrados en el proyecto, tendrá impactos positivos en la salud pública de las poblaciones, reduciendo así el riesgo de enfermedades gastrointestinales y respiratorias, así como también al medio ambiente, si se maneja de la forma correcta.



## RECOMENDACIONES.

- Se recomienda la implementación del relleno sanitario manual, lo más pronto posible ya que con esta obra de Ingeniería Sanitaria se reducirán significativamente, los focos de contaminación generados por los botaderos clandestinos, así como los botaderos a cielo abierto que las municipalidades utilizan en la actualidad para la disposición final de sus desechos sólidos, reduciendo así la contaminación al medio ambiente y los efectos negativos a la salud de la población.
  
- Cuando las alcaldías apliquen el sistema de aseo público, éstas deberán contar con una ordenanza municipal, en lo referente a las tasas que se cobraran a los usuarios por el servicio de aseo público, la cual debe ser elaborada por el consejo municipal, teniendo presente que las tasas a cobrar deben ser evaluadas de forma tal, que no perjudiquen a la población.
  
- Se recomienda la realización de un estudio de suelos en el cual se debe tomar en cuenta el nivel de desplante de la terraza más baja (terraceza N° 1), para la obtención de la muestra del suelo a analizar, considerando que la clasificación del suelo que se realizo estaba arriba de ese nivel de desplante, por lo que puede cambiar el tipo de estrato y por ende el tipo de suelo.

- La implementación de recipientes de diferentes colores, los que se recomendarán a la población, que se coloquen para la separación de los desechos como lo son: materia orgánica e inorgánica, esta práctica se debe implementar e impulsar en lugares públicos, escuelas y negocios, para generar de este modo la práctica del reciclaje y rehúso.
  
- Impulsar y apoyar negocios que se dediquen a la compra y reutilización de materiales como el vidrio, plástico, hierro y aluminio.
  
- Se recomienda que se realice una compostera artesanal (se produce un 80.53% de materia orgánica), ya que esto reducirá el volumen de los desechos sólidos y por ende la vida útil del relleno sanitario. Además que el compost es un buen acondicionador de suelos.
  
- Se recomienda a las municipalidades involucradas en el proyecto busquen el financiamiento necesario para la ejecución del proyecto de ser posible, si no analizar otras alternativas de selección de sitio para la realización del relleno sanitario manual, esto debido a que en la propuesta realizada en este trabajo de graduación son bastante elevados sus costos de inversión, principalmente por la adecuación del lugar para su funcionamiento (terracería), esto se da más que todo por la topografía del lugar (bastante accidentado).

- Debemos hacer notar que las rutas de recolección propuestas en este documento son basadas en un método que ayuda y facilita tener una ruta básica, por lo que se recomienda partiendo de las mismas, observarlas y modificarlas a conveniencia, practicando el método de prueba y error, obteniendo así una ruta de recolección mucho mas efectiva y practica en el trabajo que se realiza.
  
- Elaborar campañas educativas para la población, a través de las cuales se enseñe a ésta, la forma adecuada de almacenamiento domiciliar de los desechos sólidos, trabajando en acción conjunta con las oficinas de Saneamiento Ambiental de la Unidad de Salud, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y con la Gerencia de Atención Integral en Salud Ambiental del mismo.
  
- Una vez finalizada la vida útil del relleno sanitario, se recomienda hacer la clausura y cierre del relleno sanitario y colocar un rótulo, con el nombre de la obra (“relleno sanitario manual”), parque o campo deportivo como uso final (tiempo en años), indicando que se construyo éste sobre un relleno sanitario.
  
- En la parte de mantenimiento y operación, el personal que realice la revisión de vehículos recolectores (públicos o privados) en el portón de acceso debe tener una capacitación adecuada para poder identificar con efectividad residuos peligrosos no permitidos en el relleno.

- Se debe cumplir con el manual de operación y mantenimiento propuesto para el relleno sanitario, para evitar que éste se transforme en un botadero a cielo abierto.

## BIBLIOGRAFIA.

- ECHEGOYEN BLANCO, BERNARDO VITELIO  
FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE RELLENO SANITARIO NO  
MECANIZADO PARA LA CIUDAD DE ILOBASCO.  
TESIS – UES  
CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE DE 1995
- BONILLA CHICAS, HUGO LEONEL  
RELLENO SANITARIO MANUAL, UN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD  
PARA EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO GOTERA,  
DEPARTAMENTO DE MORAZAN.  
TESIS – UES  
CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 2000
- JORGE JARAMILLO  
RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES  
GUIA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACIÓN DE  
RELLENOS SANITARIOS MANUALES.  
WASHINGTON D.C. ENERO DE 1997
- TCHOBANOGLOUS GEORGE  
GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, VOLUMEN I Y II  
MC. GRAW HILL

- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, EL SALVADOR.  
REGLAMENTO ESPECIAL SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.  
SAN SALVADOR 30 DE MAYO DEL 2000
- ING. EDOUARD JACOTIN, CONSULTOR  
CAPACITACION SOBRE MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.  
JUNIO 2003, OPS/OMS – MSPAS.
- MIGUEL BALLADARES A.  
RELLENOS SANITARIOS Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS LIQUIDOS DE MATADEROS MUNICIPALES.  
INSTITUTO NICARAGUENSE DE FOMENTO (INIFUM).
- PROGRAMA DEMUCA.  
RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE LA BASURA: UN SERVICIO PÚBLICO MUNICIPAL  
SEPTIEMBRE DE 1995.
- BRAJA M. DAS.  
FUNDAMENTOS DE INGENIERIA GEOTECNICA.  
EDITORIAL: THOMSON LEARNING.

# ***ANEXOS***

## ***ANEXO 1***



***BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL MUNICIPIO DE TEJUTLA.***



# ***ANEXO 2***

***BOTADEROS EN LOS MUNICIPIOS  
DE EL PARAISO Y LA REINA***



Botadero a la orilla de la carretera en el municipio de El Paraíso.



Botadero no autorizado en el municipio de El Paraíso.



Botadero no autorizado en el municipio de El Paraíso.

