

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



**TRABAJO DE GRADO:
DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO PARA
EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL MUNICIPIO DE
APANECA, DEPARTAMENTO DE AHUACHAPAN.**

**DOCENTE DIRECTOR:
ING. MAX ADALBERTO HERNANDEZ RIVERA**

**PRESENTADO POR:
ARGUETA MENÉNDEZ, VINICIO ENRIQUE
PEÑA MARTINEZ, NORMAN ALBERTO
TOLEDO MOLINA, JOSÉ EVELIO**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL**

MAYO DE 2007

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA

DRA. MARIA ISABEL RODRIGUEZ

VICE-RECTOR ACADEMICO

ING. JOAQUIN ORLANDO MACHUCA GÓMEZ

VICE-RECTORA ADMINISTRATIVA

DRA. CARMEN ELIZABETH RODRIGUEZ DE RIVAS

SECRETARIA GENERAL

LICDA. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

FISCAL GENERAL

LICDO. PEDRO ROSALIO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DECANO

LICDO. JORGE MAURICIO RIVERA

VICE-DECANO

LICDO. MSE. ROBERTO GUTIERREZ AYALA

SECRETARIO

LICDO. VICTOR HUGO MERINO QUEZADA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ING. MAURICIO ERNESTO GARCÍA EGUIZABAL

DOCENTE DIRECTOR

ING. MAX ADALBERTO HERNANDEZ RIVERA

SANTA ANA, MAYO DE 2007

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

**ING. MAX ADALBERTO HERNANDEZ RIVERA
DOCENTE DIRECTOR**

AGRADECIMIENTOS GENERALES

A DIOS, EL CREADOR: porque con la sabiduría que nos brinda, nos permite tomar las mejores decisiones y así lograr cumplir nuestras metas.

A NUESTRA FAMILIA: porque sin su apoyo y confianza, hubiese sido difícil lograr terminar nuestra carrera.

A LOS DOCENTES: por compartir sus conocimientos en cada una de las asignaturas cursadas. En especial al Ingeniero Miguel Ángel Marroquín Guerrero por haber sido un excelente catedrático y amigo. Que en paz descanse.

A LA EMPRESA FC SA DE CV: por brindarnos su ayuda desinteresadamente en nuestro trabajo de grado, en el área de mecánica de suelos.

A NUESTROS AMIGOS: a todos y a cada uno de ellos, por brindarnos su apoyo y amistad, a lo largo de toda nuestra formación académica.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera nos dieron su apoyo en los momentos más difíciles. A todos ¡¡¡GRACIAS TOTALES!!!.

GRUPO DE TESIS

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, TODOPODEROSO: Porque con la sabiduría que nos ha dado y la confianza puesta en él, se logró llegar a la meta.

A MIS PADRES: Por que gracias al apoyo que día a día pusieron en mí, se lograron cumplir los objetivos propuestos en mi carrera.

A MI HERMANA: Por brindarme su apoyo y cariño incondicional, y poder contar con ella en cualquier momento y estar siempre conmigo.

A MI DEMÁS FAMILIA: Por que siempre han estado conmigo, sobre todo en los momentos más difíciles; ¡muchas gracias!

A LA UNIVERSIDAD: A nuestra querida Alma Mater, por brindarme la oportunidad de estudiar una carrera profesional y obtener una formación académica.

A MIS AMIGOS: A todos y cada uno de ellos, que de una u otra forma siempre han estado conmigo en los momentos buenos y malos. En especial a mis compañeros de tesis Norman Peña y José Toledo.

Y a todos aquellos, que de alguna manera me han ayudado o colaborado de mil formas a todo lo largo de mi formación académica, les doy las gracias.
A todos, ¡GRACIAS TOTALES!

Vinicio Enrique Argueta Menéndez.

AGRADECIMIENTOS

AL SUPREMO CREADOR DEL UNIVERSO: por permitirnos la vida, y darnos la oportunidad de lograr las metas que nos propongamos alcanzar; sabiendo que Él siempre esta con nosotros.

A MIS PADRES: por traerme a este mundo y apoyarme en todo momento, ya que sin su apoyo y confianza en mí hubiese sido muy difícil o imposible alcanzar este logro; gracias infinitas.

A MIS HERMANOS Y HERMANAS: por brindarme su apoyo y cariño incondicional, y poder contar con ellos en cualquier momento y estar siempre conmigo.

A LA DEMÁS FAMILIA: a todos ellos que siempre se acordaron de mí, y de cualquier manera ayudaron desinteresadamente a mi formación académica; muchas gracias.

A LA UNIVERSIDAD: a nuestra querida Alma Mater, por darme cobijo e instruirme en mi preparación académica para lograr ser un profesional.

A MIS AMIGOS: a todos y cada uno de ellos, que de una u otra forma siempre han estado conmigo en los momentos buenos y malos. Un agradecimiento especial a mi amigo Inmer Moya, por su apoyo y amistad en todo momento.

Y a todos aquellos, que de alguna manera me han ayudado o colaborado de mil formas a todo lo largo de mi formación académica, les doy las gracias.

A todos, ¡GRACIAS TOTALES!

Norman Alberto Peña Martínez.

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecer a la SANTISIMA TRINIDAD, DIOS PADRE, DIOS HIJO Y DIOS ESPIRITU SANTO, pues me han dado sabiduría, fuerza, valor y voluntad de seguir adelante para alcanzar mis metas y me han acompañado a lo largo de mi carrera. También a mi Madre Celestial La Virgen Maria, por su protección y cuidado.

Luego agradecer a mis padres, Juan Evelio Toledo y Ana Dolores de Toledo, que bien merecido se lo tienen, por sus noches de desvelo, sacrificio y por el apoyo moral que siempre me han brindado, haciendo con esto que la meta que ahora alcanzo haya sido menos difícil.

A mis hermanos darles las gracias por sus consejos y su acertada participación en mi carrera. Gracias Choton, Gracias Tavo.

También quiero agradecer a mi novia Ileana Maria Mata, por la motivación y el amor que me ha dado en esos momentos más duros de mi carrera, por su tiempo y comprensión y su apoyo.

A los docentes y maestros que han compartido con desinterés sus conocimientos a lo largo de mi vida de estudiante, les agradezco su tiempo y su abnegación a la tarea de enseñar, en especial al Ingeniero Miguel Ángel Marroquín, que de Dios goce, por su ejemplo de entrega y sacrificio al servicio de sus alumnos

Un agradecimiento especial a Norman Peña y Vinicio Argueta, mis compañeros de tesis y amigos, gracias amigos y sigan adelante, que Dios los bendiga. Y a todos mis demás amigos y compañeros que me han ayudado a lograr y alcanzar esta meta.

Y a todos aquellos, que de alguna manera me han ayudado o colaborado de mil formas a todo lo largo de mi formación académica, les doy las gracias.

A todos, ¡GRACIAS TOTALES!

José Evelio Toledo Molina.

INDICE GENERAL

DESCRIPCIÓN	PÁGINA
CAPITULO I	
GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 PLANTERAMINETO DEL PROBLEMA	11
1.4 OBJETIVOS	13
1.5 ALCANCES GLOBALES	14
1.6 JUSTIFICACIÓN	15
CAPITULO II	
DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE APANECA	17
2.1 GENERALIDADES	18
2.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE ASEO PÚBLICO	19
2.2.1 Zonas y Rutas de Recolección	22
2.2.2 Tratamiento y disposición final de los desechos sólidos	23
2.2.3 Tasa de cobro por el servicio de aseo	23

2.2.4 Costos Actuales de Operación y Mantenimiento del sistema de aseo Público	24
2.3 GENERACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE APANECA	26
2.3.1 Producción Per capita de los desechos sólidos	31
2.3.2 Peso Volumétrico de los desechos sólidos	33
2.3.3 Cobertura de Recolección	34
2.3.4 Índice de Eficiencia en el servicio de Recolección	35
CAPITULO III ESTUDIOS BÁSICOS	37
3.1. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO ...	38
3.1.1. Ubicación del proyecto	38
3.1.2. Clima	39
3.1.3. Geomorfología	40
3.1.4. Geología	40
3.1.5. Tipos de Suelos	41
3.1.5.1. Uso Actual y Potencial del Suelo	42
3.1.6. Hidrografía	44
3.2. TOPOGRAFIA DEL LUGAR	44
3.2.1. Planimetría y Altimetría	45
3.2.2. Descripción Técnica	45

3.3. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	48
3.4. ESTUDIO DE PERMEABILIDAD	50
3.4.1. Procedimiento de la prueba de permeabilidad	50
3.4.2. Análisis de Resultados	56
3.5. DIAGNOSTICO AMBIENTAL DEL LUGAR	57
3.5.1. Descripción de las actividades sujetas a Diagnostico	58
3.5.2. Descripción de los Aspectos Ambientales	59
CAPITULO IV	
DISENO Y PRESUPUESTO DEL RELLENO SANITARIO	
NO MECANIZADO	63
4.1. DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL	64
4.1.1. Cálculo del volumen necesario	69
4.1.1.1. Volumen de desechos sólidos	69
4.1.1.2. Volumen del Relleno Sanitario Manual	71
4.1.2. Cálculo del área requerida	72
4.1.3. Selección del método constructivo	76
4.1.4. Cálculo de la vida útil	81
4.1.5. Cálculo de la celda diaria	82
4.1.6. Cálculo de la mano de obra	86
4.1.7. Diseño de obras de drenaje	89
4.1.7.1. Aspectos básicos	89
4.1.7.2. Drenaje pluvial	98
4.1.7.3. Drenaje de lixiviados	100
4.1.7.4. Tratamiento de los líquidos lixiviados	105
4.1.7.5. Drenaje de gases	108

4.1.8. Diseño de obras complementarias	113
4.1.8.1. Cerco perimetral	113
4.1.8.2. Oficina administrativa	116
4.1.8.3. Instalaciones sanitarias	116
4.1.8.4. Vías de acceso interno	117
4.1.8.5. Rótulo de identificación	124
4.2. PRESUPUESTO	126
CAPITULO V	
OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, CLAUSURA	
Y USO FINAL DE LA OBRA	128
5.1 OPERACIÓN	129
5.1.1. Cierre del botadero a cielo abierto	130
5.1.2. Control de Operaciones	133
5.1.2.1. Personal necesario	134
5.1.2.2. Equipo y herramienta	135
5.1.3. Construcción y operación de la celda diaria	138
5.1.4. Vías de acceso	146
5.1.5. Operación en época de lluvia	147
5.1.6. Seguridad dentro del trabajo	148
5.2. MANTENIMIENTO	149
5.2.1. Supervisión	149
5.2.2. Vías de acceso	150
5.2.3. Materiales y herramientas	151
5.2.4. Control Ambiental	154
5.2.4.1. Control de vectores	154

5.2.4.2.	Materiales dispersos	155
5.2.4.3.	Control del polvo	155
5.2.4.4.	Control de malos olores	156
5.2.4.5.	Control de la erosión	156
5.2.4.6.	Control de incendios	157
5.2.4.7.	Control del Biogás	157
5.2.4.8.	Control de Lixiviados	158
5.2.5.	Mantenimiento del sistema de drenaje	159
5.3.	CLAUSURA Y USO FINAL DE LA OBRA	160
5.3.1.	Equipamiento e infraestructura	160
5.3.2.	Controles después del cierre	161
5.3.2.1.	Criterios para la clausura	161
5.3.2.2.	Monitoreo y control	163
5.3.3.	Uso posterior del terreno	164
5.3.3.1.	Arborización	166
5.4.	ANALISIS DE COSTOS	169
5.4.1.	Costos de Operación, Mantenimiento y Cierre.....	169
5.4.2.	Costos totales del proyecto	170
CAPITULO VI		
EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL		
DEL RELLENO SANITARIO		173
6.1	CRITERIOS DE EVALUACIÓN AMBIENTAL	174
6.2	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE	
	IMPACTOS AMBIENTALES175

6.3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ..	181
6.3.1 Medidas de Mitigación Ambiental.....	181
CONCLUSIONES	190
RECOMENDACIONES	192
BIBLIOGRAFIA	193
ANEXOS	

INDICE DE CUADROS

NUMERO	NOMBRE	PÁGINA
1.1	Crecimiento Poblacional de Apaneca	8
2.1	Tasas de Cobro Municipal	24
2.2	Ingreso que Deberían Percibirse por el Servicio de Aseo	25
2.3	Costos Directos del Servicio de Aseo Publico	25
2.4	Caracterización de los Desechos Sólidos del Municipio de Apaneca	29
2.5	Composición de los Desechos Sólidos del Municipio de Apaneca	30
2.6	Características de la Unidad Recolectora	33
2.7	Calculo del Peso Específico Promedio	34
3.1	Geomorfología de Apaneca	40
3.2	Clases de Suelos para Fines Agrícolas de la Ciudad de Apaneca	43
3.3	Valores Relativos de Permeabilidad	56
3.4	Permeabilidad "K" en cms/seg del Suelo en el Lugar de Estudio	57
4.1	Calculo del Volumen y Área Requerida	75
4.2	Capacidad y Material de Cobertura por Terraza	81
4.3	Calculo del Número de Trabajadores en el Relleno Sanitario	88
4.4	Ordenamiento de Precipitaciones Máximas Absolutas para periodo de 10 minutos	91
4.5	Datos de Contornos de las Curvas de Nivel de la Cuenca	94
4.6	Detalles de Acabados para Caseta	119
4.7a	Hoja de Presupuesto de Obras Preliminares	127

NUMERO	NOMBRE	PÁGINA
4.7b	Hoja de Presupuesto	128
5.1	Control de Ingreso de Desechos Sólidos	133
5.2	Recursos Técnicos y Humanos para las Actividades de Operación en el Relleno Sanitario de Apaneca	134
5.3	Uso de las Herramientas y el Equipo en el Relleno Sanitario	137
5.4	Construcción de la Capa Final	143
5.5	Suelos Ideales para la Construcción de la Cubierta Final	143
5.6	Control de Herramientas e Implementos de Trabajo	153
5.7	Arborización del Relleno Sanitario de Apaneca	168
5.8	Costos de Operación, Mantenimiento y Cierre	171
5.9	Resumen de Costos Totales para el Relleno Sanitario Manual del Municipio de Apaneca	172
6.1	Resumen de Medidas de Mitigación	188
6.2	Cronograma de monitoreo de los Impactos Generados a mitigar	189

INDICE DE FIGURAS

NUMERO	NOMBRE	PÁGINA
2.1	Estructura Organizativa de la Alcaldía Municipal de Apaneca, Departamento de Ahuachapan	21
3.1	Plano de Ubicación de Sondeos SPT	49
3.2	Plano de Ubicación de Pozos a Cielo Abierto	54
3.3	Sección Transversal de Pozo Terminado	55
4.1a	Perfiles de Configuración de Desplante para Terrazas 1 y 2 del Relleno Sanitario	78
4.1b	Perfiles de Configuración de Desplante para Terrazas 3, 4 y 5 del Relleno Sanitario	79
4.2	Propuesta de Terrazas para el Relleno Sanitario	80
4.3	Dimensiones de la Celda Diaria	86
4.4	Nomograma para el Calculo de la Intensidad de Diseño	93
4.5	Calculo del Coeficiente de Escorrentía	96
4.6	Elementos Geométricos de Sección en Estudio	98
4.7	Detalles de Canaletas Perimetral y Provisional	99
4.8	Detalles de Canaletas de Drenaje para Líquidos Lixiviados	100
4.9	Detalles de Agujeros de Tubería	105
4.10	Detalles de Lagunas para Líquidos Percolados	108
4.11	Detalles de Colocación de Chimeneas sobre Canales Internos	111
4.12	Propuesta de Programación, Avance de la Obra y Dimensiones de Terrazas	112
4.13	Detalles de Cerca Perimetral con Malla Ciclón	114
4.14	Detalles de Portón	115

NUMERO	NOMBRE	PÁGINA
4.15	Planta Arquitectónica de Caseta	118
4.16	Elevación de Sección A-A, de Caseta de Control	119
4.17	Planta de Fundaciones y Detalles Estructurales de Caseta de Control	120
4.18	Planta de Instalaciones Eléctricas, de Caseta de Control	121
4.19	Detalles de Letrina Abonera	122
4.20	Detalles de Vías de Acceso Internas	123
4.21	Detalles de Estructura de Madera para el Rotulo de Identificación del Proyecto	124
4.22	Modelo de Contenido del Rotulo para la Identificación del Proyecto	125
5.1	Propuesta del Cierre del Botadero	132
5.2	Herramientas de Uso Común en la Operación de Rellenos Sanitarios	136
5.3	Colocación Manual y Compactación de la Basura en Capas Horizontales e Inclinas	140
5.4	Compactación Manual de la Celda Diaria y Colocación de Planchas para Estabilizar el Vehiculo	141
5.5	Construcción de la Capa Final en un Relleno Manual	145
5.6	Plan de Arborización	167
5.7	Desviación del Viento por un Cerco Vivo	168

INDICE DE ANEXOS

NUMERO	NOMBRE
1	Ubicación Geográfica del Municipio de Apaneca
2	Ubicación del Botadero a Cielo Abierto o Lugar del Proyecto
3	Fotografías del Lugar
4	Escrituras de Propiedad del Terreno del Botadero de Apaneca
5	Plano de la Ruta de Recolección del Tren de Aseo del Municipio de Apaneca
6	Plano Topográfico
7	Altimetría del Terreno
8	Fotografías de la Ubicación en Campo de Sondeos SPT
9	Informe Sobre Estudio de Suelos
10	Procedimientos de Campo para la Preparación de Pozos a Cielo Abierto en la Prueba de Permeabilidad
11	Formato de Campo para Diagnostico Ambiental
12	Plano General del Diseño del Relleno Sanitario Manual del Municipio de Apaneca

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

Los residuos sólidos son productos de la relación del hombre con su medio, por lo que su mejor definición es: “Todo material descartado por la actividad humana, que no teniendo utilidad inmediata se transforma en indeseable”.