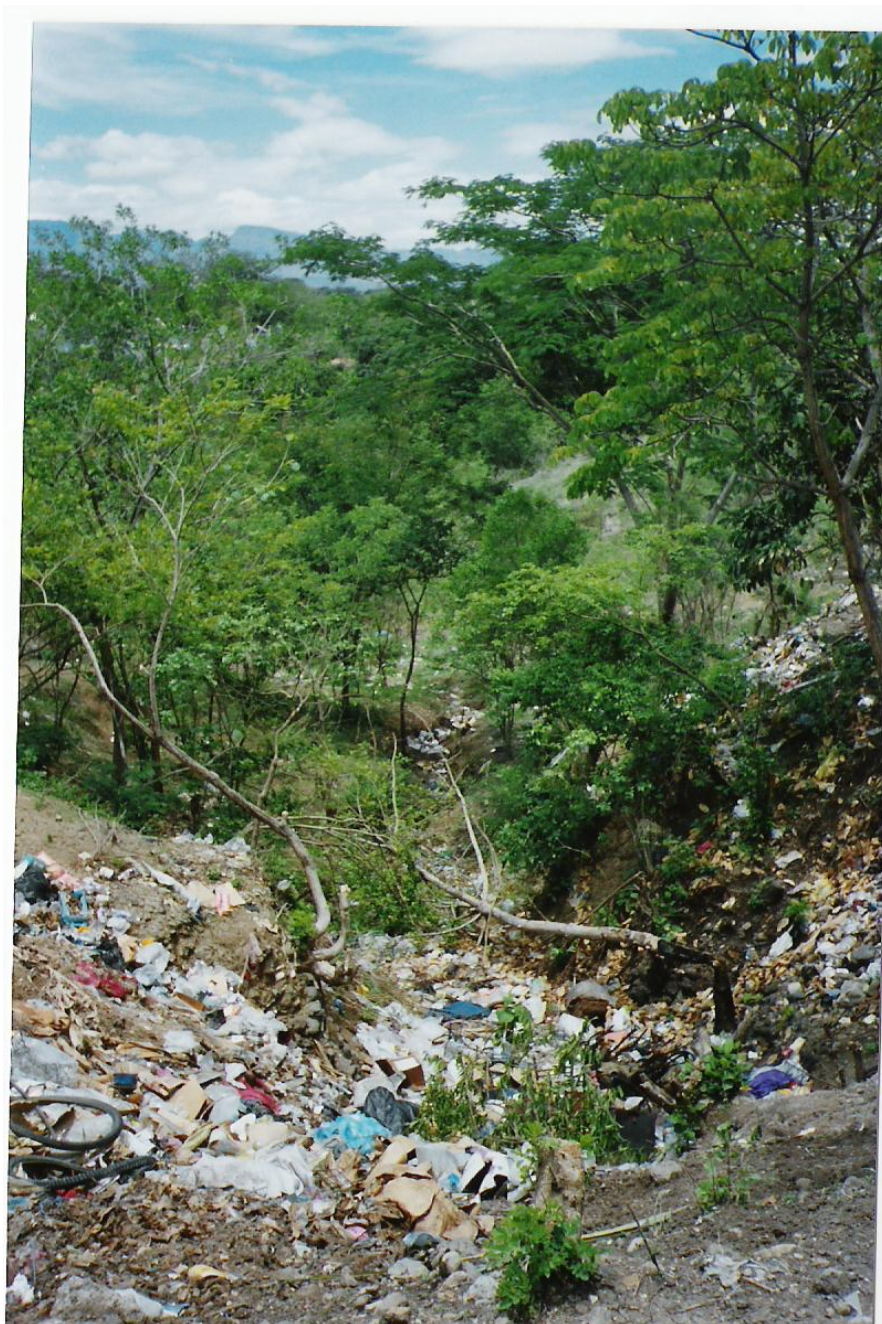


Botadero en predio baldío en el municipio de La Reina.



Botadero sobre quebrada en el municipio de La Reina.

## ***ANEXO 3***



***BOTADERO EN EL RIÓ LA QUEBRADA EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO MORAZÁN.***

## ***ANEXO 4***



***BOTADERO CLANDESTINO SOBRE LA CALLE QUE CONDUCE AL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO MORAZÁN.***

## ***ANEXO 5***



***BOTADERO NO AUTORIZADO SOBRE LA CALLE LA RONDA VALLE, SAN ANTONIO  
MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO MORAZÁN.***

# ***ANEXO 6***

***BOTADERO EN EL MUNICIPIO DE  
AGUA CALIENTE***



Botadero a cielo abierto en el municipio de Agua Caliente.



## ***ANEXO 7***



***ALMACENAMIENTO DE LA BASURA QUE RESULTA DEL BARRIDO DE CALLES.***

## ***ANEXO 8***



***ALMACENAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL CASERÍO EL COYOLITO.***

# ***ANEXO 9***

## ***DESCRIPCION TECNICA***

## **DESCRIPCIÓN TÉCNICA.**

Descripción técnica del inmueble denominado SIN NOMBRE propiedad de TOMAS MARTINEZ GOMEZ, ubicado en CASERIO CONACASTE CANTON LOS MARTINEZ, municipio de TEJUTLA, departamento de CHALATENANGO, con una extensión superficial de cero cuatro hectáreas cincuenta y dos áreas cero tres punto cincuenta y seis centiáreas equivalentes a cero seis manzanas cuatro mil seiscientos setenta y siete punto veinticinco varas cuadradas. El vértice Nor Poniente que es el punto de partida de esta descripción técnica tiene las siguientes coordenadas: NORTE trescientos treinta y seis mil seiscientos cuarenta y tres punto doscientos noventa ESTE cuatrocientos noventa mil cincuenta y uno punto doscientos diez. LINDERO NORTE partiendo del vértice Nor Poniente esta formado por dieciocho tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur ochenta y cuatro grados veintiséis minutos treinta y ocho segundos Este con una distancia de doce punto diecinueve metros; Tramo dos, Sur ochenta y un grados dieciocho minutos cero cuatro segundos Este con una distancia de diez punto doce metros; Tramo tres, Sur setenta y cuatro grados cuarenta y ocho minutos cuarenta segundos Este con una distancia de veinticinco punto ochenta metros; Tramo cuatro, Sur setenta y siete grados diecinueve minutos cincuenta y un segundos Este con una distancia de trece punto setenta y dos metros; Tramo cinco, Norte ochenta y seis grados veintidós minutos veintiocho segundos Este con una distancia de siete punto veintisiete metros; Tramo seis, Norte setenta y tres grados cincuenta y siete minutos cero seis segundos Este con una distancia de veinticinco punto noventa y siete metros; Tramo siete, Norte treinta y tres grados cero seis minutos dieciséis segundos Este con una distancia de ocho punto noventa y cinco metros; Tramo ocho, Norte cuarenta y un grados veinticuatro minutos cero ocho segundos Este con una distancia de doce punto noventa y seis metros; Tramo nueve, Norte cincuenta y un grados cincuenta y cinco minutos doce segundos Este con una distancia de once punto veintisiete metros; Tramo diez, Norte setenta y ocho grados cincuenta y cuatro minutos cincuenta y cuatro segundos Este con una distancia de veintitrés punto noventa y ocho metros; Tramo once, Norte ochenta grados treinta y siete minutos cero dos segundos Este con una distancia de catorce punto veintitrés metros; Tramo doce, Norte setenta y nueve grados treinta y un minutos treinta y nueve segundos Este con una distancia de quince punto veintinueve metros; Tramo trece, Norte ochenta grados veintisiete minutos cero tres segundos Este con una distancia de cincuenta y tres punto once metros; Tramo catorce, Norte setenta y un grados cincuenta y siete minutos cincuenta y siete segundos Este con una distancia de cinco punto ochenta y ocho metros; Tramo quince, Norte sesenta y seis grados veinte minutos cero un segundos Este con una distancia de siete punto cero ocho metros; Tramo dieciséis, Norte cincuenta y tres grados veintiún minutos cincuenta y siete segundos Este con una distancia de dos punto noventa y dos metros; Tramo diecisiete, Norte cincuenta y ocho grados cero siete minutos cero cero segundos Este con una distancia de catorce punto cuarenta y tres metros; Tramo dieciocho, Norte

cincuenta y ocho grados cero cinco minutos cero cuatro segundos Este con una distancia de treinta y seis punto cincuenta y cuatro metros; colindando con terrenos de NAPOLEON PEREZ PONCE, con cerco de púas. LINDERO ORIENTE partiendo del vértice Nor Oriente esta formado por quince tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Sur cincuenta y siete grados diez minutos cuarenta y ocho segundos Este con una distancia de diecinueve punto noventa y un metros; Tramo dos, Sur cincuenta y un grados treinta y cinco minutos cero nueve segundos Este con una distancia de once punto sesenta y cinco metros; Tramo tres, Sur sesenta y dos grados diecisiete minutos treinta y nueve segundos Este con una distancia de cuatro punto cero cuatro metros; Tramo cuatro, Sur cuarenta grados diecinueve minutos once segundos Este con una distancia de veintiuno punto cuarenta metros; Tramo cinco, Sur veintisiete grados diecinueve minutos cero cero segundos Este con una distancia de quince punto treinta y cuatro metros; Tramo seis, Norte sesenta y cuatro grados treinta y un minutos treinta segundos Este con una distancia de ocho punto cuarenta y seis metros; Tramo siete, Sur cuarenta y tres grados diecinueve minutos cuarenta y un segundos Este con una distancia de quince punto cero tres metros; Tramo ocho, Sur cuarenta y cinco grados veintiún minutos dieciocho segundos Este con una distancia de diecinueve punto cuarenta metros; Tramo nueve, Sur veintinueve grados diez minutos doce segundos Este con una distancia de nueve punto sesenta y cuatro metros; Tramo diez, Sur treinta y siete grados cuarenta y seis minutos cincuenta y dos segundos Este con una distancia de cuatro punto veintiocho metros; Tramo once, Sur veinte grados cincuenta y siete minutos treinta y siete segundos Este con una distancia de diecinueve punto setenta y cuatro metros; Tramo doce, Sur veintiún grados cincuenta y ocho minutos cero dos segundos Este con una distancia de doce punto ochenta y tres metros; Tramo trece, Sur cero seis grados veinticinco minutos diecisiete segundos Este con una distancia de ocho punto cincuenta y ocho metros; Tramo catorce, Sur treinta y tres grados veinticuatro minutos diecinueve segundos Este con una distancia de veinte punto sesenta y cinco metros; Tramo quince, Sur diecisiete grados treinta y ocho minutos diez segundos Este con una distancia de ocho punto ochenta y cinco metros; colindando con terrenos de ALTAGRACIA AZAHAR VIUDA DE MENDEZ, con calle de por medio de ancho variable que del municipio de Tejutla conduce al municipio de El Paraíso. LINDERO SUR partiendo del vértice Sur Oriente esta formado por veintitrés tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte setenta y nueve grados treinta y cuatro minutos treinta y un segundos Oeste con una distancia de cuatro punto setenta metros; Tramo dos, Sur setenta y ocho grados cincuenta y nueve minutos cincuenta y ocho segundos Oeste con una distancia de veintiuno punto cuarenta y tres metros; Tramo tres, Sur ochenta y un grados cero tres minutos cincuenta segundos Oeste con una distancia de dieciséis punto veintinueve metros; Tramo cuatro, Sur ochenta y cuatro grados trece minutos diecisiete segundos Oeste con una distancia de quince punto diez metros; Tramo cinco, Sur ochenta y nueve grados cero seis minutos cuarenta y siete segundos Oeste con una distancia de seis punto cuarenta y seis metros; Tramo seis, Sur ochenta y ocho grados treinta y ocho minutos cuarenta y nueve segundos Oeste con una distancia de dieciocho punto

sesenta y cuatro metros; Tramo siete, Sur ochenta y un grados cero tres minutos cuarenta y seis segundos Oeste con una distancia de veinte punto noventa y ocho metros; Tramo ocho, Sur ochenta grados dieciséis minutos treinta y cuatro segundos Oeste con una distancia de veinticinco punto cincuenta y ocho metros; Tramo nueve, Sur ochenta y tres grados trece minutos cuarenta segundos Oeste con una distancia de dieciséis punto once metros; Tramo diez, Sur ochenta y siete grados cero ocho minutos veinte segundos Oeste con una distancia de veintitrés punto cuarenta y cuatro metros; Tramo once, Sur ochenta y siete grados cero ocho minutos cuarenta y ocho segundos Oeste con una distancia de dieciocho punto sesenta y ocho metros; Tramo doce, Sur ochenta y seis grados cincuenta y seis minutos quince segundos Oeste con una distancia de diez punto veintinueve metros; Tramo trece, Sur ochenta y ocho grados cuarenta y ocho minutos cero tres segundos Oeste con una distancia de catorce punto ochenta y un metros; Tramo catorce, Sur setenta y ocho grados cero cinco minutos cero cinco segundos Oeste con una distancia de catorce punto cuarenta y ocho metros; Tramo quince, Sur ochenta y cinco grados treinta y ocho minutos treinta y dos segundos Oeste con una distancia de doce punto noventa metros; Tramo dieciséis, Sur sesenta y nueve grados treinta y ocho minutos treinta segundos Oeste con una distancia de seis punto setenta y ocho metros; Tramo diecisiete, Sur ochenta y siete grados veintidós minutos trece segundos Oeste con una distancia de veintitrés punto diez metros; Tramo dieciocho, Sur ochenta y seis grados veinticinco minutos cero cinco segundos Oeste con una distancia de doce punto ochenta y un metros; Tramo diecinueve, Sur ochenta y tres grados treinta y nueve minutos cincuenta y seis segundos Oeste con una distancia de once punto cero seis metros; Tramo veinte, Sur ochenta y seis grados veintisiete minutos diecisiete segundos Oeste con una distancia de veintiuno punto ochenta y tres metros; Tramo veintiuno, Sur ochenta y tres grados cincuenta y tres minutos treinta y nueve segundos Oeste con una distancia de veintinueve punto cuarenta y tres metros; Tramo veintidós, Sur ochenta y tres grados quince minutos cuarenta y nueve segundos Oeste con una distancia de doce punto sesenta y dos metros; Tramo veintitrés, Sur setenta y ocho grados cincuenta y cuatro minutos cincuenta y un segundos Oeste con una distancia de treinta y dos punto sesenta y un metros; colindando con terrenos de TRINIDAD PINEDA, con cerco de púas. LINDERO PONIENTE partiendo del vértice Sur Poniente esta formado por cinco tramos con los siguientes rumbos y distancias: Tramo uno, Norte cero cuatro grados cuarenta y tres minutos treinta y un segundos Oeste con una distancia de trece punto sesenta metros; Tramo dos, Norte cero seis grados veinticinco minutos veintisiete segundos Oeste con una distancia de dieciocho punto ochenta y seis metros; Tramo tres, Norte cero tres grados diecisiete minutos dieciocho segundos Oeste con una distancia de treinta y nueve punto cincuenta y ocho metros; Tramo cuatro, Norte cero dos grados cuarenta minutos doce segundos Oeste con una distancia de treinta y dos punto cuarenta y dos metros; Tramo cinco, Norte cero cero grados veintisiete minutos cuarenta y dos segundos Oeste con una distancia de trece punto sesenta y cinco metros; colindando con terrenos de RUBEN PEREZ PONCE, con cerco de púas. Así se llega al vértice Nor Poniente, que es donde se inició la descripción

***ANEXO 10***  
***PLANOS TOPOGRAFICOS***  
***DEL SITIO EN ESTUDIO***

***ANEXO 11***  
***REGLAMENTO ESPECIAL***  
***SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DE***  
***LOS DESECHOS SÓLIDOS.***



**DECRETO No. 42**

**EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR,**

**CONSIDERANDO:**

- I. Que el manejo y la disposición de los desechos sólidos constituyen uno de los principales objetivos ambientales nacionales, los que dañan la salud y causan problemas de contaminación, cuando no son confrontados con una política preventiva y global;
- II. Que de conformidad al Art. 69, inciso segundo de la Constitución es atribución del Órgano Ejecutivo controlar las condiciones ambientales que puedan afectar la salud y el bienestar de la población; por lo que el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en cumplimiento al Art. 52 de la Ley del Medio Ambiente promoverá la coordinación con las instituciones competentes y otros sectores involucrados en la elaboración del Reglamento para el Manejo Integral de Desechos Sólidos.