En El Salvador, el manejo de los residuos sólidos Municipales se ha caracterizado por la escasez de recursos económicos, la debilidad institucional, la falta de capacitación, desarrollo tecnológico y la falta de instrumentos que faciliten una adecuada gestión, y en muchos casos el aspecto político ha jugado un papel importante en dicho proceso.

Por lo anterior, el manejo de los residuos, en el contexto del servicio público de aseo, se ha dirigido en la mayoría de los casos, a la recolección y el transporte de residuos hacia sitios alejados de los centros urbanos, sin la adopción de medidas para la prevención y mitigación de los impactos ambientales y sanitarios en el sitio de disposición final.

En el presente documento se plantea la problemática del botadero a cielo abierto que se encuentra en el Municipio de Apaneca, dicho botadero es usado tanto por el Municipio de Apaneca como por el Municipio de Salcoatitan. Además, se justifica la necesidad de implementar un Relleno Sanitario para el botadero con el fin de lograr una mejor higiene ambiental y óptimos niveles de salud y bienestar para los habitantes y visitantes de la ciudad de Apaneca.

1.2 ANTECEDENTES

En El Salvador como en muchos países de Latinoamérica, el problema de la recolección y disposición final de los desechos sólidos, en décadas pasadas no era muy relevante debido a la falta de legislación en materia ambiental.

Un paso importante en el desarrollo del Manejo integral de los Desechos Sólidos, se da cuando las Micro empresas relacionadas a la recolección y manejo de desechos sólidos hacen su aparición formal en el ámbito nacional, con la concesión del servicio de recolección en la ciudad de San Miguel en el año de 1995, Municipio que transfirió los equipos a los empleados para que formaran microempresas y que atendieran las zonas de recolección.

Para el año de 1997 el Área Metropolitana de San Salvador liderada por San Salvador con un proyecto denominado Manejo Integral de Desechos Sólidos inicia un proceso de conversaciones con diferentes empresas, que mostraran su interés en invertir especialmente en la disposición final, proceso que se extendió hasta finales de 1997 culminando en la firma de un convenio con una empresa canadiense, finalmente como producto de dicho esfuerzo se conforma una empresa de sistema mixto denominada MIDES SEM de CV; en la cual existe capital privado en un 90% y capital municipal en un 10%. A quien se le encomienda en concesión por 20 años el tratamiento de desechos sólidos en su disposición final.

Para el año 1998, en un esfuerzo conjunto entre el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y la Organización Panamericana de la Salud, se elaboro el estudio “ Análisis Sectorial de los Desechos Sólidos“ en agosto de

1998, documento que en los últimos años ha sido la guía en materia de desechos sólidos y referencia obligada, Siendo este el primer esfuerzo a escala nacional de recopilación de información en el ámbito de país, no obstante en poco tiempo las inferencias hechas por los consultores se han ido desacreditando especialmente en los que se refiere a la propuesta de producción per cápita, debido a que las investigaciones de campo subsiguientes han ido demostrando que los datos de campo difieren significativamente de ésta, ya que la tabla de generación se basa fundamentalmente en la hipótesis de que a mayor población mayor producción per cápita, contrario a la hipótesis de que la producción per cápita es directamente proporcional al número de personas y a las condiciones socioeconómicas de la población. Sin embargo en cuanto a toda la información recopilada en dicho análisis sigue teniendo en su mayoría validades.

Para el año 1998 se aprueba la Ley de Medio Ambiente, en donde se definen plazos para el inicio de reconversión de las prácticas de disposición de desechos sólidos inadecuadas, a prácticas ambientalmente sustentables.

En 1999 el MARN, a través de la Universidad Don Bosco, y con financiamiento internacional llevaron adelante un estudio denominado PROSIGA, que también en uno de sus componentes investiga los desechos sólidos y trasciende a la evaluación de campo, con lo que se va forjando la metodología sugerida para investigación de campo, ya que toma un municipio pequeño “Nuevo Cuscatlán” como piloto, para aplicar las metodologías de obtención de información tal como caracterización, producción per cápita, que definen claramente una metodología práctica de aplicación y que posteriormente sugerirá el MARN sea usada para los estudios de análisis de desecho sólidos.

En 1999 se inaugura y entra en funcionamiento el Relleno Sanitario del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) denominado Relleno Sanitario de Nejapa, operado por la empresa MIDES SEM DE CV. En ese mismo marco los Municipios participantes abren espacios para que microempresas prioritariamente formadas por los ex-pepenadores, que trabajaban en el anterior sitio de disposición llamado Mariona, participen en barrido de calles o servicios de recolección, este último en aquellos lugares de difícil acceso para el sistema convencional tradicional, ampliando la cobertura especialmente en las comunidades denominadas zonas marginales o en vías de desarrollo.

En el 2000 se aprueba el Reglamento Especial sobre el Manejo Integral de los Desechos Sólidos, en el cual se define características que deben cumplir los servicios de desechos sólidos, tratando con más detalle la ubicación y operación de Rellenos Sanitarios, como característica principal define a los Rellenos que operen con menos de 20 toneladas en Rellenos Sanitarios Manuales, a los que operen entre 20 y 40 toneladas diarias Relleno Sanitario Combinado o mixto, y mayores de 40 toneladas Rellenos Sanitarios Mecanizados.

Para el año 2000, el Área Metropolitana de San Salvador con financiamiento de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón JICA. Realizó el Estudio denominado “Estudio sobre el Manejo Regional de Desechos Sólidos para el Área Metropolitana de San Salvador en la República de El Salvador” Estudio que como objetivo principal tuvo la de formular un Plan Maestro sobre el Manejo de desechos sólidos regional con meta al año 2010, para los 14 Municipios que conforman el Área metropolitana de San Salvador. Dicho estudio hoy por hoy es el más completo realizado en la materia. El Estudio contempla metas para alcanzar el bienestar público a través de las

siguientes estrategias: bienestar para los actores involucrados, mejoramiento de la salud pública; sostenibilidad, mejoramiento técnico para un manejo de desechos sólidos costeable, mejoramiento institucional / organizacional, planeación financiera, conservación ambiental y conservación de recursos.

El estudio de JICA reporta 48 microempresas participando en actividades principalmente de recolección de las cuales 9 están por concesión, 16 contratadas por las Municipalidades, 14 contrato directo con los usuarios y 9 con permiso y en coordinación con las Municipalidades. La administración de estas presenta diversas modalidades y una de las principales es la de cooperativas.

El MARN con fondos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), par finales del segundo semestre del 2000 elabora lo que se le conoce como mapa de vulnerabilidad para la instalación de Rellenos Sanitarios, el cual se construye con la superposición de todas las condiciones ambientales restrictivas para la instalación de Rellenos Sanitario, dicho estudio coadyuva lo estipulado en el Reglamento Especial sobre el Manejo Integral de los Desechos Sólidos, Publicado en el diario oficial tomo N° 347 del 1 de junio del 2000.

Para el año 2000 se abre el Relleno Sanitario Manual del Municipio de Pasaquina departamento de La Unión, su operación es Municipal, y el Relleno Sanitario Mecanizado del Municipio de Sonsonate, departamento de Sonsonate, este último da servicio de disposición a tres Municipios más y permite la operación por contrato de una empresa particular.

En el 2001 El MARN, realiza el primer Censo Nacional de Desechos Sólidos, el cual identifica las principales características de los 182 Municipios que prestan al menos servicio de recolección.

En este mismo año inicia operaciones el Relleno Sanitario Combinado de Usulután, departamento de Usulután, el cual presta servicio a cuatro Municipalidades, su operación esta concesionada a la empresa SOCINUS SEM de CV, en la cual las Municipalidades tienen el 99 % de las acciones y el 1% inversionistas privados, también inicia operaciones el Relleno Sanitario Manual de del Municipio de Corinto, departamento de Morazán, cuya operación es Municipal una característica especial es que cuenta con un patio de compostaje.

Para el año 2002 la Agencia de Cooperación Alemana GTZ, financio a COMURES que en un esfuerzo conjunto con el MARN realizaron un estudio que localiza 12 sitios potenciales para la instalación de Rellenos Sanitarios regionales, que cubran las cuatro regiones en que es dividido El Salvador por algunas instituciones (Occidental, Central, Paracentral y Oriental).

Durante el 2002, inician operaciones el Relleno Sanitario Manual de San Francisco Menéndez, departamento de Ahuachapán, cuya operación es Municipal; el Relleno Manual de Perquín, Departamento de Morazán también de operación Manual.

SITUACION EN APANECA:

Según registros obtenidos del Primer Censo de Población realizado en el año de 1930, el Municipio de Apaneca estaba constituido por 3765 habitantes, de éstos 1653 radicaban en el área urbana y 2112 en el área rural del Municipio, representando un 43.90% y 56.09% respectivamente de la población total.

De acuerdo a las estadísticas presentadas por el Ministerio de Economía a través de la Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC) en los documentos "Censos Nacionales, V de población y IV de Vivienda 1992" y "Proyección de la Población de El Salvador 1995 - 2025" publicado el 31 de diciembre de 1996, el Municipio de Apaneca, al finalizar el año 2000 estará constituida por 7750 habitantes, de los cuales 3501 vivirán en el área urbana y 4249 en el área rural del Municipio, representando un 45.17% y un 54.82% respectivamente del total de la población.

En resumen, desde 1930 al 2000, en cifras absolutas, la población ha crecido en el orden de los 3985 habitantes y dicho crecimiento durante el tiempo ha tenido la tendencia siguiente: de 1930 a 1950 se tuvo una tasa de crecimiento del 18.2%; de 1951 a 1961 fue de 18.6%; de 1962 a 1971 de 22.5%; de 1972 a 2001 fue de 6.4% (ver Cuadro 1.1).

CUADRO 1.1			
CRECIMIENTO POBLACIONAL DE APANECA			
AÑO	URBANA	RURAL	TOTAL
1930	1653	2112	3765
1950	1808	2793	4601
1961	2387	3265	5652
1971	2484	4814	7298
2001	3501	4249	7754
2006	4061	8225	12286

FUENTE: DIGESTYC 1992

Según los datos anteriores, es de esperar que para el año actual 2006 estas tasas de crecimiento se encuentren variando con una tendencia a

crecer, debido al crecimiento poblacional que experimenta nuestro país año con año según censos realizados.

El Municipio de Apaneca pertenece al departamento de Ahuachapan. Está limitado al Norte por el Municipio de Ahuachapan; al Este, por el Municipio de Juayúa, Salcoatitan y Santa Catarina (todos del departamento de Sonsonate); al Sur, por San Pedro Puxtla y al Oeste, por Concepción de Ataco. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes: 13° 53'29" Latitud Norte. (Extremo septentrional); y 13°48' 51" Latitud Norte, (extremo meridional); 89° 46'04" LWG. (Extremo oriental) y 89°49'51" LWG. (Extremo occidental), como se puede apreciar en el anexo 1. La extensión del Municipio es de 44.89 kilómetros cuadrados área rural y 0.24 kilómetros cuadrados área urbana. Riegan el Municipio, los ríos: Tequende y San Pedro Sihuapan. Lagunas: Verde y Las Ninfas.

Orográficamente el Municipio es atravesado de occidente a oriente, por la sierra Apaneca - Ilimatepec; siendo sus principales elevaciones los cerros laguna Verde, de Apaneca Las Ninfas, Himalaya, La Guerra, el Cerrito y la Cumbre del triunfo. El clima es fresco y agradable, pertenece al tipo de tierra templada y tierra fría. El monto pluvial anual oscila entre los 2200 y 2440mm.

Vegetación: La flora esta constituida por bosque muy húmedo subtropical y bosque muy húmedo montaña abajo. Las especies arbóreas más notables, son: pino, ciprés, cedro y madre cacao.

Vías de comunicación: la ciudad de Apaneca se une a través de la carretera de pavimento asfáltica (CA-8) con las ciudades de Ataco y Ahuachapan, al occidente, y con Salcoatitan, Juayúa y Sonsonate, al oriente, caminos vecinales enlazan cantones y caseríos a la cabecera Municipal.

La población actual urbana demanda mejorar el sistema de aseo de las vías públicas, recolección y disposición final de los desechos sólidos siendo estos domésticos, comerciales y agrícolas. La población que atiende al área turística esta creciendo aceleradamente por lo que se requiere por el bien de toda la población de Apaneca implementar programas de saneamiento ambiental a través de las acciones, medidas y obras afines al caso.

Existe hasta la fecha un camión recolector, el cual se encuentra en buen estado físico; dicho camión cuenta con su respectivo motorista y cuatro ayudantes o recolectores, y con una ruta definida para la recolección, transporte y disposición final a cielo abierto en la quebrada seca, cercana al camino vecinal que conduce a la laguna verde, como se puede apreciar en anexo 2. En dicho botadero se depositan dos camionadas de desechos diarias provenientes del Municipio de Apaneca, además tres días a la semana se deposita una camionada por día proveniente del Municipio de Salcoatitan; en el botadero se encuentran tres pepenadores los cuales seleccionan el material reciclable y lo comercializan. El tratamiento que se le da a los desechos actualmente consiste nada más en capas superpuestas, es decir, una de basura y una de tierra sin compactar ninguna de estas, y así sucesivamente.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se define como basura a los desperdicios que no tienen ningún valor sentimental o valor económico inmediato para las personas. Es un residuo sólido producto de la actividad de los seres humanos. La basura generalmente es arrojada o eliminada de una manera incorrecta en diferentes lugares de las comunidades, creando con el tiempo grandes promontorios. Su presencia y permanencia afectan considerablemente la calidad del agua, del suelo, del aire y del espacio, es decir, que deterioran en ambiente.

La basura contamina desde pequeños nacimientos de agua, manantiales de considerable tamaño, hasta lagos y ríos. También es el lugar apropiado para la presencia y crianza de moscas, cucarachas, ratones y zancudos, los cuales son transmisores de muchas enfermedades, por lo que de seguir así, la salud de las familias y de las comunidades se verán cada vez mas amenazadas.

La costumbre de disponer la basura directamente en el suelo tiene dos aspectos importantes:

- ✦ El sanitario: si se ubican cerca de fuentes de agua hay contaminación, lo cual es un problema de salud, además de que los vientos arrastran partículas y olores a los lugares poblados.
- ✦ El estético: se relaciona con el aspecto desagradable que presentan, deteriorando el paisaje.

En el Municipio de Apaneca, la producción diaria de basura por persona y el porcentaje de los residuos no biodegradables generados por

persona, se está incrementando debido a factores como el aumento de la población y la cultura de consumismo que existe. Esto indica que se debe trabajar en un mejoramiento de la calidad de vida de la población.