**POR TANTO,**

En uso de sus facultades constitucionales,

**DECRETA el siguiente:**

**REGLAMENTO ESPECIAL SOBRE EL MANEJO INTEGRAL  
DE LOS DESECHOS SÓLIDOS**

**TITULO I**

**DISPOSICIONES GENERALES**

**CAPITULO UNICO**

**DEL OBJETO, DEL ALCANCE Y DEL AMBITO DE APLICACION**

**Objeto y Alcance**

**Art. 1.-** El presente Reglamento tiene por objeto regular el manejo de los desechos sólidos. El alcance del mismo será el manejo de desechos sólidos de origen domiciliario, comercial, de servicios o institucional; sean procedentes de la limpieza de áreas públicas, o industriales similares a domiciliarios, y de los sólidos sanitarios que no sean peligrosos.

De aquí en adelante la Ley del Medio Ambiente será llamada La Ley y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Ministerio.

### **Ámbito de Aplicación**

**Art. 2.-** Las disposiciones del presente Reglamento se aplicarán en todo el territorio nacional y serán de observancia general y de cumplimiento obligatorio para toda persona natural o jurídica.

### **Glosario**

**Art. 3.-** Los conceptos y sus correspondientes definiciones empleados en este Reglamento, constituyen los términos claves para la interpretación del mismo, y se entenderán en el significado que a continuación se expresa, sin perjuicio de los conceptos empleados en la Ley, así los contenidos en los instrumentos internacionales sobre la materia.

- a. **Almacenamiento:** Acción de retener temporalmente desechos, mientras no sean entregados al servicio de recolección, para su posterior procesamiento, reutilización o disposición.
- b. **Aprovechamiento:** Todo proceso industrial y/o manual, cuyo objeto sea la recuperación o transformación de los recursos contenidos en los desechos.
- c. **Botadero de Desechos:** Es el sitio o vertedero, sin preparación previa, donde se depositan los desechos, en el que no existen técnicas de manejo adecuadas y en el que no se ejerce un control y representa riesgos para la salud humana y el medio ambiente.
- d. **Compostaje:** Proceso de manejo de desechos sólidos, por medio del cual los desechos orgánicos son biológicamente descompuestos, bajo condiciones controladas, hasta el punto en que el producto final puede ser manejado, embodegado y aplicado al suelo, sin que afecte negativamente el medio ambiente.
- e. **Contaminación por desechos sólidos:** La degradación de la calidad natural del medio ambiente, como resultado directo o indirecto de la presencia o la gestión y la disposición final inadecuadas de los desechos sólidos.
- f. **Contenedor:** Recipiente en el que se depositan los desechos sólidos para su almacenamiento temporal o para su transporte.
- g. **Desechos Sólidos:** Son aquellos materiales no peligrosos, que son descartados por la actividad del ser humano o generados por la naturaleza,

y que no teniendo una utilidad inmediata para su actual poseedor, se transforman en indeseables.

- h. **Disposición Final:** Es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos sólidos, según su naturaleza.
- i. **Estación de Transferencia:** Instalación permanente o provisional, de carácter intermedio, en la cual se reciben desechos sólidos de las unidades recolectoras de baja capacidad, y se transfieren, procesados o no, a unidades de mayor capacidad, para su acarreo hasta el sitio de disposición final.
- j. **Generador de desechos sólidos:** Toda persona, natural o jurídica, pública o privada, que como resultado de sus actividades, pueda crear o generar desechos sólidos.
- k. **Lixiviado:** Líquido que se ha filtrado o percolado, a través de los residuos sólidos u otros medios, y que ha extraído, disuelto o suspendido materiales a partir de ellos, pudiendo contener materiales potencialmente dañinos.
- l. **Gestión Integral:** Conjunto de operaciones y procesos encaminados a la reducción de la generación, segregación en la fuente y de todas las etapas de la gestión de los desechos, hasta su disposición final.
- m. **Relleno Sanitario:** Es el sitio que es proyectado, construido y operado mediante la aplicación de técnicas de ingeniería sanitaria y ambiental, en donde se depositan, esparcen, acomodan, compactan y cubren con tierra, diariamente los desechos sólidos, contando con drenaje de gases y líquidos percolados.
- n. **Relleno Sanitario Manual:** Es aquél en el que sólo se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas, así como para la excavación de zanjas, la extracción y el acarreo y distribución del material de cobertura. Todos los demás trabajos, tales como construcción de drenajes para lixiviados y chimeneas para gases, así como el proceso de acomodo, cobertura, compactación y otras obras conexas, pueden realizarse manualmente.
- o. **Relleno Sanitario Mecanizado:** Es aquél en que se requiere de equipo pesado que labore permanentemente en el sitio y de esta forma realizar todas las actividades señaladas en el relleno sanitario manual, así como de estrictos mecanismos de control y vigilancia de su funcionamiento.
- p. **Reciclaje:** Proceso que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea el mismo en que fue generado u otro diferente.
- q. **Recolección:** Acción de recoger y trasladar los desechos generados, al equipo destinado a transportarlos a las instalaciones de almacenamiento, transferencia, tratamiento, reúso o a los sitios de disposición final.
- r. **Recolección Selectiva:** Acción de clasificar, segregar y presentar segregadamente para su posterior utilización.
- s. **Reutilización:** Capacidad de un producto o envase para ser usado en más de una ocasión, de la misma forma y para el mismo propósito para el cual fue fabricado.
- t. **Reducción en la Generación:** Reducir o minimizar la cantidad o el tipo de residuos generados que deberán ser evacuados. Esta reducción evita la formación de residuos, mediante la fabricación, diseño, adquisición o bien modificación de los hábitos de consumo, peso y generación de residuos.

- u. **Segregación en la Fuente:** Segregación de diversos materiales específicos del flujo de residuos en el punto de generación. Esta separación facilita el reciclaje.
- v. **Tara:** Peso neto de un vehículo de transporte.
- w. **Tratamiento o Procesamiento:** Es la modificación de las características físicas, químicas o biológicas de los desechos sólidos, con el objeto de reducir su nocividad, controlar su agresividad ambiental y facilitar su gestión.

## **TITULO II**

### **DEL MARCO GENERAL**

#### **CAPITULO UNICO**

#### **DE LAS RESPONSABILIDADES Y ATRIBUCIONES**

#### **Responsabilidades del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales**

**Art. 4.-** Serán responsabilidades del Ministerio:

- a. Determinar los criterios de selección para los sitios de estaciones de transferencias, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos;
- b. Emitir el permiso ambiental de acuerdo a lo establecido en la Ley para todo plan, programa, obra o proyecto de manejo de desechos sólidos.