Además, el sistema de recolección del Municipio solo esta integrado por un camión recolector en buenas condiciones, el cual cuenta con el personal necesario, un motorista y cuatro ayudantes, para su operación. La disposición final de los desechos recolectados por el camión se realiza en el botadero a cielo abierto, el cual se encuentra a un lado del camino vecinal que conduce a la laguna verde y a un costado existe una quebrada seca, como se puede apreciar en el anexo 2.

En el invierno la quebrada seca que existe en el lugar, presenta un flujo de agua que arrastra materiales aguas abajo, contaminando zonas que se encuentran en su trayectoria.

Lo anterior implica necesariamente realizar un estudio previo, el cual contenga los lineamientos requeridos para la construcción de Rellenos Sanitarios nuevos adecuadamente localizados, diseñados, construidos y operados, y el cierre y saneamiento de los botaderos a cielo abierto existentes, o su adecuación o transición a Relleno Sanitario técnicamente manejado, cuando las condiciones lo permitan, especialmente en lo que se refiere a su localización respecto de los recursos naturales sanitaria y ambientalmente sensibles y a la densidad poblacional de su área de influencia.

1.4 OBJETIVOS

General:

- ⊕ Contribuir a mejorar la salud de los pobladores del Municipio de Apaneca, a través del desarrollo de un documento técnico que contenga la metodología para la transición del botadero a cielo abierto existente, a un Relleno Sanitario.

Específicos:

- ⊕ Recopilar datos estadísticos anteriores y actuales de generación de desechos sólidos en el Municipio.
- ⊕ Elaborar un Diagnostico del sistema actual de aseo público de la ciudad.
- ⊕ Elaborar la alternativa que contribuya a la solución del problema, según lineamientos del Ministerio del Medio Ambiente.
- ⊕ Establecer un programa de seguimiento y monitoreo de la alternativa seleccionada.
- ⊕ Elaborar un documento en el cual se presenten y justifiquen los procedimientos metodológicos y técnicos, para que la Municipalidad pueda llevar a cabo la construcción, operación y cierre del Relleno Sanitario.

1.5 ALCANCES GLOBALES

- ⊕ El alcance general de la investigación que se pretende llevar a cabo, consiste en elaborar una alternativa de solución que este acorde con el medio ambiente siguiendo los lineamientos del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, y la capacidad económica del Municipio de Apaneca respecto a la problemática del botadero a cielo abierto, en el cual son depositados desechos sólidos del mismo Municipio de Apaneca y de Salcoatitán.
- ⊕ La alternativa de solución que se pretende elaborar, partirá de la identificación a fondo del problema y recopilación de datos estadísticos anteriores y actuales, para luego analizar dichos datos que permitan iniciar un plan de solución al problema planteado. De la alternativa se seleccionaran los mecanismos más óptimos, en lo referente a botaderos a cielo abierto, así como de condiciones de gestiones económicas que posee el Municipio.
- ⊕ Se diseñara la alternativa propuesta, estableciendo para la misma un programa de Mantenimiento, Operación y Cierre al final de su vida útil, encaminado al buen funcionamiento de la misma.
- ⊕ El desarrollo de toda la investigación y propuestas a implementar se plasmaran en un documento, el cual contendrá los procesos metodológicos y técnicos para llevar a cabo la alternativa de solución definida; con este documento la Municipalidad de Apaneca estará en posición de gestionar un posible financiamiento para la ejecución de la obra.

1.6 JUSTIFICACION

La situación del manejo de residuos sólidos en El Salvador, por lo general, se halla en un estado crítico. Los residuos se acumulan en las orillas de las carreteras, en las calles y en las quebradas o se queman a cielo abierto sin control y los equipos de recolección se encuentran en condiciones deplorables. Los sitios de disposición final son inadecuados y las operaciones ineficientes. Además, las Municipalidades cuentan con limitados fondos para gerenciar este sector.

El mal manejo de los residuos sólidos tiene un impacto negativo en la salud de la población, en los ecosistemas y en la calidad de vida de la población del Municipio de Apaneca. Los impactos directos sobre la salud afectan principalmente a los recolectores y segregadores formales e informales. Estos impactos se agravan cuando los desechos peligrosos no se separan en el punto de origen y se mezclan con los desechos Municipales, una práctica común en los países de la región. Algunos impactos indirectos se deben a que los residuos en sí y los estancamientos que causan cuando se acumulan en zanjas y en drenes, se transforman en reservorios de insectos y roedores. Los insectos y roedores son causantes de diversos tipos de enfermedades como el dengue, la leptospirosis¹, el parasitismo y las infecciones de la piel. Además, la quema de basura a cielo abierto, en el campo y en los botaderos aumenta los factores de riesgo de las enfermedades relacionadas con las vías respiratorias, incluido el cáncer².

1 La Leptospirosis es una enfermedad infecciosa que aparece por contacto directo con orina o tejidos de animales infectados, generalmente ratas; también se presenta de forma indirecta, por contacto con agua o tierra contaminada. Fuente: El Manual Merck, novena edición, editorial OCEANO.

2 Puede consultarse El Manual Merck para obtener mayor información sobre las enfermedades que aquí se mencionan.

Los impactos al ambiente son la contaminación de los recursos hídricos, del aire, del suelo, de los ecosistemas tropicales diversos del país y en particular en este caso el del Municipio de Apaneca y el deterioro del paisaje del mismo. La acumulación de residuos sólidos puede formar una barrera de contención del flujo del agua, lo que causaría inundaciones locales y, como consecuencia, la erosión y la pérdida de suelos fértiles. Además, los residuos acumulados atraen aves de rapiña y otros animales no deseables, y deteriora el valor estético de los hogares y de los paisajes.

El buen manejo de los residuos sólidos es responsabilidad de todos. Sin embargo, por las leyes establecidas en cada país, una vez que los residuos sólidos son descartados por el generador pasan a ser responsabilidad de los gobiernos locales. La responsabilidad principal de los Municipios es de organizar y manejar el sistema de aseo público, incluida la provisión de infraestructura para el servicio de recolección y disposición final de los residuos sólidos. Un alto porcentaje de los presupuestos Municipales se dedica al aseo urbano. A pesar de esta responsabilidad, los gerentes Municipales responsables suelen carecer de conocimiento sobre los principios y técnicas del manejo de los residuos sólidos, lo que les impide tomar decisiones acertadas para desarrollar mejores sistemas de aseo. Tomando en cuenta lo antes descrito es que el tema de saneamiento del botadero a cielo abierto del Municipio de Apaneca es de gran relevancia, como se puede observar en las fotografías del anexo 3; es por tal razón que en este documento se pretende explicar la importancia de trabajar en la investigación e implementación de una alternativa de solución a la problemática del botadero, es decir, un Relleno Sanitario No Mecanizado³, el cual beneficiará a la población del Municipio de Apaneca.

3 Lo relacionado a Relleno Sanitario No Mecanizado se justifica en el capítulo II según lo determina El Reglamento Especial sobre el Manejo Integral de los desechos sólidos.

CAPITULO II
DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE
RECOLECCION, TRANSPORTE Y
DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS
SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE APANECA.

2.1 GENERALIDADES.

El Municipio de Apaneca, el cual pertenece al departamento de Ahuachapan es una de las ciudades Salvadoreñas situadas a mayor altura, aproximadamente 1740msnm, separado desde San Salvador 121 km. En dicho lugar los vientos soplan con extraordinaria violencia en los meses de Noviembre a Marzo. Este hecho meteorológico que afecta la aludida meseta con vientos huracanados, originó el nombre indígena que allí fundaron los yanquis o pipiles, hacia el decimoprimer o decimosegundo siglo de la era cristiana, pues Apaneca y mas correctamente Apanejecat, significa literalmente " viento en forma de corriente " o sea "chiflón".

En 1770 Apaneca era cabecera de la parroquia de su mismo nombre, la cual tenía como anexos a los pueblos de Juayúa y Salcoatitan. Posteriormente, entro a formar parte del primitivo y dilatado departamento de Sonsonate el 12 de Junio de 1824. Por ley el 4 de julio de 1832, este Municipio fue incluido en el área jurisdiccional del distrito judicial de Ahuachapan. Más tarde el 29 de enero de 1859 se separo del departamento de Sonsonate y se incorporó en el departamento de Santa Ana y distrito de Ahuachapan, en lo administrativo, pues ya lo estaba en lo judicial y electoral. Por acuerdo ejecutivo del 1 de Abril de 1864, aprobado por decreto legislativo del 18 de Febrero de 1865, el pueblo de Apaneca se separo del departamento de Santa Ana y se reincorporo en El distrito y departamento de Sonsonate. Por decreto ejecutivo del 26 de febrero de 1869, el pueblo de Apaneca se incorpora en el distrito de Atiquizaya y departamento de Ahuachapan, segregándosele del distrito y departamento de Sonsonate. El 21 de febrero de 1878, por decreto legislativo el pueblo de Apaneca se separa del distrito judicial de Atiquizaya y se incorpora en el de Ahuachapan, para que por decreto legislativo número 252 del 27 de abril de 1893, se otorgue el titulo de Villa al pueblo de Apaneca.

Los sitios de atracción turística más notables del Municipio son: La laguna Verde, la laguna de las Ninfas o lagunita hacia la que se puede realizar una caminata eco-turística y disfrutar de los paisajes en el camino (Caminata de 2 Km. aprox.). Los gordos de la finca Santa Leticia, que son una joya arquitectónica de la zona, viveros, artesanías y la exquisita comida típica de la región y el balneario de San Andrés (Fuente de aguas termales), son otras de las atracciones turísticas; además de algunos cerros conocidos, como Los Alpes, Coyutepec, El Cerrito y Cerro de Oro.

Actualmente, Apaneca gracias a las gestiones de la Administración Municipal, ya posee el título de Ciudad, otorgado por decreto legislativo número 438 el 7 de junio del año 2001. En dicha Municipalidad, muchos son los servicios que se ofrecen, entre ellos el de Recolección, Transporte y Disposición final de los desechos sólidos.

2.2 DESCRIPCION DEL MODELO DE GESTION DE ASEO PÚBLICO.

El servicio de aseo público, es proporcionado por la Administración de la Alcaldía Municipal de Apaneca, dentro de la cual se incluye lo que comprende la recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos generados por la ciudad. La recolección y transporte de los desechos sólidos se realiza utilizando una unidad recolectora, la cual cuenta con una cuadrilla de cinco personas compuesta por un motorista y cuatro auxiliares. El barrido de calles también es prestado por la Municipalidad en lo que es el servicio de aseo público; para prestar este servicio se cuenta con ocho personas distribuidas en el área urbana de la ciudad. Para la disposición final, existe un botadero a cielo abierto cuyo terreno es propiedad de la Alcaldía, como se puede observar en el anexo 4; en dicho lugar laboran cuatro pepenadores pagados por la

Municipalidad, encargados de separar materiales que se pueden comercializar, como son latas y plásticos.

La estructura de organización de la Municipalidad se presenta en la figura 2.1, en donde se muestran los diferentes servicios que la Alcaldía proporciona, entre ellos el servicio de recolección de los desechos sólidos como parte de los Servicios Públicos Municipales.

Cabe mencionar que en el botadero a cielo abierto además de los desechos sólidos depositados por el Municipio de Apaneca, se reciben los desechos sólidos del Municipio de Salcoatitan, debido a que El Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales cerró su antiguo sitio de disposición final; sin embargo, aunque dicho Municipio posee actualmente un Programa de micro región en asociación con 3 Municipios más, Santa Catarina Masahuat, Juayua y Nahuizalco para la implementación de un Relleno Sanitario⁴, en el análisis y a su debido momento se tomarán los datos necesarios para el diseño de la capacidad del Relleno Sanitario.

⁴ Fuente obtenida de la Alcaldía Municipal de Salcoatitan, en relación con el Programa de micro región para la implementación de Relleno Sanitario.

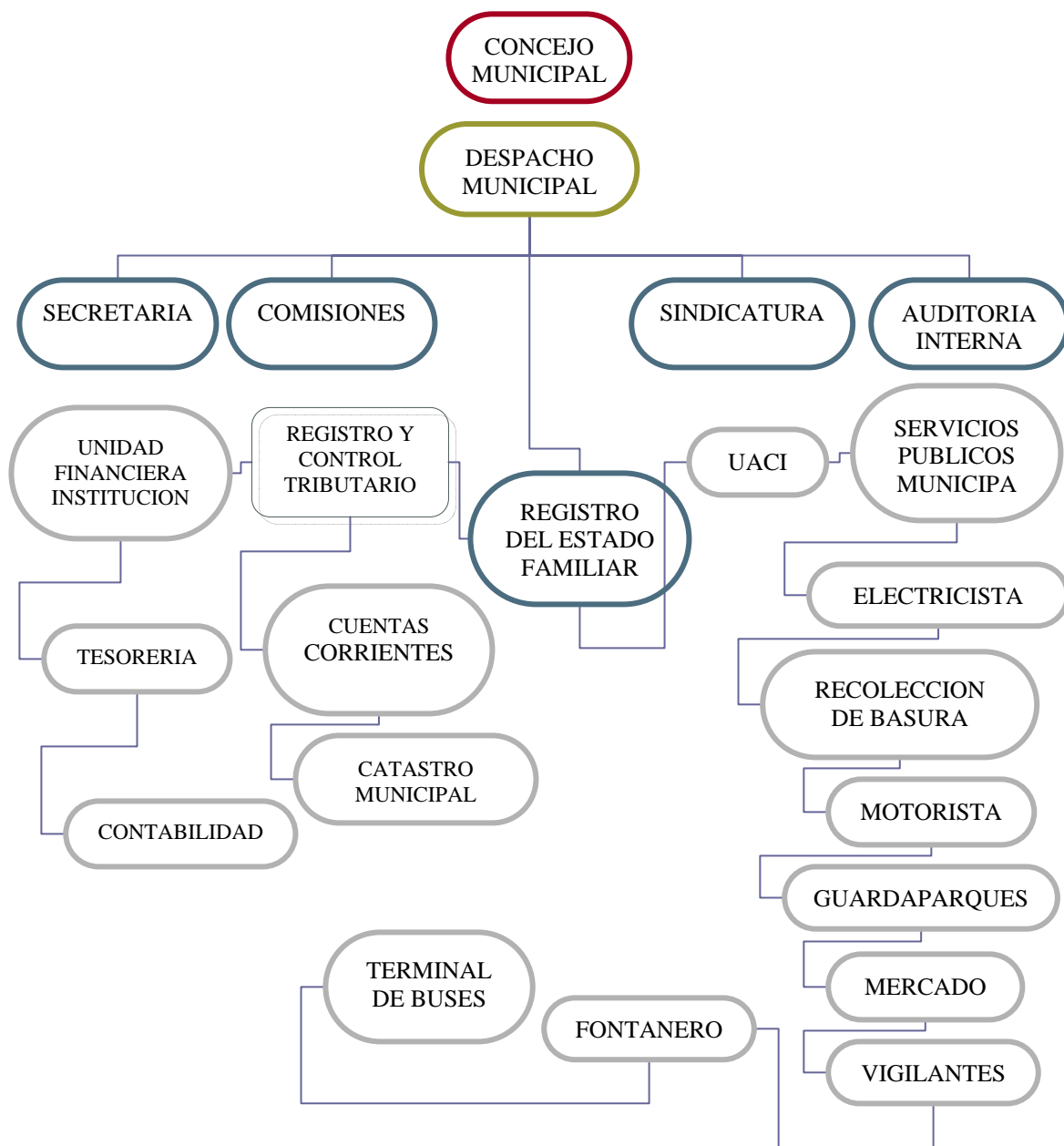


FIGURA 2.1
ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA ALCALDÍA MUNICIPAL DE APANECA,
DEPARTAMENTO DE AHUACHAPAN

2.2.1 Zonas y Rutas de Recolección.

La recolección y transporte de los desechos sólidos se lleva a cabo usando una unidad recolectora, la cual cuenta con una cuadrilla de cinco personas constituida por un motorista y cuatro auxiliares. Los recorridos de la ruta de recolección se hacen a baja velocidad durante seis días a la semana de 6:00 a.m. a 1:00 p.m. La forma de recolección es de casa por casa cubriendo el 100 % del área urbana de la ciudad, el cual comprende 713 residencias.

Para la realización de las actividades de recolección, la Alcaldía de Apaneca proporciona a la cuadrilla el siguiente equipo: guantes, palas y rastrillo metálico.

Los desechos sólidos que se generan en el mercado y los provenientes de actividades comerciales son recolectados juntos con los de origen domiciliar por la unidad recolectora, el cual es un camión ISUZU año 1998 de tres toneladas, cuyo volumen de la tolva es de 9.25 m³ realizando un solo recorrido por día y un solo viaje al botadero a cielo abierto, excepto los días lunes y viernes que se realizan dos viajes al botadero.

La ruta de recolección que realiza a diario la unidad recolectora, con su cuadrilla de trabajadores, se puede ver en el anexo 5.

Por su parte, el Municipio de Salcoatitan que también deposita sus desechos en el botadero, sirve el servicio de recolección a 438 viviendas en el área urbana, 6 habitantes por vivienda aproximadamente. No se encuentran industrias en la zona, por lo que se recolectan únicamente desechos domésticos.

2.2.2 Tratamiento y disposición final de los desechos sólidos.

El sitio que se utiliza para la disposición final es el botadero a cielo abierto ubicado a 1.95 kilómetros al Noreste desde el centro de la ciudad de Apaneca, cuenta con una área de 24354.75 vr^2 en un terreno montañoso y de geometría irregular; durante la época lluviosa los desechos son transportados a zonas más bajas por la quebrada seca que existe en el lugar, contaminando áreas de terrenos adyacentes aguas abajo.

El botadero a cielo abierto se esta manejando de manera deficiente ya que no hay ningún control de lixiviados, gases y escorrentía superficial ni tampoco se encuentra cercado, por lo que cualquier persona o animal puede entrar fácilmente.

Actualmente, el tratamiento que se le está dando a los desechos sólidos en el sitio del botadero a cielo abierto, depositados en el mismo estado en que se recolectan, consiste en la disgregación de los desechos en capas de 50 centímetros de espesor y luego una capa de tierra de 25 centímetros aproximadamente, sin ningún tipo de compactación.

2.2.3 Tasa de Cobro por el Servicio de Aseo.

Municipio de Apaneca:

La tasa que se cobra está en función del área construida del inmueble, de la cual un 10 a 15% en zona urbana la pagan con puntualidad, constituida como se muestra en el cuadro 2.1:

CUADRO 2.1 TASAS DE COBRO MUNICIPAL	
Domiciliar	\$ 0.03/m ²
Comercial	\$ 0.03/ m ²
Servicio de barrido en calles	\$ 0.006/ m ²

FUENTE: Sección de Tesorería de la Alcaldía Municipal de Apaneca.

Municipio de Salcoatitan⁵:

Al igual que en Apaneca esta tasa se cobra por M² de vivienda, en la zona urbana de la ciudad, cobrando \$0.10/m² de los cuales un 25% la pagan con puntualidad.

2.2.4 Costos Actuales de Operación Y Mantenimiento del Sistema de Aseo Público.

El sistema de contabilidad con que cuenta la Municipalidad de Apaneca es muy eficiente en lo referente al registro de los contribuyentes, ya que cuando el ciudadano se presenta a la Alcaldía a efectuar el pago de los servicios que le son prestados en cuestión de minutos se le entregan sus recibos. La Alcaldía tiene registrados un total de 713 viviendas a las cuales les proporciona el servicio de aseo público. El sistema de cobro se realiza con una periodicidad mensual, pero hay que esperar que el ciudadano se presente a la Alcaldía a pagar el servicio; cuando existe mora por más de seis meses, se notifica al moroso por medio de un aviso de cobro con el objetivo de ponerlo al día.

Por la prestación del servicio de aseo público, la Alcaldía cobra una tasa de \$0.03 por metro cuadrado de vivienda y comercio, cabe mencionar que de los 713 usuarios solamente entre el 10% (71.3 viviendas) y el 15% (107 viviendas) hace efectivo el pago de la tasa mensual con puntualidad, dejando entre un 90% y 85% de la población en mora.

⁵ FUENTE: Sección de Tesorería de la Alcaldía Municipal de Salcoatitan.

El en cuadro 2.2 se muestran los ingresos promedio mensuales y anuales que la Alcaldía debería percibir por el servicio de aseo.

CUADRO 2.2 INGRESO QUE DEBERIAN PERCIBIRSE POR EL SERVICIO DE ASEO					
Rubro	Tipo	M ²	Tasa \$/m ²	Ingreso mensual \$	Ingreso anual \$
Recolección	Domiciliar Comercial	240000.0	0.03	7,200.00	86,400.00
Barrido	Vías Públicas	35060.67	0.006	210.36	2,524.37
Total				7,410.36	88,924.37

Fuente: Sección de Tesorería y Catastro de Alcaldía de Apaneca

Por las prestaciones del servicio, se tiene una base estimada de cobro de \$7,410.36 por mes, con un ingreso mensual promedio de \$1,111.55, lo que representa el 15% del ingreso mensual que se debería percibir; por lo cual, se tiene un valor de tasas no cobradas de \$6,298.81 mensualmente en el cobro del servicio de aseo.

Además, se deben considerar los Costos Directos del servicio de aseo público, los cuales constituyen los gastos en los que incurre la Municipalidad para la prestación de este servicio. En el cuadro 2.3 se reflejan dichos costos.

CUADRO 2.3 COSTOS DIRECTOS DEL SERVICIO DE ASEO PUBLICO		
RUBRO	PESONAL O EQUIPO	COSTO MENSUAL (\$)
Barrido de calles	8 auxiliares	768.00
Recolección	4 recolectores + 1 motorista	653.00
Transporte	1 Camión marca Isuzu	400.00
Disposición final	4 Pепенadores	480.00
TOTAL		2,301.00

Fuente: Sección de Tesorería de Alcaldía de Apaneca

Por otra parte, el Municipio de Salcoatitan en relación a sus costos, deposita en el botadero aproximadamente 3 toneladas de desechos 3 días por semana, cuyo costo por derecho al uso del botadero es de \$8.00, empleando una unidad de servicio privado a \$70.00 el viaje. Dicha Municipalidad invierte \$1,600.00 mensuales en el servicio de tren de aseo, incluyendo \$60.00 por persona para el barrido de calles cada 15 días.

2.3 GENERACION, CARACTERIZACION Y COMPOSICION DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE APANECA.

Es importante determinar la Generación de los desechos sólidos, por que sobre la base de esto es que se hace la planificación del sistema de aseo público, de lo cual depende la asignación de recursos y la cantidad de equipo, así como el dimensionamiento del sitio de disposición final. En este estudio se realizó un análisis de peso-volumen, para lo cual fue necesario pesar el camión recolector en un periodo de 6 días efectivos, en el Recibidero de café del Beneficio de Nejapa, en Apaneca, con la coordinación y aprobación de la Municipalidad.

Para la Caracterización de los desechos sólidos, tema de mucha importancia en El Salvador, por facilitar el tratamiento de una mejor manera a la problemática del manejo de los desechos que se producen domiciliarmente, el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales pone a disposición de las Municipalidades y entidades interesadas en medio ambiente, la “Guía Metodológica para la Caracterización y Composición de los Desechos Sólidos”, que se utilizó para el estudio en el Municipio de Apaneca.

La importancia de la Caracterización consiste en conocer las cantidades producidas de desecho para saber como manejarlas, a fin de poder establecer programas de Reducción, Reuso y Reciclaje, con el objeto de contribuir en el mantenimiento de un medio ambiente sano y equilibrado.

El proceso completo, como primera acción que se realizó por el grupo de tesis para iniciar la Caracterización de los desechos sólidos, es el siguiente:

1. Se estableció una reunión con las entidades Municipales con el objeto de generar un acercamiento, para explicar y exponer los detalles sobre el procedimiento del estudio de Generación, Caracterización y Composición de los desechos sólidos, a realizar en el Municipio para diseñar el plan de trabajo. Se fijó fecha para próxima reunión.
2. La Municipalidad informó al equipo de trabajo de la recolección sobre lo que se pretendía llevar a cabo, por lo que tuvo que realizar una reunión con dicho equipo⁶.
3. Se estableció una segunda reunión con las entidades Municipales, para definir posibles fechas para realizar el trabajo, costos y determinar que institución pesaría los desechos sólidos, cuyo lugar de preferencia debería ser techado.
4. De ser necesario, se dejan plasmados por escrito los compromisos y acuerdos que se generen en el paso anterior, para poder continuar con el proceso.

⁶ Si se desea, el equipo de trabajo Municipal puede estar presente en la primera reunión, y así omitir este paso.

5. Definida la fecha y la institución que colaboraría en el proceso, y con la disponibilidad del vehículo exclusivo para la recolección en los días efectivos que se realizaría el estudio (6 u 8 días), se dio comienzo al proceso de pesar los desechos sólidos llenando la información requerida por el formato respectivo, donde se plasmaron los resultados del trabajo de campo para su posterior análisis.
6. Se calculó la Producción per cápita y densidad de los desechos sólidos.

Los pasos mencionados anteriormente se llevaron a cabo por el grupo de tesis, con el fin de conocer la producción per cápita y composición de los desechos sólidos que el Municipio de Apaneca produce. Dicho estudio comprende la zona urbana del Municipio, pues el servicio de recolección como se mencionó anteriormente es prestado en esta zona únicamente.

El formato de Caracterización de los desechos sólidos del Municipio de Apaneca de dicho estudio, se muestra en el cuadro 2.4 en diferentes unidades cuyo análisis será de utilidad para el cálculo de la producción per cápita; estos valores fueron obtenidos en período de invierno, por lo que deben interpretarse como valores máximos. Para pesar los desechos sólidos, se empleó una báscula del tipo que se utilizan en los recibideros de café, la cual se localiza en el Recibidero de Nejapa, donde se pesó el camión recolector en un período de 6 días.

CUADRO 2.4 CARACTERIZACION DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE APANECA							
Días/ Pesos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Totales
Peso en qq	107.70	51.90	51.60	57.60	91.46	69.0	429.26
Peso en Lb	10770	5190	5160	5760	9146	6900	42926
Peso en kg	4885.3	2354.2	2340.6	2612.7	4148.6	3129.8	19471.2
Peso en Ton	4.88	2.35	2.34	2.61	4.15	3.13	19.47

Fuente: Grupo de tesis, elaborado en la semana del 14 al 19 de agosto de 2006.

Como segunda acción, se determina la Composición de los desechos sólidos. La Composición es uno de los factores de mayor importancia desde el punto de vista del reciclaje o de otro tipo de tratamiento, ya que consiste en la separación de los desechos. Para el estudio, se tomó en cuenta que los desechos domésticos varían dependiendo del clima y estaciones del año, debido al consumo de alimentos vegetales y frutas traídos de otras partes; por otro lado, los desechos del tipo comercial son producto de las actividades diarias, las cuales pueden ser más importantes económicamente ya que pueden ser reutilizados o reciclados, y al mismo tiempo generar fuentes de empleo en esta área.

Las muestras tomadas para el análisis de la Composición de los desechos varían de un lugar a otro, sin embargo, para el estudio se consideró únicamente la zona urbana del Municipio siguiendo el procedimiento siguiente:

1. La toma de la muestra se realizó directamente de la descarga del camión. La cantidad de desechos recolectados fue de 2 barriles de aproximadamente 0.22 M³ cada uno, los cuales se vaciaron en una superficie limpia para formar un promontorio de desechos.

2. Luego se homogenizó la muestra mezclándola toda con palas, de manera que lo que esté arriba pase a la parte inferior.
3. Se aplica el método de cuarteo dividiendo la muestra en 4 partes, tomando 2 cuartas partes que queden opuestas para formar una media, o sea un barril.
4. Se separaron los componentes de esa muestra que se obtuvo, y se pesó cada uno de ellos. Al final la suma de todos los componentes proporcionó el peso de la muestra original.

Los resultados de la Composición de los desechos sólidos del Municipio de Apaneca, se muestran en el cuadro 2.5 con sus respectivos porcentajes.

CUADRO 2.5 COMPOSICION DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE APANECA		
Componente	Peso en libras	% peso
Vidrio	1.03	0.71
Papel	6.59	4.53
Textiles	3.88	2.67
Plástico	9.03	6.21
Madera	1.02	0.70
Metal	0.42	0.29
Materia Orgánica	120.19	82.66
Aluminio	0.57	0.39
Otros	2.67	1.84
Totales	145.47	100

Fuente: Grupo de tesis, elaborado en agosto de 2006.

2.3.1 Producción Per Capita de los desechos sólidos.

Se entiende por producción per capita aquella cantidad de desechos sólidos que es generado por una persona durante el día. Para su cálculo se procede de la siguiente forma:

$$Ppc = \frac{(Dsr)}{(Pob \times d \times Cob)}$$

Donde:

Ppc = producción por habitante por día (Kg/hab/día)

Dsr = cantidad de desechos sólidos recolectados en una semana (Kg/semana)

Pob = población del área urbana servida

d = días de la semana del servicio (7)

Cob = cobertura del servicio de aseo.

Del cuadro 2.4 se obtiene el total de producción de desechos sólidos en una semana para el Municipio de Apaneca. Entonces la *cantidad de desechos sólidos recolectados en una semana*, “*Dsr*”, es igual a 19471.20 Kg. También del cuadro 1.1 se extrae la población actual del Municipio de Apaneca para el año 2006 en el área urbana, mediante una tasa de crecimiento urbano de 1.82% anual, por lo cual la *Población*, “*Pob*”, es igual a 4061 habitantes.

El valor de “*d*” para nuestro caso es de 7 días, criterio que fue adoptado ya que los desechos recolectados el día lunes incluían los del día domingo, día en el que no hay servicio de recolección.

Finalmente el valor de *Cobertura*, “*Cob*”, es el cociente que resulta de dividir el número de viviendas servidas entre el número de viviendas totales

existentes en el área; para nuestro caso el valor de cobertura es igual a 1, ya que el número de viviendas servidas es igual al número de viviendas existentes lo que significa que el 100% de la población urbana recibe el servicio.

Por lo tanto:

$$Ppc = 19471.20 / (4061 \times 7 \times 1) = 0.685 \text{ Kg/hab/día}$$

Luego, Producción del área urbana de Apaneca = 4061 hab x 0.685 kg/hab/día = 2781.78 kg/día = **2.78 Ton/día.**

Dado que el Municipio de Salcoatitan deposita sus Desechos Sólidos en el mismo botadero, se obtendrá una producción por habitante por día, “Ppc” para dicho Municipio con los datos recolectados del mismo, según se indicó anteriormente. Entonces:

$Dsr = 3 \text{ ton/día} \times 3 \text{ días/semana} = 9 \text{ ton} = 9000 \text{ Kg por semana.}$

$Pob = 2628 \text{ hab.}$

$d = 7$

$Cob = 1$

Por lo tanto:

$$Ppc = 9000 / (2628 \times 7 \times 1) = 0.489 \text{ Kg/hab/día}$$

Luego, Producción del área urbana de Salcoatitan = 2628 hab x 0.489 kg/hab/día = 1285.09 kg/día = **1.29 Ton/día.**

Según los datos anteriores y de acuerdo con el Reglamento Especial sobre el Manejo Integral de los desechos sólidos en su Capituló VI, artículos 14 y 15, el Relleno Sanitario que se diseñará corresponde al clasificado por su forma de operación, como Relleno Sanitario Manual o No Mecanizado.

2.3.2 Peso Volumétrico de los desechos sólidos.

Para el dimensionamiento de los Rellenos Sanitarios, así como para determinar la cantidad y capacidad volumétrica de las unidades recolectoras, es necesario conocer el peso volumétrico de los Desechos Sólidos. Las características de la unidad recolectora del Municipio de Apaneca se presentan en el cuadro 2.6.

CUADRO 2.6					
CARACTERISTICAS DE LA UNIDAD RECOLECTORA					
Marca	Año	Capacidad	Tolva		
Isuzu	1998	3 Ton.	largo	Ancho	alto
			3.30 m	2.0 m	1.40 m

FUENTE: Grupo de Tesis

Debido a que el estudio se realizó en época lluviosa (agosto de 2006), los valores de densidad encontrados de los desechos sólidos para el Municipio de Apaneca serán los máximos del presente año, ya que estos se encuentran saturados de agua.