## **TITULO III**

### **DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES**

#### **CAPITULO I**

#### **DEL ALMACENAMIENTO**

#### **Especificación de almacenamiento temporal**

**Art. 5.-** En aquellos casos en que se establezcan sitios de almacenamiento colectivo temporal de desechos sólidos en las edificaciones habitables, deberán cumplir, en su grado mínimo, con las siguientes especificaciones:

- a. Los sistemas de almacenamiento temporal deberán permitir su fácil limpieza y acceso;
- b. Los sistemas de ventilación, suministro de agua, drenaje y de control de incendios, serán los adecuados;
- c. El diseño deberá contemplar la restricción al acceso de personas no autorizadas y de animales; y
- d. Los sitios serán diseñados para facilitar la separación y la recuperación de materiales con potencial reciclable.

### **Disposiciones relativas a los Contenedores**

**Art. 6.-** Los contenedores para el almacenamiento temporal de desechos

Sólidos, deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- a. Estar adecuadamente ubicados y cubiertos;
- b. Tener adecuada capacidad para almacenar el volumen de desechos sólidos generados;
- c. Estar contruidos con materiales impermeables y con la resistencia necesaria para el uso al que están destinados;
- d. Tener un adecuado mantenimiento; y
- e. Tener la identificación relativa al uso y tipos de desechos.

## **CAPITULO II**

### **DE LA RECOLECCION Y TRANSPORTE**

#### **Rutas, horarios y frecuencias de recolección**

**Art. 7.-** La determinación de las rutas, de los horarios y las frecuencias del servicio de recolección de desechos sólidos y planes de contingencia establecidos por los titulares, se realizará con sujeción estricta de los aspectos ambientales vigentes.

#### **Equipos de Recolección y Transporte**

**Art. 8.-** El equipo de recolección y transporte de desechos sólidos deberá ser apropiado al medio y a la actividad. Dicho equipo deberá estar debidamente identificado y encontrarse en condiciones adecuadas de funcionamiento, y llevará inscrito en lugar visible y con material indeleble la magnitud de la tara. Los equipos deben ir debidamente cubiertos para evitar la dispersión de los desechos.

#### **Transporte de desechos sólidos**

**Art. 9.-** Los equipos de transporte pesado de desechos sólidos, desde la estación de transferencia, si la hubiere, hacia el sitio de disposición final, deberán estar debidamente identificados. En su recorrido, se respetará una ruta única y previamente establecida, la que no será alterada sin previa autorización.

### **CAPITULO III**

#### **DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA**

##### **Estaciones de Transferencia Fijas**

**Art. 10.-** De acuerdo con el Art. 21, letra d), de la Ley, las estaciones de transferencia requerirán del Permiso Ambiental respectivo, otorgado por el Ministerio y deberán considerarse, sin limitarse a ello, los siguientes aspectos:

- a. Volumen de desechos sólidos, que requiere almacenamiento temporal;
- b. Localización o ubicación, especialmente por la cercanía con áreas residenciales;
- c. Orientación de los vientos predominantes; y
- d. Tiempo de almacenamiento de los desechos.

### **CAPITULO IV**

#### **DEL TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO**

##### **Tratamiento de desechos sólidos**

**Art. 11.-** La utilización del Sistema de Tratamientos de Desechos Sólidos en el país dependerá fundamentalmente de la naturaleza y la composición de los desechos.

Para los efectos del presente Reglamento, se identifican los siguientes Sistemas de Tratamiento:

- a. Compostaje;
- b. Recuperación, que incluye la reutilización y el reciclaje; y
- c. Aquéllos específicos que prevengan y reduzcan el deterioro ambiental y que faciliten el manejo integral de los desechos.

Para la aplicación de estos Sistemas de Tratamientos se requerirá la obtención del permiso ambiental.

**CAPITULO V**  
**DE LA DISPOSICION FINAL**

**Del Relleno Sanitario**

**Art. 12.-** Para los efectos del presente Reglamento, se adopta el relleno sanitario como un método de disposición final de desechos sólidos aceptable, sin descartar la utilización de otras tecnologías ambientalmente apropiadas.

**Uso de terrenos utilizados como sitio de disposición final**

**Art. 13.-** La ubicación de terrenos utilizados como sitios de disposición final deberán cumplir con los criterios establecidos en el anexo de este reglamento.

**CAPITULO VI**  
**DE LOS RELLENOS SANITARIOS**

**Clasificación de los Rellenos Sanitarios**

**Art. 14.-** Por su forma de operación, los rellenos sanitarios se clasifican en tres tipos:

- a. Relleno Sanitario Manual;
- b. Relleno Sanitario Mecanizado; y
- c. Relleno Sanitario Combinado o Mixto.

**Relleno Sanitario Manual**

**Art. 15.-** El relleno sanitario manual se utilizará preferentemente como método de disposición final de los desechos sólidos ordinarios de poblaciones urbanas y rurales, para aquellas localidades que generen menos de 20 toneladas diarias de desechos.

**Relleno Sanitario Mecanizado**

**Art. 16.-** El relleno sanitario mecanizado se utilizará preferentemente como método de disposición final de los desechos sólidos ordinarios de poblaciones urbanas, en las que se generen más de 40 toneladas diarias de desechos. Dicho relleno sanitario podrá utilizarse como tipo de disposición final para varias localidades.

## **Relleno Sanitario Combinado o Mixto**

**Art. 17.-** En aquellas poblaciones urbanas y rurales, en las que se generen de 20 a 40 toneladas diarias de desechos sólidos ordinarios, podrá usarse preferentemente cualesquiera de los dos tipos de relleno sanitario, o una combinación de ambos, según lo requieran las condiciones financieras y ambientales de cada caso.

## **Seguridad**

**Art. 18.-** La operación de los sitios de disposición final se sujetará a lo establecido en el Reglamento General sobre Seguridad e Higiene de los Centros de Trabajo.

## **Criterios Mínimos**

**Art. 19.-** Los criterios técnicos mínimos para el manejo de rellenos y proyectos de compostaje sanitarios, están contenidos en el Anexo del presente Reglamento.

## **TITULO IV**

### **DE LA VIGILANCIA**

#### **Inspecciones**

**Art. 20.-** De acuerdo al Art. 86 de la Ley, el Ministerio podrá realizar las inspecciones que considere pertinentes.

#### **Informe**

**Art. 21.-** El titular del proyecto de relleno sanitario presentará anualmente al Ministerio informes de operación de aquél, los cuales incluirán como mínimo la siguiente información:

- a. Promedio diario, semanal y mensual de ingreso de desechos sólidos, expresado en toneladas métricas;
- b. Registro de ingreso de vehículos de transporte de desechos sólidos, clasificándolos según su origen, peso y tipo de desechos; y
- c. Análisis de laboratorios, oficialmente acreditados, practicados a costo del titular, al afluyente del sistema de tratamiento de lixiviados. Este análisis



incluirá, como mínimo, los parámetros siguientes DBO, DQO, pH, Sólidos Totales, Cr, Pb, Hg, Ni.