Del cuadro 2.4 se toma el dato del total de Desechos recolectados en la semana y con los datos del cuadro 2.6 se calcula el volumen de la tolva del

camión. Entonces, el cálculo del Peso Especifico promedio se muestra en el cuadro 2.7.

CUADRO 2.7				
CALCULO DE PESO ESPECIFICO PROMEDIO				
Viaje	Fecha	Peso de desechos en Ton.	Vol. Tolva m ³	Peso especifico Ton/m ³
1	14/08/06	2.90	9.25	0.3135
2	14/08/06	1.98	9.25	0.2140
3	15/08/06	2.35	9.25	0.2540
4	16/08/06	2.34	9.25	0.2530
5	17/08/06	2.61	9.25	0.2822
6	18/08/06	2.45	9.25	0.2649
7	18/08/06	1.70	9.25	0.1838
8	19/08/06	3.13	9.25	0.3384
Peso Especifico Promedio				0.2630

FUENTE: Grupo de tesis

2.3.3 Cobertura de Recolección.

Con la información obtenida de la recolección de los desechos sólidos, en el período de 6 días durante una semana y con la producción per cápita del área urbana del Municipio de Apaneca, la cobertura de recolección real del servicio es:

$$\text{Cobertura de recolección real} = \frac{\text{Recolección diaria promedio} \times (6/7)}{\text{Producción diaria urbana}}$$

Donde:

$$\text{Recolección diaria promedio} = 3.24 \text{ ton/día}$$

$$\text{Producción diaria urbana} = 4061\text{hab} \times 0.685 \frac{\text{Kg}}{\text{hab}/\text{dia}} = 2781.78 \text{Kg}/\text{dia}$$

$$\text{Cobertura de recolección real} = \frac{3.24 \text{ ton/día} \times (6/7)}{2.78 \text{ ton/día}} = 0.9989 = \mathbf{99.90\%}$$

Con este resultado de cobertura real se demuestra que no es necesario incrementar el número de unidades, ya que con la unidad existente es suficiente para alcanzar la cobertura del 100% del servicio de recolección.

2.3.4 Índice de Eficiencia en el Servicio de Recolección.

Este Índice es básicamente el rendimiento que un trabajador posee en la actividad de recolección de los desechos sólidos, y se expresa en toneladas por día por trabajador, calculado de la siguiente forma:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Peso Promedio Equivalente}}{\text{Número de trabajadores por día}}$$

De donde, el Peso Promedio Equivalente es:

$$\text{Peso Promedio Equivalente (PPE)} = \frac{\text{Peso promedio por día de recolección} \times 7}{\text{Peso recolectado en los días efectivos (6)}}$$

$$PPE = \frac{3.24 \text{ ton/día} \times 7}{6} = \mathbf{3.78 \text{ Tons/día}}$$

Por lo tanto, si el número de trabajadores en el servicio de recolección de Apaneca es igual a 5, la eficiencia será:

$$\mathbf{Eficiencia} = 3.78 / 5 = 0.756 \frac{\text{ton/día}}{\text{trabajador}}$$

Finalmente, los resultados obtenidos en este capítulo, como por ejemplo la producción per cápita diaria, el peso específico promedio, entre otros, se utilizarán junto con los estudios básicos del siguiente capítulo, para el diseño y presupuesto del Relleno Sanitario No Mecanizado.

CAPITULO III

ESTUDIOS BÁSICOS

3.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El área de estudio se localiza en la zona occidental de la República de El Salvador, ubicada en el departamento de Ahuachapan entre las coordenadas 13°53'29" Latitud Norte extremo septentrional, 13°48'51" Latitud Norte extremo meridional, 89°46'04" Longitud Oeste extremo oriental y 89°49'51" Longitud Oeste extremo Occidental.

La región tiene como red de comunicación vial la carretera pavimentada asfáltica CA-8 que une las ciudades de Ataco y Ahuachapan, al occidente, y con Salcoatitan, Juayua y Sonsonate, al oriente; en su trayecto se encuentran cantones y caseríos enlazados a la Municipalidad.

Los límites naturales del Departamento donde se encuentra Apaneca son el Río Paz al Norte y Oeste fronterizo con Guatemala, hacia el Sur con el Océano Pacífico y hacia el Este con los departamentos de Santa Ana y Sonsonate.

3.1.1 Ubicación del Proyecto.

La ubicación del proyecto se encuentra a una distancia de aproximadamente 91.0 km de la ciudad de San Salvador, en el área rural del Cantón Palo Verde-Finca Nejapa del Municipio de Apaneca, en el sector donde se ubica actualmente el botadero a cielo abierto. Esta área de estudio está ubicada en el área denominada La Montaña Costera, al Sur de la sierra de Apaneca con volcanes al Norte y Sur de la población de Apaneca.

Dicho botadero a cielo abierto se encuentra situado a una distancia de 1.95 km al Noreste desde el centro de la ciudad de Apaneca, a orillas del camino vecinal que conduce a la Laguna Verde, con elevaciones que varían desde los 1500m a 1470m aproximadamente, desde el acceso hasta la quebrada seca en la parte más baja del terreno.

3.1.2 Clima.

Las características climáticas de la zona de estudio, determinadas por las condiciones topográficas y por las precipitaciones atmosféricas, conforman las diferentes zonas delimitadas por las elevaciones existentes.

El clima de la zona es fresco y agradable, perteneciente al tipo de tierra templada y tierra fría, registrándose un monto pluvial de **precipitación anual entre 2200 y 2400mm**, de modo que en la época de invierno en ocasiones la zona se cubre con neblina. El área tiene una abundante cantidad de masa arbórea, lo que permite que en el lugar se recicle el oxígeno manteniéndose un bajo índice de contaminación en el aire. La flora está constituida por bosque muy húmedo subtropical y bosque muy húmedo montaña abajo; entre las especies arbóreas más notables se encuentran: el pino, el ciprés, madre cacao y el cedro.

Debido a que la ciudad de Apaneca se encuentra situada a considerable altura, los vientos soplan con rumbo dominante Noreste a velocidad media anual de 8.1 km/h según lo reporta la estación meteorológica de Ahuachapan. Es por eso que en los meses de Noviembre a Marzo, los vientos de la zona alcanzan su mayor fuerza.

3.1.3 Geomorfología.

Es la zona más accidentada de todo el Municipio, es decir la zona montañosa de la región, estableciendo que el Municipio es atravesado por la sierra Apaneca – Ilamatepec de occidente a oriente, siendo las principales elevaciones las mostradas en el cuadro 3.1.

CUADRO 3.1 GEOMORFOLOGÍA DE APANECA	
Nombre	Elevación en metros
Cerro Laguna Verde	1829.12
Cerro Las Ninfas	1756.0
Cerro La Cumbre	1720.0
Cerro El Cerrito	1621.99
Cerro de Apaneca Chicalcastepec	1831.0
Cerro Los Alpes	1527.99

Fuente: Cuadrante Topográfico de Apaneca

3.1.4 Geología.

La Geología de Apaneca comprende básicamente rocas volcánicas, lavas y tobas de origen cuaternario, lo que constituye materiales pertenecientes a la Formación San Salvador, integrada por lavas basálticas muy fracturadas, tobas color café poco compactas de granulometría fina a gruesa y piroclastos sueltos⁷.

⁷ Fuente: Informe sobre las características hidrogeológicas de la región occidental de El Salvador, proyecto ALA 93 / 30 de la UES / GOES.

3.1.5 Tipos de Suelos.

Los suelos del departamento de Ahuachapan, de acuerdo al mapa pedológico de El Salvador se clasifican como:

1. Aluviones, localmente con intercalaciones de piroclastitas. Encontradas a lo largo de la zona costera del departamento.
2. Epiclastitas volcánicas, piroclastitas, corrientes de lavas intercaladas. Localizadas en la parte sur del departamento después de los suelos mencionados anteriormente.
3. Efusivas andesititas, piroclastitas, epiclastitas volcánicas subordinadas. Encontradas en menor proporción en la parte media y a lo ancho del departamento.
4. Efusivas andesititas - basálticas. Se encuentran con menor proporción que las anteriores en la parte media y a lo ancho del departamento.
5. Piroclastitas acidas, epiclastitas volcánicas (tobas color café). Localizadas en la parte norte del departamento.
6. Efusivas andesititas y basálticas: piroclastitas. De menor presencia en el departamento, encontradas a un costado cerca del limite con Sonsonate y Santa Ana.

3.1.5.1 Uso Actual y Potencial del suelo.

En la actualidad, el uso que se le da al suelo del botadero específicamente en el sector donde no se deposita desecho sólido, es para fines agrícolas, ya que en Apaneca se cultiva tradicionalmente café y maíz con índices del 95% y 11% respectivamente.

En Apaneca, de acuerdo a la distribución de suelos según su clasificación agrícola, el uso potencial para este Municipio pertenece a las clases V, VI, VII y VIII, como se muestra en el cuadro 3.2 donde se presenta la Descripción General de las clases de suelos agrícolas, los cuales conforman 44.03 km² en el área rural y 1.10 km² en el área urbana, siendo en su mayoría aptos para cultivos anuales permanentes⁸.

Con base a lo anterior, empleando métodos de inspección directa, se observó que el suelo del botadero del Municipio de Apaneca posee primeramente una capa orgánica que luego presenta estratos de arcilla y arena que se van intercalando. Debido a esto, actualmente el manejo que se le da al suelo en análisis comparativo con respecto a su capacidad productiva, se puede concluir, que no es adecuado en cuanto a su utilización, ya que se están haciendo cultivos anuales intensivos no aptos para ello, erosionando y empobreciendo más estos suelos. Por tal razón, se sugiere incentivar cultivos permanentes.

Actualmente, se encontraron cultivos de Maíz y Tomate en el sector Oriente del terreno de dicho botadero.

8 Fuente obtenida de la Alcaldía Municipal de Apaneca; sin embargo, no se proporciona la Descripción Universal de cada clase agrícola de suelo, esto se obtiene de la bibliografía presentada al pie del cuadro 3.2.

CUADRO 3.2
CLASES DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DE LA CIUDAD DE APANECA

CLASE	DESCRIPCIÓN ⁹
V ≈12.76 km ²	<p>Estas tierras presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes o bosque, por lo cual se restringe su uso para pastoreo o manejo de bosque natural.</p> <p>Con pendientes inferiores a 15% las tierras pueden ser fuertemente pedregosas, relieve moderadamente ondulado, de muy baja fertilidad, con toxicidad fuerte o salinidad moderada, drenaje muy lento o excesivo, riesgo de inundación, condiciones de neblina y viento fuerte.</p> <p>Con pendiente de 15 a 30% las condiciones son similares, con zonas de vida seca y muy húmedas (excepto bosque muy húmedo tropical).</p>
VI ≈11.63 km ²	<p>Las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes (como frutas y café) aunque estos últimos requieran prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua. Este tipo de suelos se recomienda solo en relieves moderadamente ondulados a ondulados. Se puede encontrar tierras fuertemente pedregosas, muy baja fertilidad, toxicidad fuerte, salinidad moderada, drenaje moderadamente excesivo o moderadamente lento, riesgo de inundación moderada, condición de neblina y viento fuerte.</p>
VII ≈18.44 km ²	<p>En esta clase, sólo se permite el manejo forestal con cobertura boscosa. Se puede presentar relieve escarpado, tierras fuertemente pedregosas, muy baja fertilidad, toxicidad y salinidad fuerte, drenaje excesivo o nulo, riesgo de inundación muy severa, condición de neblina y viento fuerte.</p>
VIII ≈1.20 km ²	<p>Estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal. Las tierras de esta clase sólo tienen utilidad como zonas de preservación de flora y fauna, protección de área de recarga acuífera y belleza escénica.</p>

FUENTE: 9 Manejo y Conservación de suelos, Jorge Núñez Solís, San José Costa Rica, 2001

3.1.6 Hidrografía.

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

Al Norte del Municipio se encuentra la laguna de las Ninfas y la laguna Verde, ambas limitando con el Municipio de Ahuachapan. Al Noreste se encuentra la quebrada las Minas, que linda con el Municipio de Juayua, departamento de Sonsonate, y la quebrada la Sierra. Al Sur Este se ubica la quebrada Lava, que extiende hasta el Municipio de San Pedro Puxtla, departamento de Sonsonate. Al Sur Oeste el río San Pedro o Sihuapan y río Tequende, que también se extienden al Municipio de San Pedro Puxtla, además de la quebrada Quezalapa. Al Noroeste se encuentra la quebrada Sislalopa que se extiende hasta el Municipio de Concepción de Ataco, departamento de Ahuachapan.

3.2 TOPOGRAFIA DEL LUGAR.

Dentro de los estudios básicos necesarios realizados al terreno, donde se pretende implementar el Relleno Sanitario, está el levantamiento topográfico, el cual es de mucha importancia ya que las características topográficas del terreno determinan el mejor método a utilizar para la construcción y operación del Relleno Sanitario.

3.2.1 Planimetría y Altimetría.

Para este proyecto en particular, debido a que la Alcaldía cuenta con el respectivo plano topográfico del terreno, se proporcionó tanto la Planimetría y la Altimetría del terreno como se muestra en los planos de los anexos 6 y 7, respectivamente.

De dichos planos se obtiene la configuración topográfica general del lugar, la cual es la conformación de una vaguada que funciona como quebrada de invierno, estando formado su entorno por pequeñas lomas con pendientes moderadas, donde una parte es utilizada para cultivos y la otra como botadero a cielo abierto.

3.2.2 Descripción Técnica.

El inmueble antes referido, propiedad de la Alcaldía de Apaneca, consta de un terreno de naturaleza rústica, destinado para el cultivo al Oriente y como botadero a cielo abierto al Poniente, con pendientes moderadas y altas en algunas zonas y características de poca permeabilidad, por lo tanto la escorrentía es abundante. A continuación se describen los rumbos y linderos establecidos:

AMARRE: Partiendo de la intersección de la carretera CA-8 que de Apaneca conduce a Sonsonate, con la calle que conduce a la Laguna Verde se recorre sobre el eje de ésta última 500 mts aproximadamente, para llegar al vértice Nor Poniente (M1) de la posición del terreno ubicado en la jurisdicción de Apaneca, departamento de Ahuachapan.

LADO NORTE.

Línea 1-2: tramo recto de cincuenta y cinco punto noventa y tres metros (55.93m) con rumbo Norte setenta y tres grados un minuto cero tres segundos Este (N73°01'03"E).

Línea 2-3: tramo recto cincuenta y dos punto treinta y ocho metros (52.38m) con rumbo Norte ochenta y tres grados cero cero minutos cuarenta y cinco segundos Este (N83°00'45"E).

Línea 3-4: tramo recto de ciento treinta y uno punto cincuenta y cuatro metros (131.54m) con rumbo Norte ochenta y tres grados treinta y tres minutos veintiséis segundos Este (N83°33'26"E), colinda por este lado con la propiedad de JOSE MARIA RODRIGUEZ, con calle de por medio.

LADO ORIENTE.

Línea 4-5: tramo recto de dieciséis punto ochenta y tres metros (16.83m) con rumbo Sur cincuenta y dos grados trece minutos veinte segundos Este (S52°13'20"E).

Línea 5-6: tramo recto de cincuenta y seis punto treinta y seis metros (56.36m) con rumbo Sur cincuenta y ocho grados cincuenta y cuatro minutos cincuenta y siete segundos Oeste (S58°54'57"W).

Línea 6-7: tramo recto de treinta y tres punto setenta y dos metros (33.72m) con rumbo Sur treinta y nueve grados treinta y dos minutos cincuenta y ocho segundos Oeste (S39°32'58"W).

Línea 7-8: tramo recto setenta y dos punto cero un metro (72.01m) con rumbo Sur cero ocho grados cero ocho minutos treinta y tres segundos Oeste (S08°08'33"W).

Línea 8-9: tramo recto de veintiuno punto cincuenta y cuatro metros (21.54m) con rumbo Sur treinta y dos grados cuarenta y cinco minutos cuarenta y siete segundos Oeste (S32°45'47"W), colinda por este lado con la finca "EL BRASIL", con cerco de púas.

LADO SUR.

Línea 9-10: tramo recto de ciento veintidós punto veintiún metros (122.21m) con rumbo Norte cincuenta y cuatro grados cincuenta y cuatro minutos treinta y cinco segundos Oeste (N54°54'35"W), colinda por este lado con la propiedad de ERASMO ARTERO, con quebrada de por medio.

LADO PONIENTE.

Línea 10-1: tramo recto de setenta y cuatro punto sesenta y tres metros (74.63m) con rumbo Norte cincuenta grados cincuenta y tres minutos cero un segundo Oeste (N50°53'01"W), colinda por este lado con la propiedad de RICARDO SILVA, con quebrada de por medio.

Finalmente, se llega con esta última distancia y rumbo al vértice M1 donde se inició esta descripción.

ÁREA: el área ocupada por el inmueble es de DIECISIETE MIL VEINTIÚN PUNTO CUARENTA Y CUATRO METROS CUADRADOS (17021.44m²) equivalentes a VEINTICUATRO MIL TRESCIENTO CINCUENTA Y CUATRO PUNTO SETENTA Y CINCO VARAS CUADRADAS (24354.75vr²), DOS PUNTO CUARENTA Y CUATRO MANZANAS (2.44Mz).

3.3 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

El estudio de mecánica de suelos se realiza con el fin de poder determinar las condiciones en las que se encuentran los estratos detectados en el sub suelo del terreno en estudio, además de conocer las características físicas y mecánicas de este.

El alcance del estudio comprende el sector Este del terreno, que incluye un área de 8465.67 m² y un perímetro de 481.53 m. Se tomaron sondeos solo en esta porción del terreno, porque es este lugar el que se ha proyectado como fundación de la obra a diseñar. En él se realizaron 6 sondeos exploratorios con equipo de penetración estándar, distribuidos según muestra la figura 3.1; mientras que en el anexo 8, se presentan fotografías de la ubicación en campo de dichos sondeos. La profundidad de penetración de los sondeos fue de un promedio de 10.50 metros, en los cuales el tipo de suelo dominante encontrado fue limo-plástico-compresible (MH), con un contenido natural de humedad muy alto, promediando valores que oscilan de 64.2 a 72.9 % y una consistencia que varia de suelto a muy suelto. Además, se determinó la plasticidad, descripción de suelos y clasificación de suelos para propósitos de ingeniería. El estudio de suelo completo y sus resultados, **llevado a cabo por la empresa F-C, S.A. de C. V.**, se muestra en el anexo 9.

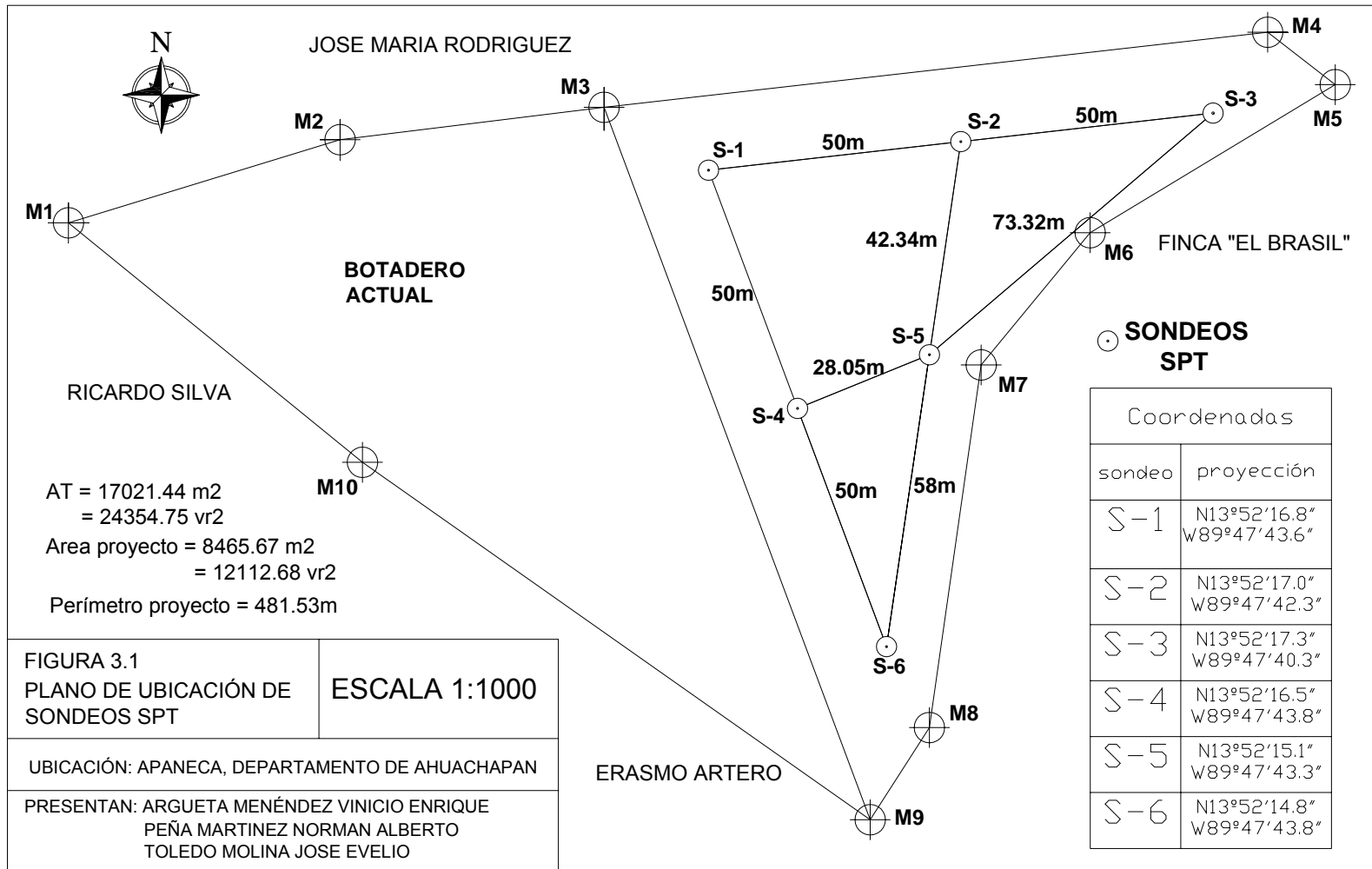


FIGURA 3.1
 PLANO DE UBICACIÓN DE SONDEOS SPT

ESCALA 1:1000

UBICACIÓN: APANECA, DEPARTAMENTO DE AHUACHAPAN

PRESENTAN: ARGUETA MENÉNDEZ VINICIO ENRIQUE
 PEÑA MARTINEZ NORMAN ALBERTO
 TOLEDO MOLINA JOSE EVELIO

3.4 ESTUDIO DE PERMEABILIDAD.

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

El estudio de permeabilidad del suelo, para el terreno donde se implementará el Relleno Sanitario Manual, se llevó a cabo para poder evaluar el tipo de tratamiento que el terreno necesitará antes y durante el funcionamiento del relleno, para poder evitar la filtración de los líquidos lixiviados.

La permeabilidad de los suelos puede ser obtenida en el laboratorio o en el terreno; tanto las pruebas realizadas en el laboratorio como en el terreno arrojan resultados aceptables, por lo cual la decisión de realizar la prueba en el laboratorio o en el sitio es irrelevante. Debido a que se necesita una muestra inalterada para realizar la prueba en laboratorio y en vista de la dificultad para la obtención y transporte de una muestra representativa de suelo, se optó por realizarla en el terreno, a través de la excavación de pozos a cielo abierto para el desarrollo de la prueba.

3.4.1 Procedimiento de la prueba de Permeabilidad.

Para la realización de esta prueba se utilizó como guía el “procedimiento para pruebas de infiltración formulado por el Centro de Ingeniería Sanitaria Robert A. Taft.”¹⁰, el cual se describe de la siguiente manera:

10 FUENTE: Manual de Fosas Sépticas, Centro Regional de ayuda Técnica, A.I.D., Agosto 1975.

1) Número y localización de las pruebas: Seis o más pruebas deben realizarse en cada uno de los agujeros de prueba espaciados uniformemente sobre el sitio propuesto para el campo de absorción.

2) Tipo de la perforación de prueba: Se perfora o se excava un agujero, con dimensiones horizontales de 10 a 30 cm y paredes verticales hasta alcanzar la profundidad propuesta de las zanjas de absorción; para ahorrar tiempo, trabajo y volumen necesario de agua, los agujeros se pueden perforar con un barreno de 10 cm (4").

3) Preparación del agujero de prueba: Con todo cuidado se raspa el fondo y las paredes del agujero con una hoja de cuchilla o con un instrumento cortopunzante, para eliminar las superficies sucias y para proporcionar caras naturales de contacto, por las que pueda infiltrarse el agua. Se extrae todo el material suelto y se forma una capa de unos 5 cm con arena gruesa o gravilla fina en el fondo del agujero, para protegerlo de los sedimentos.

4) Saturación y distensión del suelo: Es importante distinguir entre saturación y distensión (o hinchazón); la saturación implica que todos los espacios vacíos entre las partículas de tierra se encuentran llenos de agua, lo que puede lograr en breve tiempo, mientras que la distensión se produce al penetrar el agua en las partículas individuales de tierra y es un proceso lento, en particular en suelos arcillosos, razón por la cual necesita de un periodo prolongado de saturación.

Para el desarrollo de la prueba se llena cuidadosamente el agujero con agua clara, hasta una profundidad mínima de 30 cm sobre la grava o arena gruesa; en la mayor parte de las tierras es necesario rellenar el agujero con agua, posiblemente por medio de un sifón automático, para que el nivel del

agua se conserve en el agujero por no menos de 4 horas y, de preferencia, durante la noche, determinándose la tasa de infiltración después de 24 horas de que se haya agregado la primera agua al agujero. Con este procedimiento se tiene la seguridad de proporcionar al suelo una amplia oportunidad para distenderse y para aproximarse a la condición en que se encontrará en la estación más húmeda del año y, con esto, la prueba ha de dar resultados comparables en el mismo suelo, sin importar que se ejecute en la época seca o de lluvias.

5) Medición de la velocidad de infiltración: Con la excepción de los suelos arenosos, la medición de la velocidad de infiltración se debe verificar al día siguiente del paso inicial del proceso, descrito en el anterior inciso 4.

A. Si se mantiene el agua en el agujero, después del período nocturno de distensión, se ajusta su profundidad hasta unos 15 cm aproximadamente, sobre la grava y desde un punto fijo de referencia se mide el abatimiento en su nivel en un período de 30 minutos, abatimiento que se usa para calcular la velocidad de infiltración.

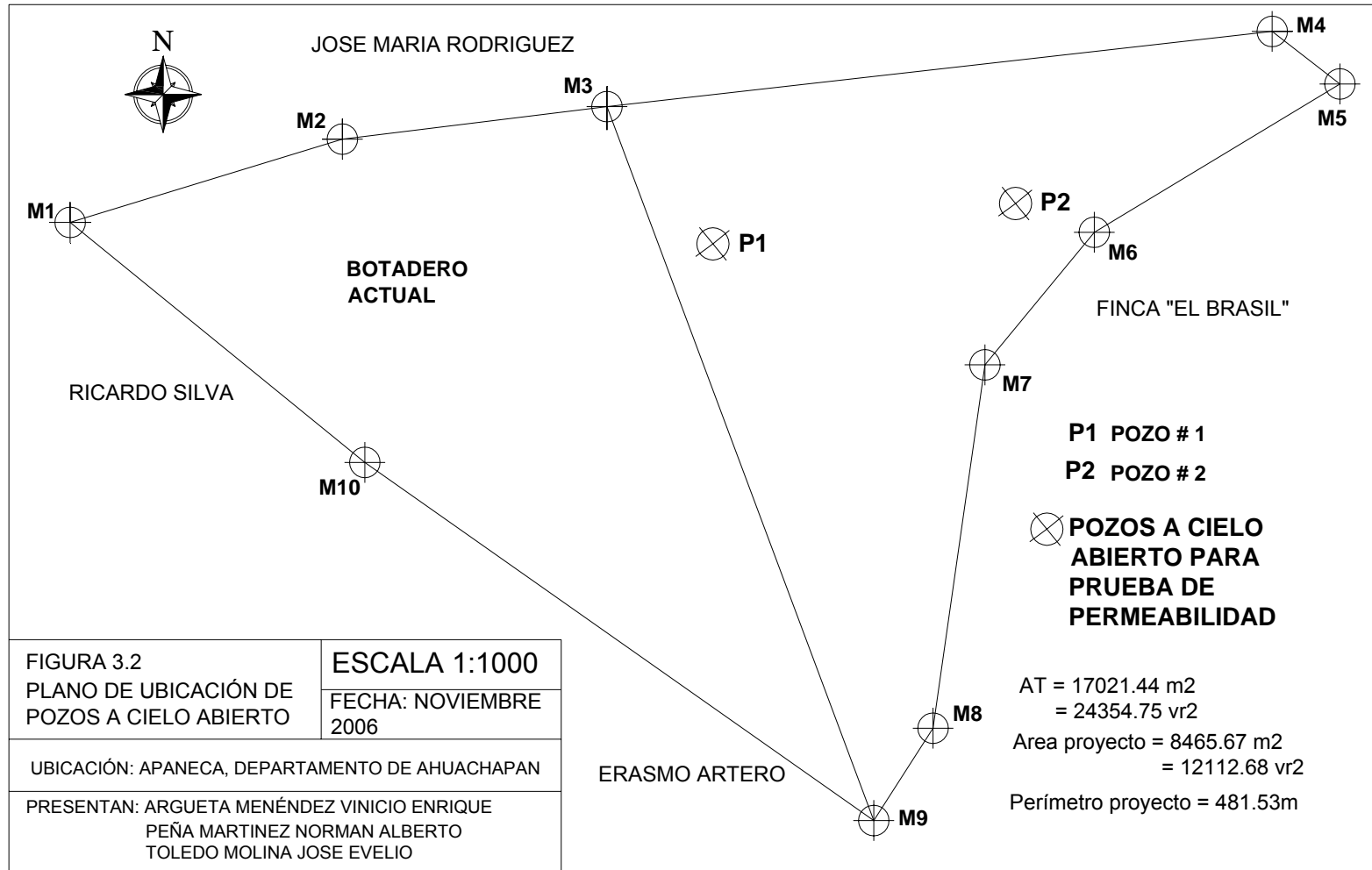
B. Si no se conserva el agua en el agujero después del período nocturno de distensión, se llena con agua clara hasta una profundidad aproximada de 15 cm sobre la grava y, desde un punto fijo de referencia, se mide el abatimiento en el nivel del agua, a intervalos aproximados de 30 minutos durante un período de 4 horas, rellenando hasta un nivel de 15 cm si fuera necesario. El abatimiento que se observa en el período final de 30 minutos se usa para calcular la velocidad de infiltración, aunque las lecturas que se hagan en los períodos precedentes proporcionan informes para posibles modificaciones al procedimiento, que permitan ajustarse a las condiciones locales.

C. En suelos arenosos (o en otros en que los primeros 15 cm de agua se infiltren en menos de 30 minutos, después del periodo nocturno de distensión), las mediciones se toman cada 10 minutos, durante el período de prueba de una hora. El descenso que ocurra en los últimos 10 minutos se usa para calcular la tasa de filtración.

Tomando en cuenta el procedimiento anterior, y considerando las características topográficas del terreno, esorrentía y el estudio de suelos del lugar, se decidió realizar la prueba en dos pozos a cielo abierto separados a 60 metros entre sí por la geometría del terreno, ubicados en el mismo sector donde se realizaron los sondeos de penetración estándar como se aprecia en la figura 3.2.

Debido a que en el terreno se encontró suelo suelto superficialmente cuyos estratos varían entre 7 y 12 metros de profundidad, según resultados obtenidos del estudio de suelo, las dimensiones de los pozos excavados fueron de 30 cm de ancho, 30 cm de largo y 40 cm de profundidad, porque no tenía sentido excavar a mayor profundidad pues el estrato superficial presenta las mismas características; además, ya que el tipo de suelo detectado es limo plástico compresible (MH) con contenidos de humedad altos, es decir saturado, el estrato en el fondo del pozo posee condiciones de poca permeabilidad cuya finalidad es la deseable.