## **TITULO V**

### **DE LAS INFRACCIONES Y SANCIONES**

#### **De las sanciones**

**Art.- 22.-** Las contravenciones a las disposiciones del presente Reglamento, serán sancionadas de conformidad con el régimen establecido en la Ley.

## **TITULO VI**

### **DE LAS DISPOSICIONES FINALES**

#### **Observancias de normas técnicas**

**Art. 23.-** Los parámetros, tales como la generación per cápita, el peso volumétrico y las composiciones física, química y biológica y cualquier otra que se consideren, deberán ser obtenidos según las normas oficiales obligatorias de determinación de parámetros de desechos sólidos. Estos parámetros se diferencian de otras normas referidas en el presente Reglamento, las que serán desarrolladas en coordinación con Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

**Art. 24.-** Al entrar en vigencia el presente reglamento queda sin efecto el Acuerdo Ministerial Número 22 de fecha 6 de octubre de 1999 que contiene los lineamientos técnicos transitorios.

#### **Vigencia**

**Art. 25.-** El presente Decreto entrará en vigencia ocho días después de su publicación en el Diario Oficial.

**DADO EN CASA PRESIDENCIAL:** San Salvador, a los treinta y un días del mes de mayo del año dos mil.

**FRANCISCO GUILLERMO FLORES PEREZ**

**Presidente de la República**

**ANA MARIA MAJANO**

**Ministra de Medio Ambiente**

**Y Recursos Naturales**

**ANEXO**

**CRITERIOS TECNICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PROYECTOS DE**

**COMPOSTAJE Y PARA EL MANEJO DE RELLENOS SANITARIOS**

**Criterios Mínimos para establecimiento de un proyecto de compostaje**

Para el establecimiento de Proyectos de Compostaje se deberán respetar los criterios siguientes:

- a) Proporción Carbono:Nitrogeno de 25:1 – 35:1;
  - a. Temperatura de 40-50 °C;
  - b. Humedad entre el 40 o 50%;
  - c. Preferiblemente incorporar materiales en el rango de 1 a 4 centímetros de diámetro.

**Características de las Áreas destinadas para Relleno Sanitario**

Las áreas que se destinen para relleno sanitario deberán presentar, como mínimo, las características siguientes:

- a. Estar ubicadas a una distancia que garantice que las zonas de recarga de acuíferos o de fuentes de abastecimiento de agua potable, estén libres de contaminación. Esta distancia será fijada dentro de las normas técnicas nacionales;
- b. Que el suelo reúna características de impermeabilidad, aceptándose un coeficiente máximo permisible de infiltración 10. -7 cm/s; que posea características adecuadas de remoción de contaminantes; y que la profundidad del nivel de las aguas subterráneas garantice la conservación de los acuíferos existentes en la zona. En caso de que se carezca de este tipo de suelos, se podrá trabajar con un mayor espesor de la capa, para lograr el mismo nivel de impermeabilidad;
- c. Contar con suficiente material terreo para la cobertura diaria de los desechos sólidos depositados durante la vida útil;
- d. Estar ubicado a una distancia no perjudicial para las zonas de inundación, pantanos, marismas, cuerpos de agua y zonas de drenaje natural;
- e. Estar ubicado a una distancia de 500 metros de los núcleos poblacionales y con un fácil acceso por carretera o camino transitable en cualquier época del año;
- f. Estar ubicado fuera de las áreas naturales protegidas o de los ecosistemas frágiles, así como de las servidumbres de paso de acueductos, canales de riego, alcantarillados y líneas de conducción de energía eléctrica; y
- g. Estar ubicado a una distancia mínima de 60 metros de fallas que hayan tenido desplazamientos recientes.

### **Requisitos técnicos para el Relleno Sanitario**

Para el establecimiento y funcionamiento de un relleno sanitario, independientemente de su tipo y tamaño, este deberá cumplir, como mínimo, con los siguientes requisitos técnicos:

- a. Que exista garantía de estabilidad del terreno y del relleno contra deslizamientos;
- b. Que existan vías internas de acceso, balastadas o pavimentadas, transitables en cualquier época del año, con rótulo de información;
- c. Que exista un cercado periférico, que limite el terreno e impida el ingreso de personas y animales, ajenos al relleno, con portón y entrada restringidos;
- d. Que haya preparación del terreno, con una base impermeable, con pendiente hacia las líneas de drenaje;
- e. Que existan canales periféricos para las aguas pluviales;
- f. Que exista drenaje para los lixiviados y chimeneas, para los gases y los humos;
- g. Que haya instalaciones para captar y tratar o recircular los lixiviados;
- h. Que exista una caseta, bodega, servicios sanitarios y otra infraestructura básica;
- i. Que exista personal suficiente, con capacitación adecuada y supervisión calificada;
- j. Que exista cobertura diaria de los desechos con materia inerte, con un espesor mínimo de 15 cms;

- k. Que haya cobertura final del relleno, con una capa de material de cobertura de 60 cms. de espesor, con una capa adicional de 20 cms. de espesor, capaz de sostener vegetación, y con la suficiente inclinación para impedir el ingreso de aguas pluviales al relleno sanitario;
- l. Que exista un diseño de las diferentes fases de los períodos de explotación del sitio de relleno; y
- m. Que exista un diseño de la configuración final del sitio, con su tratamiento paisajístico.

### **Requisitos mínimos para el Relleno Sanitario Manual**

Para la existencia de un relleno sanitario manual, serán considerados los siguientes requisitos mínimos, adicionalmente a aquellos establecidos en el Artículo 35:

- a. Una vida útil superior a los cinco años;
- b. Un equipo mínimo para el movimiento y la compactación manual de los desechos, incluyendo un equipo de protección personal;
- c. La disposición de desechos en capas de 20 a 30 cms; y
- d. El diseño del relleno, el cual será parte de un proyecto integral de la gestión de desechos sólidos

### **Requisitos mínimos para Relleno Sanitario Mecanizado**

Para la existencia de un relleno sanitario mecanizado, serán considerados los siguientes requisitos mínimos, adicionalmente a aquellos establecidos en el Artículo 35 de este Reglamento:

- a. Una vida útil superior a los 10 años;
- b. Los taludes finales deberán tener una inclinación no mayor de 30%;
- c. Un área de ingreso con báscula, caseta de control y estacionamiento;
- d. Un área administrativa y otra de oficinas;
- e. Servicio de electricidad, agua y teléfono, en las áreas administrativa y de ingreso;
- f. Acondicionamiento del terreno, con una base de suelo impermeable, con un coeficiente de máximo permisible de infiltración no superior a los 10-7 cm/s, de un espesor mínimo de 50 cms. y compactación al 95%, y con pendiente mínima del 3%, hacia las líneas de los tubos de drenaje;
- g. Un sistema de drenaje para lixiviados, que cuente con aditamentos para su inspección y su mantenimiento, el que conducirá a estos líquidos hasta un sistema de tratamiento y disposición final, con o sin recirculación en el relleno;
- h. Un control de la calidad del agua subterránea, mediante la perforación de los pozos que sean necesarios, para detectar la posible presencia de contaminación por la operación del relleno;
- i. Minimización de la emisión de cualquier material volátil;
- j. Una supervisión calificada, de carácter permanente;
- k. Una disposición de los desechos, en capas de 60 cms. de espesor;

- l. Una compactación de cada capa, mediante un mínimo de cuatro pasadas con maquinaria de peso mínimo de 15 toneladas;
- m. Un sistema de emisión para gases, con aprovechamiento o evacuación permanente;
- n. Una asignación de personal que sea suficiente para el volumen de desechos que se dispondrá; y
- o. Un reglamento interno de operación.