Luego, después de limpiar el terreno para iniciar la excavación, cada pozo se limpió de material suelto después de raspar el fondo y las paredes de los mismos, con el objeto de presentar una superficie natural del suelo para que el agua se filtrara con facilidad; posteriormente se agregaron 5 cms de arena gruesa para proteger el fondo de los pozos contra socavaciones y sedimentos no deseados.



La sección transversal del pozo terminado, se muestra en la figura 3.3 junto con el método de nivelación utilizado para generar una superficie horizontal. Ver anexo 10 para observar el procedimiento de campo en la preparación de los pozos a cielo abierto.

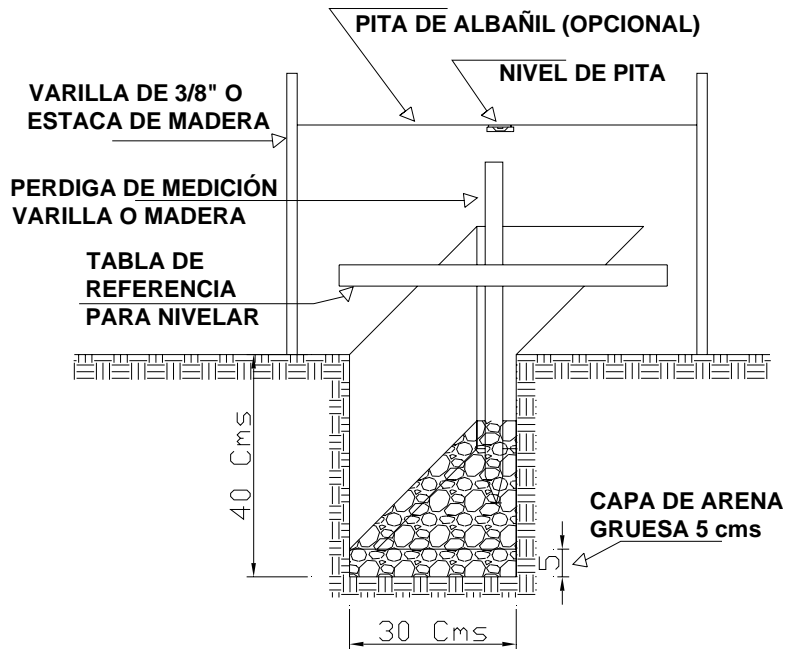


FIGURA 3.3. SECCIÓN TRANSVERSAL DE POZO TERMINADO.

Una vez terminados los pozos, en cada uno se agregó agua limpia hasta el nivel de referencia estimado, que según la prueba 30 cms de altura sobre el nivel de la capa de arena gruesa es considerado como profundidad mínima; luego, midiendo a intervalos de 30 minutos durante un periodo de 4 horas para dejarse lleno de agua toda la noche, se consiguió que el suelo logrará una amplia oportunidad de expandirse y acercarse a la condición en que se encontraría durante la estación más húmeda del año. Cabe mencionar que cada uno de los pozos se protegió con un plástico durante el periodo nocturno, para evitar que se sobresaturara en caso de lluvia, pues dicha prueba se realizó en la época del invierno. Por lo tanto, la medida de la tasa real de infiltración se determinó 24 horas después de iniciado el procedimiento.

Al regresar al día siguiente, se observó que los dos agujeros aún tenían agua, después de haber transcurrido 24 horas desde que se inicio el proceso de saturación y/o expansión del suelo, con el objeto de determinar el tiempo requerido de observación para la estimación de la permeabilidad. Luego, se llenaron ambos agujeros de prueba hasta una altura de 15 cms. arriba del nivel de arena gruesa y se midió el descenso del agua en un intervalo de 30 minutos, como se describe en el método y de ésta manera se calculó la permeabilidad del suelo en el lugar.

3.4.2 Análisis de Resultados.

Para el estudio de permeabilidad realizado en el lugar del botadero a cielo abierto se puede utilizar el cuadro 3.3, en el cual se presentan valores guías para describir la permeabilidad de los suelos y como una mejor orientación para describir la permeabilidad relativa en un estudio que no requiere tanta precisión.

CUADRO 3.3 VALORES RELATIVOS DE PERMEABILIDAD		
PERMEABILIDAD RELATIVA	VALOR DE K (cms/seg)	SUELO TÍPICO
Muy Permeable	Mayor que 1×10^{-1}	Grava gruesa
Moderadamente Permeable	1×10^{-1} a 1×10^{-3}	Arena, arena fina
Poco Permeable	1×10^{-3} a 1×10^{-5}	Arena limosa, arena sucia
Muy Poco Permeable	1×10^{-5} a 1×10^{-7}	Limo, arenisca fina
Impermeable	Menos que 1×10^{-7}	Arcilla

FUENTE: MECÁNICA DE SUELOS, TERZAGHI Y PECK

Para nuestro estudio llevado a cabo en los dos pozos excavados, los resultados obtenidos 24 horas después de iniciado el proceso, se presentan en el cuadro 3.4.

CUADRO 3.4 PERMEABILIDAD K EN Cms/Seg. DEL SUELO EN EL LUGAR DE ESTUDIO		
POZO	K	OBSERVACION
P1	5.3×10^{-4}	LIMO PLASTICO
P2	6.7×10^{-4}	COMPRESIBLE

FUENTE: Grupo de tesis, noviembre de 2006

De los resultados anteriores, clasificamos al suelo del terreno que ocupa el botadero como un suelo Poco Permeable según el cuadro 3.3, y de acuerdo al Reglamento Especial sobre el Manejo Integral de los Desechos Sólidos, en el Anexo: Características de las Áreas destinadas para Relleno Sanitario, sección b, el valor máximo permisible de "K" es de 1×10^{-7} cms/seg, por lo tanto, al realizar las comparaciones respectivas se observa que las características de permeabilidad del suelo del botadero, están dentro del rango aceptable.

3.5 DIAGNOSTICO AMBIENTAL DEL LUGAR.

Un botadero o vertedero a cielo abierto es un área de disposición final de residuos sólidos sin control, en la cual dichos residuos se arrojan sobre el suelo o se entierran sin tomar en cuenta los procedimientos técnicos de un Relleno Sanitario. En cualquier caso, ocasionan impactos ambientales adversos especialmente sobre el suelo, el agua, el paisaje y la comunidad vecina.

Un impacto es definido como cualquier cambio en el sistema ambiental físico-químico, biológico, cultural y/o socio-económico, que se puede atribuir a actividades humanas relacionadas con el estudio de las alternativas de un proyecto, que para el caso esta referido al saneamiento del botadero a cielo abierto del Municipio de Apaneca.

Por tanto, el primer paso para el análisis ambiental de dicho botadero será la descripción de las actividades humanas, que de una u otra forma están afectando los Aspectos Ambientales observados actualmente en el lugar.

3.5.1 Descripción de las actividades sujetas a Diagnostico.

En relación con las acciones encontradas en el botadero a cielo abierto, se observaron dos grandes actividades que agrupan a sub actividades que de una u otra forma intervienen en tales procesos. Estas actividades son: Siembra de cultivos y la Disposición final de los desechos sólidos. A continuación se describen cada una de ellas.

- Siembra de Cultivos: como se mencionó anteriormente, esta actividad esta siendo desarrollada en el actual terreno utilizado como botadero, en el sector Oriente, donde se observaron siembras de Tomates y Maíz. Si tomamos en cuenta los aspectos descritos en el cuadro 3.2 que clasifica los suelos agrícolas, dicha actividad resulta ser inapropiada para este tipo de cultivo, ya que como se verá más adelante afecta el Uso del Territorio de dicho terreno.
- Disposición final de desechos sólidos: esta quizá sea la actividad más evidente, puesto que no solo afecta al Suelo en sí, sino que además

se generan una gran cantidad de sub actividades que conllevan a generar un impacto en otros aspectos ambientales, como el Aire, el Agua, las Vistas Panorámicas, la Salud Pública, entre otros.

3.5.2 Descripción de los Aspectos Ambientales Afectados Directamente por las Actividades.

La información que a continuación se presenta ha sido obtenida mediante el formato de campo que se presenta en el anexo 11. El formato se lleno de acuerdo a una inspección visual del lugar y consultas a pobladores cercanos al botadero por parte del grupo de tesis.

AREA FISICO-QUIMICA

- FACTOR: AGUA SUPERFICIAL.
 - ELEMENTO AFECTADO:
 - CALIDAD DEL AGUA: este aspecto se ver afectado por la generación de lixiviados¹¹ provenientes del botadero actual, los cuales son arrastrados por la escorrentía superficial y van a parar a la quebrada de invierno que atraviesa el basurero.
- FACTOR: SUELO.
 - ELEMENTO AFECTADO:
 - USO POTENCIAL DEL SUELO: este se ve afectado por la ocupación del terreno en sí para la disposición final de los desechos.
 - CALIDAD DEL SUELO: la infiltración de lixiviados hace que este elemento se vea afectado reduciendo la calidad del suelo para fines agrícolas apropiados.

¹¹ Lixiviado: Líquido que se filtra al suelo, producto de los desechos sólidos u otros medios y que al disolverse puede contener materiales potencialmente dañinos.

- ESTABILIDAD: debido a que la conformación del terreno se realiza con material orgánico y suelto, que son los desechos que se depositan en el lugar, la estabilidad del mismo es muy baja y por ende peligrosa.
- FACTOR: ATMOSFERA.
- ELEMENTO AFECTADO:
 - CALIDAD DEL AIRE: se ve afectada por los gases generados por la descomposición de los desechos sólidos, que en su mayoría son gases inflamables.
- FACTOR: PROCESOS.
- ELEMENTO AFECTADO:
 - MÉTODOS DE TRATAMIENTO: actualmente el método utilizado para tratar el desecho sólido no es el apropiado, puesto que no se le da compactación al terreno y los desechos se entierran en cualquier parte del lugar retirado del botadero.

AREA ECOLOGICA

- FACTOR: FLORA.
- ELEMENTO AFECTADO:
 - VEGETACION: no se encuentra vegetación en el terreno utilizado actualmente como botadero, debido a la disposición de los desechos en ese lugar.

AREA CULTURAL

- **FACTOR: USOS DEL TERRITORIO.**
 - **ELEMENTO AFECTADO:**
 - **AGRICULTURA:** actualmente en el sector Oriente del terreno se cultivan Maíz y Tomate, cultivos no fijos que empobrecen el suelo, por lo que se requiere de cultivos permanentes basado en la naturaleza de los suelos del lugar.

- **FACTOR: ESTETICO.**
 - **ELEMENTO AFECTADO:**
 - **VISTAS PANORAMICAS:** por la naturaleza turística de Apaneca y por encontrarse el botadero al lado de la calle que conduce a un lugar recreativo como lo es la laguna Verde, el paisaje es afectado por la visualización de los promontorios de basura acumulada en el lugar.
 - **OLOR:** por el hecho de acumular grandes cantidades de basura a cielo abierto, el olor emanado por ésta afecta las zonas aledañas al botadero.

- **FACTOR: CULTURAL.**
 - **ELEMENTO AFECTADO:**
 - **SALUD Y SEGURIDAD:** la proliferación de insectos y roedores, los cuales son portadores de enfermedades intestinales, en su mayoría, afectan directamente la salud de los habitantes aledaños a la zona.

AREA SOCIO-ECONOMICA

➤ FACTOR: GENERAL.

○ ELEMENTO AFECTADO:

- SALUD PÚBLICA: específicamente de los trabajadores del lugar, ya que a pesar de contar con el equipo básico para las operaciones del manejo del desecho, en muchos casos no toman las medidas apropiadas para el desarrollo de las actividades.

Finalmente de los estudios de Ubicación, Suelo, Permeabilidad, entre otros realizados en el sitio de disposición final actual del Municipio de Apaneca, se puede concluir que el lugar cumple con todos los requisitos establecidos para la implementación de Rellenos Sanitarios por la Legislación Salvadoreña, por lo que concluida la etapa de los estudios básicos necesarios para el Relleno Sanitario Manual, se procede al análisis del Diseño y Presupuesto de dicha obra, cuya información obligatoria para iniciar el Diseño, se obtiene del Diagnostico del Sistema de Aseo Público y de los Estudios Básicos del Municipio de Apaneca, que se describieron anteriormente.

**CAPITULO IV
DISEÑO Y PRESUPUESTO DEL
RELLENO SANITARIO
NO MECANIZADO**

4.1 DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL

Terminada la etapa del Diagnostico del sistema de Recolección, Transporte y disposición final de los desechos sólidos de la ciudad de Apaneca, para posteriormente evaluar el sitio donde se implementará el Relleno Sanitario mediante los Estudios Básicos del capítulo anterior, se procede a diseñar y a evaluar los costos que serán necesarios para la ejecución del proyecto.

El diseño y presupuesto a elaborar corresponden a un Relleno Sanitario Manual; un Relleno Sanitario de este tipo se presenta como una alternativa técnica y económica, ya que mediante la técnica de la operación manual, sólo se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas, y excavación de zanjas o material de cobertura de acuerdo con el avance y método de relleno.

Para iniciar el “diseño” del Relleno Sanitario, es necesario tomar en cuenta los resultados obtenidos del Diagnostico del sistema de Recolección, Transporte y disposición final de los desechos sólidos del Municipio de Apaneca; los datos necesarios para dicho diseño son los siguientes:

- Población del área urbana (Apaneca y Salcoatitan) 4,061 hab.; 2628 hab.
- Tasa de crecimiento urbano de Apaneca¹² 1.82% anual
- Tasa de crecimiento urbano de Salcoatitan¹² 1.80% anual
- Cobertura del servicio 99.90%
- Producción per cápita de Apaneca 2.78 ton/día
- Producción per cápita de Salcoatitan 1.29 ton/día
- Densidad de los desechos sólidos compactados¹³ 450 kg/m³
- Densidad de los desechos sólidos estabilizados¹³ 550 kg/m³

¹² FUENTE: Alcaldías Municipales.

¹³ Guía para el diseño, construcción y operación de Rellenos Sanitarios Manuales, OPS, Washington, septiembre de 1991. Valores promedio.

Estos resultados serán de utilidad para el análisis de las proyecciones de población, producción per cápita y cantidad de desechos sólidos desde el periodo de inicio hasta el periodo de vida útil estimado del Relleno Sanitario, los cuales se presentan a continuación:

1. Proyección de la población:

Para definir las cantidades de desechos sólidos que se deben disponer durante el período de diseño, es de suma importancia realizar una proyección de la población de los Municipios de Apaneca y Salcoatitan; de los métodos matemáticos el crecimiento geométrico es el más acertado, el cual asume una tasa de crecimiento “r” constante. La siguiente expresión muestra su cálculo para un periodo de 20 años proyectado del Relleno Sanitario:

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

Si el periodo inicial $n=0$ corresponde al año actual 2006, con una tasa de crecimiento poblacional de la zona urbana en la ciudad de Apaneca de 1.82% anual y si $Po=4,061$ habitantes, es decir la población actual, entonces:

$$Pf = 4061 (1 + 0.0182)^0 = 4,061 \text{ hab.}$$

Si $n=1$, correspondiente al año 2007, entonces la población futura “Pf” será:

$$Pf = 4061 (1+0.0182)^1 = 4,135 \text{ hab.}$$

$$Pf = 4061 (1+0.0182)^2 = 4,210 \text{ hab.}$$

.....

$$Pf = 4061 (1+0.0182)^{20} = 5,825 \text{ hab.}$$

De forma similar se procede con el Municipio de Salcoatitan, empleando una tasa de crecimiento urbano de 1.80% anual y un valor de $P_0 = 2628$ habitantes. Ejemplo:

$$P_f = 2,628 (1 + 0.0180)^0 = 2,628 \text{ hab.}$$

.....

$$P_f = 2,628 (1 + 0.0180)^{20} = 3,755 \text{ hab.}$$

Luego se suman las proyecciones de población de ambos Municipios, para el año respectivo y de esta misma forma se continúa con cada período considerado hasta el año 20 correspondiente al año 2026. Los resultados de este cálculo, se muestran más adelante en el cuadro 4.1, columna 2, donde se analiza el volumen y área requerida para el Relleno Sanitario.