***ANEXO12***  
***PLANOS DEL DISEÑO DE LAS***  
***RUTAS DE RECOLECCION.***

***ANEXO13***  
***PERFILES TOPOGRAFICOS***  
***DEL SITIO EN ESTUDIO.***

***ANEXO 14***  
***DATOS DE PRECIPITACION***  
***MAXIMA ANUAL.***





Servicio Nacional de Estudios Territoriales  
 Servicio Meteorológico  
 Centro de Información y Agrometeorología



### INTENSIDAD DE PRECIPITACION MAXIMA ANUAL (ABSOLUTA)

En mm/minuto para diferentes períodos.

ESTACION: CONCEPCION QUEZALTEPEQUE  
 LATITUD: 14° 06.5'  
 LONGITUD: 88° 57.4'  
 ELEVACION: 450 m.s.n.m.

INDICE: G-12

ANO	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360
1971	2.02	1.71	1.61	1.50	1.27	0.89	0.80	0.61	0.55	0.50	0.18	0.16	
1972	2.90	2.07	1.79	1.54	1.66	1.13	0.94	0.70	0.55	0.44	0.42	0.25	0.22
1973	2.52	2.48	2.85	2.22	1.72	1.42	1.13	0.85	0.70	0.58	0.53	0.36	0.25
1974	3.60	2.73	2.45	2.58	2.14	1.78	1.38	0.93	0.70	0.57	0.49	0.37	0.25
1975	3.02	2.85	2.40	2.14	1.82	1.44	1.22	0.84	0.64	0.52	0.44	0.34	0.24
1976	2.40	2.23	1.83	1.58	1.37	0.94	0.87	0.88	0.69	0.56	0.47	0.36	0.24
1977	3.92	2.94	2.60	2.37	1.70	1.16	0.87	0.58	0.47	0.35	0.30	0.23	0.22
1978	3.36	2.72	1.91	1.47	1.16	1.04	0.96	0.73	0.56	0.45	0.37	0.28	0.20
1979	4.70	3.00	2.33	2.10	1.55	1.08	0.88	0.60	0.56	0.32	0.27	0.22	0.11
1980	4.00	3.00	2.54	2.22	1.84	1.63	1.40	1.07	0.82	0.66	0.55	0.41	0.28
1981	2.90	2.18	1.98	1.64	1.43	1.05	0.84	0.57	0.40	0.32	0.28	0.20	0.14
1982	2.12	1.89	1.53	1.34	1.37	1.00	0.78	0.54	0.40	0.34	0.30	0.23	0.17
PROM.	3.12	2.48	2.15	1.89	1.59	1.21	1.01	0.74	0.59	0.47	0.38	0.28	0.21
DS.	0.82	0.45	0.43	0.42	0.28	0.29	0.22	0.17	0.13	0.12	0.12	0.08	0.05
MAX.	4.70	3.00	2.85	2.58	2.14	1.78	1.40	1.07	0.82	0.66	0.55	0.41	0.28
MIN.	2.02	1.71	1.53	1.34	1.16	0.89	0.78	0.54	0.40	0.32	0.18	0.16	0.11

***ANEXO 15***  
***FORMULARIO AMBIENTAL PARA***  
***EL MANEJO DE LOS DESECHOS***  
***SÓLIDOS.***

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
DIRECCION DE GESTION AMBIENTAL  
FORMULARIO AMBIENTAL No. \_\_\_\_\_ de

entrada: \_\_\_\_\_

MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS

No. de salida: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

No. de base de

datos \_\_\_\_\_

**A. INFORMACION GENERAL**

Información del titular(propietario), que propone la actividad, obra o proyecto, sea persona natural o jurídica, pública o privada (anexar para personas jurídicas, fotocopia de la personería de la empresa y de la representación legal en caso de personas jurídicas).

**I. DEL TITULAR (Indique si se trata de Alcaldía u Organización No Gubernamental)**  
**DATOS PERSONALES**

**1. NOMBRE DEL TITULAR**

(propietario): \_\_\_\_\_

**2. CÉDULA DE IDENTIDAD PERSONAL (No. CIP):**

\_\_\_\_\_

**3. DOMICILIO PRINCIPAL. Calle/Avenida:** \_\_\_\_\_ **Número:** \_\_\_\_\_

**Colonia/Cantón:** \_\_\_\_\_ **Mpio/Dpto:**

\_\_\_\_\_

**Tel:** \_\_\_\_\_ **Fax:** \_\_\_\_\_ **Correo Electrónico:** \_\_\_\_\_

**4. DIRECCION PARA NOTIFICACIÓN Y/O CITACIÓN:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**5. REPRESENTANTE LEGAL:** \_\_\_\_\_

**II. IDENTIFICACIÓN, UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD, OBRA O PROYECTO**

**1. NOMBRE DEL PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**2. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO. Deberá incluir mapa, croquis, indicando linderos y colindantes.**

**Calle/Avenida :** \_\_\_\_\_ **Colonia/Cantón:**

\_\_\_\_\_

**Municipio:** \_\_\_\_\_ **Departamento:**

\_\_\_\_\_

**Código Catastral del Predio:** \_\_\_\_\_ **No. Registro Catastral:**

\_\_\_\_\_

**3. ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN**

Se consideró o se están considerando alternativas de localización: [ ] Si No [ ]

Si la respuesta es afirmativa, indique las alternativas: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. FORMA PARTE DE UN: (Sólo aplica para el Sector Público) [ ] Plan [ ] Programa [ ] Proyecto aislado

Nombre del Plan/Programa: \_\_\_\_\_

Realizó Evaluación Ambiental Estratégica: [ ] Sí [ ] No

5. AMBITO DE ACCION: [ ] Urbano [ ] Rural

6.. NECESIDAD DE REUBICAR PERSONAS: [ ] Sí [ ] No [ ] Permanente [ ] Transitoria

[ ] menos de 50 personas [ ] 50 a 100 personas [ ] mas de 100 personas

### III. DE LAS CARACTERÍSTICAS ESPECIFICAS DE LA ACTIVIDAD, OBRA O PROYECTO

1. ESTADO DEL PROYECTO: [ ] Prefactibilidad [ ] Factibilidad Diseño Final [ ]

2. NATURALEZA DEL PROYECTO: [ ] Nuevo Ampliación [ ] Mejoramiento [ ]

3. ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN: Indíquelas: \_\_\_\_\_

4. ETAPAS DE FUNCIONAMIENTO: Indíquelas: \_\_\_\_\_

5. AREA: Total del terreno: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>. Ocupada por el proyecto: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

6. TIPOS DE PROYECTO: [ ] Compostera [ ] Centro de Acopio [ ] Centro de Reciclaje [ ] Relleno Sanitario [ ] Estación de Transferencia [ ] Transporte de Desechos

7. EN CASO DE: COMPOSTERA, CENTROS DE ACOPIO, O CENTRO DE RECICLAJE. Deberá presentar información específica (no contenida en el presente formulario ambiental).