2. Proyección de la producción Per cápita:

Para el cálculo de la producción per cápita, debido a que difícilmente se encuentran cifras que den idea de cómo puede variar anualmente, la Guía de Diseño de la OPS recomienda calcular la producción per cápita total con una tasa de incremento del 1% anual; si para el año actual en Apaneca se tiene un $ppc_0 = 0.685 \text{ kg/hab/día}$ y en Salcoatitan un $ppc_0 = 0.489 \text{ kg/hab/día}$, para poder realizar la proyección es necesario obtener un ppc_0 de diseño que considere a ambos Municipios. Este valor se puede determinar de la siguiente forma:

$$Ppc = \frac{0.685 + 0.489}{2} = 0.587 \text{ kg / hab / día}$$

Sin embargo, el ppc_0 de diseño también se puede determinar empleando otra metodología considerando que se proyecta para dos Municipios; para el cálculo se utiliza la siguiente expresión:

$$Ppc = \frac{Dsr}{Pob \times d \times Cob}$$

Dicha expresión se empleó anteriormente en el Capítulo II, sección 2.3.1 para determinar las producciones per capitas de ambos Municipios. Ahora bien, para calcular el ppc_0 de diseño se toma en cuenta que tanto el valor de “d” como el de “Cob”, coinciden para los dos Municipios y por lo tanto, es válido realizar el análisis que se presenta a continuación:

Dsr = Producción de Apaneca + producción de Salcoatitan

Pob = Población de Apaneca + población de Salcoatitan

Cob = Cobertura: 1 (para ambos Municipios)

d = Días de la semana: 7 (para ambos Municipios)

$$Ppc_{DISEÑO} = \frac{(19471.2kg + 9000kg)}{((4061.0 + 2628.0) \times 7 \times 1)} = 0.6081kg / hab / día$$

Luego, al comparar ambos resultados de 0.587 a 0.6081 del cálculo anterior, se concluye que el valor del segundo análisis para la producción per cápita de diseño, corresponde al caso más desfavorable, ya que se estaría diseñando para la mayor producción de desechos y por lo tanto, será el resultado a utilizar en la proyección considerada.

En la columna 3 del cuadro 4.1 se observan los resultados del siguiente cálculo:

$$Ppc_1 = Ppc_0 + (1\%)$$

$$Ppc_1 = 0.6081 \times 1.01 = 0.6142 \text{ kg/hab/día}$$

$$Ppc_2 = Ppc_1 + (1\%)$$

$$Ppc_2 = 0.6142 \times 1.01 = 0.6203 \text{ kg/hab/día}$$

...Y se continúa de esta forma, hasta el año 20.

3. Proyección de la cantidad de desechos sólidos:

El conocimiento de la producción de desechos sólidos nos permite establecer, cual debe ser el equipo de recolección más adecuado, la cantidad de personal, la frecuencia de recolección, la necesidad de área para la disposición final, entre otros. Para ello es necesario determinar la cantidad de desechos sólidos producidos “Dsp” diaria, anual y acumulada de ambos Municipios; a continuación se muestra el cálculo respectivo:

a. La Producción diaria se calcula: $Dsp_0 \text{ (año cero, 2006)} = Pob_0 \times ppc_0$

$$Dsp_0 = (4,061 + 2628) \times 0.6081$$

$$Dsp_0 = 4,067.58 \text{ kg/día}$$

Y así sucesivamente para el resto de años, multiplicando columna 2 por columna 3 para obtener la producción diaria en la columna 4, del cuadro 4.1.

b. La producción anual se determina: $Dsp \times 365 \text{ días}$

$$Dsp_0 \times 365 \text{ días} = 4,067.58 \text{ kg} \times 365 \text{ días/año} \times 1\text{ton}/1000\text{kg}$$

$$= 1,484.67 \text{ ton/año}$$

$$Dsp_1 \times 365 \text{ días} = 4,182.70 \text{ kg} \times 365 \text{ días/año} \times 1\text{ton}/1000\text{kg}$$

$$= 1,526.69 \text{ ton/año}$$

Y así sucesivamente para el resto de años, cuyos resultados se muestran en la columna 5, del cuadro 4.1.

- c. Los resultados de la cantidad de desechos acumulados, se presentan en la columna 6 del cuadro 4.1, simplemente sumando los datos calculados de la columna 4.

4.1.1 Cálculo del Volumen necesario.

Para determinar la capacidad del Relleno Sanitario, los requerimientos de espacio están en función de la producción Per cápita de desechos sólidos generados en las ciudades de Apaneca y Salcoatitan, es decir 2.78 ton/día y 1.29 ton/día, obtenidos del Capítulo II, sección 2.3.1, correspondiente a una cobertura de recolección de 99.90% en la zona urbana de Apaneca; además son necesarias las densidades estabilizadas y compactadas equivalentes a 0.550 ton/m³ y 0.450 ton/m³ respectivamente, y finalmente se requiere que la cantidad de material de cobertura se considere como el 25% del volumen estabilizado de desecho.

4.1.1.1 Volumen de desechos sólidos.

Para determinar el volumen diario y anual de desechos sólidos, se procede de la siguiente forma:

$$V_{diario} = \frac{Dsp}{Drsm}$$

$$V_{anual} = V_{diario} \times 365días$$

Donde:

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

V_{anual} = Volumen de desechos sólidos en un año ($\text{m}^3/\text{año}$).

D_{sp} = Cantidad de desechos sólidos producidos diariamente ($\text{kg}/\text{día}$).

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

Los resultados obtenidos del cálculo del volumen necesario se muestra en el cuadro 4.1, en las columnas 7, 8, y 9, es decir, volumen compactado diario y anual, y volumen estabilizado por año. El cálculo del volumen se presenta a continuación, mediante ejemplos de aplicación:

1. Volumen diario compactado: $V_{\text{diario}} = (D_{\text{sp}}/D_{\text{rsm}_{\text{comp}}})$, (D_{sp} col 4, cuadro 4.1)

$$= 4,067.58 \text{ kg}/450 \text{ kg}/\text{m}^3$$
$$= 9.04 \text{ m}^3/\text{día} \text{ (columna 7, cuadro 4.1)}$$

2. Volumen anual compactado: $V_{\text{anual}} = V_{\text{diario}} \times 365 \text{ días/año}$

$$= 9.04 \text{ m}^3/\text{día} \times 365 \text{ días/año}$$
$$= 3,299.60 \text{ m}^3/\text{año} \text{ (col 8, cuadro 4.1)}$$

3. Volumen anual estabilizado:

$$V_{\text{anual estab.}} = (D_{\text{sp}} \text{ col 4, cuadro 4.1}/D_{\text{rsm}_{\text{estab.}}}) \times 365 \text{ días/año}$$
$$= 4,067.58 \text{ kg}/550 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 365 \text{ días/año}$$
$$= 2,699.39 \text{ m}^3/\text{año} \text{ (columna 9, cuadro 4.1)}$$

4.1.1.2 Volumen del Relleno Sanitario Manual.

El análisis del Volumen del Relleno Sanitario, consiste en sumar los volúmenes de los desechos producidos y el volumen de material de cobertura, considerando un factor del 25% del volumen estabilizado de desecho para obtener la capacidad necesaria del Relleno. Este análisis viene dado de la siguiente manera:

$$V_{RS} = V_{Anual} \times M_C$$

Donde:

V_{RS} = Volumen del Relleno Sanitario ($m^3/año$)

V_{Anual} = Volumen de desechos sólidos en un año ($m^3/año$); col 9, cuadro 4.1

M_C = factor de material de cobertura (1.25).

A continuación se muestra el cálculo al emplear la ecuación anterior:

$$V_{RS} = V_{Anual} \times M_C$$

$$V_{RS(0)} = 2,699.39 \text{ m}^3/año \times 1.25$$

$$V_{RS(0)} = 3,374.24 \text{ m}^3/año$$

.....

$$V_{RS(20)} = 4717.37 \text{ m}^3/año \times 1.25$$

$$V_{RS(20)} = 5,896.71 \text{ m}^3/año pendiente$$

En la columna 10 del cuadro 4.1 se muestran los volúmenes del Relleno Sanitario del cálculo anterior.

Para conocer el volumen total ocupado por el Relleno Sanitario durante la vida útil, se procede de la siguiente forma:

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

Donde:

V_{RSVU} = Volumen total de Relleno Sanitario durante la vida útil (m^3)

n = número de años de vida útil.

En la columna 11 del cuadro 4.1 se presentan los resultados de los volúmenes acumulados anualmente, lo cual permitirá determinar la vida útil al compararla con la capacidad volumétrica del sitio.

4.1.2 Cálculo del área requerida.

Se puede estimar el área requerida para la construcción del Relleno Sanitario, para lo cual es necesario considerar los siguientes factores:

- A. Cantidad de desechos sólidos a disponer: esta se determinó mediante el cálculo del volumen y también es necesario considerar la cota final a la que se pretende llegar en el relleno.
- B. Cantidad de material de cobertura: la cantidad de material de cobertura se ha considerado como el 25% del volumen estabilizado de desecho.
- C. Densidad de compactación de los desechos sólidos: se asumió un valor de $0.45 \text{ ton}/m^3$ según Guía de Diseño, para determinar el volumen compactado diario y anualmente.

- D. Profundidad o altura del Relleno Sanitario: depende principalmente de la cantidad de desechos sólidos que se van a incorporar en el terreno a lo largo de la vida útil.
- E. Capacidad volumétrica del terreno: el volumen calculado para el terreno, deberá ser igual o mayor que el volumen requerido mostrado en el cuadro 4.1, columna 11.
- F. Áreas adicionales para obras complementarias: estas comprenden todas las obras hidráulicas por diseñar, la oficina administrativa, instalaciones sanitarias, patios de maniobras, vías de acceso, entre otros.

Para el cálculo del área requerida, se emplea la siguiente fórmula:

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

Donde:

V_{RS} = Volumen necesario del Relleno Sanitario, obtenido de la columna 11, cuadro 4.1, es decir el V_{RSVU} durante su vida útil ($m^3/año$).

A_{RS} = Área a rellenar continuamente (m^2).

H_{RS} = Altura o profundidad media del Relleno Sanitario (m).

Luego, para Relleno Sanitario Manual, se considera una profundidad promedio de H_{RS} = 8 mts, entonces el cálculo del área a rellenar es el siguiente:

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

$$A_{RS(0)} = 3,374.24 \text{ [m}^3\text{/año]} / 8 \text{ [m]} = 421.78 \text{ m}^2$$

.....

$$A_{RS(20)} = 95,013.50 \text{ [m}^3\text{/año]} / 8 \text{ [m]} = 11,876.69 \text{ m}^2$$

Los resultados de este cálculo se muestran en la columna 12 del cuadro 4.1. Luego, para determinar el área total requerida se emplea la siguiente expresión:

$$A_T = F \times A_{RS}$$

Donde:

A_T = Área total requerida (m^2)

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de aislamiento, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este se considerará el 30% del área a rellenar.

A_{RS} = Área a rellenar continuamente (m^2) columna 12, cuadro 4.1

Los resultados del cálculo siguiente se presentan en la columna 13 del cuadro 4.1.

$$A_T = F \times A_{RS}$$

$$A_{T(0)} = 1.30 \times 421.78 \text{ m}^2 = 548.31 \text{ m}^2$$

$$A_{T(1)} = 1.30 \times 855.50 \text{ m}^2 = 1,112.15 \text{ m}^2$$

.....

$$A_{T(20)} = 1.30 \times 11,876.69 \text{ m}^2 = 15,439.69 \text{ m}^2$$

Luego, como el área total calculada de 15,439.69 m^2 es menor que el área del terreno de 17,021.44 m^2 , no existe problema de espacio o área requerida. A continuación se muestra el cuadro 4.1, en donde se presentan los resultados obtenidos de los cálculos anteriores, constituyendo el Procesamiento de datos del Volumen y del Área requerida para el Relleno Sanitario Manual del Municipio de Apaneca, proyectado para 20 años.

**CUADRO 4.1. CÁLCULO DEL VOLUMEN Y ÁREA REQUERIDA
RELLENO SANITARIO MANUAL DEL MUNICIPIO DE APANECA. MARZO DE 2007**

C	Población (Hab.)	PPC Kg/hab/día	CANTIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS			VOLUMEN DE DESECHOS SÓLIDOS					ÁREA REQUERIDA	
			Diaria (Kg)	Anual (Ton)	Acumulada (Ton)	Compactados		Estabilizados Anual (m ³)	Rellenos		Relleno A _{RS} Acumulado (M ²)	Total AT (M ²)
						Diario (m ³)	Anual (m ³)		V _{anual} estab X Mc Anual (m ³)	Acumulado V _{RSVU} (m ³)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0/2006	6,689	0.6081	4,067.58	1484.67	1484.67	9.04	3299.26	2699.39	3374.24	3374.24	421.78	548.314
1	6,810	0.6142	4,182.70	1526.69	3011.36	9.29	3392.63	2775.79	3469.74	6843.98	855.50	1112.15
2	6,933	0.6203	4,300.54	1569.70	4581.05	9.56	3488.22	2853.99	3567.49	10411.47	1301.43	1691.86
3	7,059	0.6265	4,422.46	1614.20	6195.25	9.83	3587.11	2934.91	3668.63	14080.10	1760.01	2288.02
4	7,187	0.6328	4,547.93	1659.99	7855.24	10.11	3688.88	3018.17	3772.71	17852.82	2231.60	2901.08
5	7,317	0.6391	4,676.29	1706.85	9562.09	10.39	3792.99	3103.36	3879.20	21732.01	2716.50	3531.45
6	7,450	0.6455	4,808.98	1755.28	11317.37	10.69	3900.62	3191.41	3989.27	25721.28	3215.16	4179.71
7	7,585	0.6520	4,945.42	1805.08	13122.45	10.99	4011.29	3281.96	4102.45	29823.73	3727.97	4846.36
8	7,722	0.6585	5,084.94	1856.00	14978.45	11.30	4124.45	3374.55	4218.19	34041.92	4255.24	5531.81
9	7,863	0.6651	5,229.68	1908.83	16887.28	11.62	4241.85	3470.61	4338.26	38380.18	4797.52	6236.78
10	8,005	0.6717	5,376.95	1962.59	18849.87	11.95	4361.30	3568.34	4460.42	42840.60	5355.08	6961.60
11	8,150	0.6784	5,528.96	2018.07	20867.94	12.29	4484.60	3669.22	4586.52	47427.13	5928.39	7706.91
12	8,297	0.6852	5,685.10	2075.06	22943.00	12.63	4611.25	3772.84	4716.05	52143.18	6517.90	8473.27
13	8,448	0.6921	5,846.86	2134.10	25077.11	12.99	4742.45	3880.19	4850.24	56993.41	7124.18	9261.43
14	8,602	0.6990	6,012.80	2194.67	27271.78	13.36	4877.05	3990.31	4987.89	61981.30	7747.66	10071.96
15	8,757	0.7060	6,182.44	2256.59	29528.37	13.74	5014.65	4102.89	5128.62	67109.92	8388.74	10905.36
16	8,916	0.7130	6,357.11	2320.35	31848.71	14.13	5156.32	4218.81	5273.51	72383.43	9047.93	11762.31
17	9,077	0.7202	6,537.25	2386.10	34234.81	14.53	5302.44	4338.36	5422.95	77806.38	9725.80	12643.54
18	9,242	0.7274	6,722.63	2453.76	36688.57	14.94	5452.80	4461.38	5576.73	83383.10	10422.89	13549.75
19	9,409	0.7346	6,911.85	2522.83	39211.39	15.36	5606.28	4586.96	5733.69	89116.80	11139.60	14481.48
20/2026	9,580	0.7420	7,108.36	2594.55	41805.95	15.80	5765.67	4717.37	5896.71	95013.50	11876.69	15439.69

FUENTE: Grupo de tesis

4.1.3 Selección del método constructivo.

El método para construir el diseño del Relleno Sanitario, depende de algunas condiciones del sitio como:

- A. la configuración topográfica del terreno.
- B. características del suelo.
- C. la disponibilidad de tierra para cobertura, entre otros.

Por ello, es necesario presentar los planos que orienten el inicio de las