8. EN CASO DE RELLENO SANITARIO se incluirán otras instalaciones como:  
[ ] Planta de tratamiento para lixiviados [ ] Celdas especiales Explique: \_\_\_\_\_  
[ ] Disposición de residuos médicos

9, EN CASO DE RELLENO SANITARIO: EI MATERIAL DE CUBRIMIENTO

Se encuentra en el sitio del relleno sanitario: [ ] Si [ ] No

En caso negativo indique la distancia al sitio: \_\_\_\_\_ kms

10. LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO INCLUYEN: [ ] Recolección [ ] Transporte [ ] Almacenamiento [ ] Otras Explique: \_\_\_\_\_

11. POBLACIÓN SERVIDA:

ACTUAL: \_\_\_\_\_ No de personas ESPERADA: \_\_\_\_\_ No. de personas

12. COBERTURA DEL SERVICIO:

ACTUAL: \_\_\_\_\_ Tm/semana ESPERADA: \_\_\_\_\_ Tm/semana

13. CAPACIDAD DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL: \_\_\_\_\_ Tm/semana

14. VIDA ÚTIL: \_\_\_\_\_ años

**IV. DE LA DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE LA ACTIVIDAD, OBRA O PROYECTO**

**1. DESCRIPCIÓN DEL RELIEVE Y PENDIENTES DEL TERRENO**

Plano a Ondulado  Alomado a Quebrado  Accidentado  Muy Accidentado

**2. COBERTURA VEGETAL PREDOMINANTE:**  Pasto  Matorral

Arbustivo

Bosque Ralo  Bosque Denso  Cultivo

**3. ACCESO AL PROYECTO:** Distancia en kilómetros desde la carretera más cercana.

Requiere apertura de camino:  Permanente  Temporal \_\_\_\_\_ kms

Por camino de tierra \_\_\_\_\_

kms  Por carretera asfaltada \_\_\_\_\_ kms

Por agua \_\_\_\_\_ kms  Otros. Especifique:  
\_\_\_\_\_ kms

**4. OTROS SERVICIOS A SER REQUERIDOS DURANTE LA EJECUCION DEL PROYECTO:**

Alumbrado público (m. lineales) \_\_\_\_\_  Alcantarillado pluvial (m. lineales) \_\_\_\_\_  Alcantarillado Sanitario (m. lineales) \_\_\_\_\_

Abastecimiento de agua \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>,l  Otros Especifique:  
\_\_\_\_\_

**5. GRUPO DE SUELOS Y CLASES DE SUELO.**

Indique: \_\_\_\_\_

**6. DESCRIPCION CLIMATICA.** Estación meteorológica más cercana al proyecto:

\_\_\_\_\_ Precipitación anual prom. (mm.) \_\_\_\_\_ Temperatura prom. anual (°C) \_\_\_\_\_

**7. EN EL AREA DEL PROYECTO SE ENCUENTRAN:**  Ríos  Manantial  Industrias

Areas Protegidas  Lugares turísticos  Zonas de recreo  Sitios valor cultural

Escuelas  Núcleos Residenciales

**8. EL AREA DEL PROYECTO SE ENCUENTRA EN UNA ZONA SUSCEPTIBLE A:**

Sismos  Inundaciones  Erosión  Hundimiento  Deslizamientos  Sedimentaciones

**V. ASPECTOS DE LOS MEDIOS FÍSICO, BIOLÓGICO, SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL QUE PODRIAN SER AFECTADOS POR LA EJECUCIÓN POR LA ACTIVIDAD, OBRA O PROYECTO.**

Marque con una X, los recursos a ser afectados en cada una de las etapas , señalando los componentes del medio socioeconómico.

ETAPAS	RECURSOS					CUANTIFICACIÓN m <sup>2</sup> , m <sup>3</sup> o kms
	SUELOS	AGUA	VEGETACIÓN	FAUNA	AIRE	
CONSTRUCCIÓN Preparación de sitio, apertura de celdas, otras instalaciones.						
OPERACIÓN Recepción, disposición final, tratamiento de lixiviados.						
CIERRE						

V.1 INDIQUE SI SE AFECTARÁN OTROS ASPECTOS DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO, MONUMENTOS HISTÓRICOS Y/O VALORES CULTURALES.

V.2 RECURSO HUMANO. Detallar el número de personas que serán requeridas en las etapas

Mano de obra	CONSTRUCCIÓN		OPERACIÓN		CIERRE
	Permanente	Temporal	Permanente	Temporal	Temporal

VI. IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN PRELIMINAR DE LOS IMPACTOS POTENCIALES CAUSADOS POR LA ACTIVIDAD, OBRA O PROYECTO. Indique los impactos generados por la ejecución de las diferentes actividades de ésta etapa,

IMPACTOS POTENCIALES	DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS	CANTIDAD (m <sup>3</sup> /semana)	SITIO DE DISPOSICION FINAL/ MEDIO RECEPTOR
SUELOS			
AGUAS			
VEGETACIÓN			
FAUNA			
AIRE			
MEDIO SOCIO ECONÓMICO			

V.4 POSIBLES ACCIDENTES Y RIESGOS

INDIQUE LOS POSIBLES ACCIDENTES Y RIESGOS QUE PUEDAN OCACIONARSE EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO (construcción, funcionamiento o cierre)


**VI. MARCO LEGAL APLICABLE (A nivel Nacional, Sectorial y Municipal)**


NOTA: En caso de existir en el marco legal (Nacional, Sectorial y Municipal), una norma que prohíba expresamente la ejecución de la actividad, obra o proyecto en el área propuesta, deberá ser evaluada.

**DECLARACION JURADA**

El suscrito \_\_\_\_\_ en calidad de titular del proyecto, doy fe de la veracidad de la información detallada en el presente documento, cumpliendo con los requisitos de ley exigidos, razón por la cual asumo la responsabilidad consecuente derivada de esta declaración, que tiene calidad de declaración jurada.

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Nombre del titular (propietario)

\_\_\_\_\_  
Firma del titular (propietario)

Nota: Si se requiere mayor espacio en alguno de los puntos, anexar hoja de acuerdo a formato. La presente no tiene validez sin nombres y firmas.

**SOLO PARA USO OFICIAL: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL**

- I. ANALISIS AMBIENTAL
- A. LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA EN EL FORMULARIO AMBIENTAL ES:
  - A.1 CANTIDAD DE INFORMACIÓN: [ ] COMPLETA [ ] INCOMPLETA
  - A.2 CALIDAD DE LA INFORMACIÓN: [ ] BUENA [ ] REGULAR [ ] INCOMPLETA
- B. RESULTADO DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA AL SITIO DE LA ACTIVIDAD, OBRA O PROYECTO

Se deberán indicar los posibles efectos generados por las actividades de cada etapa, así como las medidas ambientales previsibles para prevenirlos, atenuarlos, corregirlos o compensarlos.

ETAPAS	ACCIONES TÍPICAS	DESCRIPCIÓN / MÉTODO	EFFECTOS POTENCIALES (Positivos y Negativos)	MEDIDAS AMBIENTALES PREVISIBLES
Construcción (Incluye preparación del sitio)				
Operación				
Cierre				

**C. DICTÁMEN TÉCNICO**


FECHA: / /

TÉCNICO RESPONSABLE DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL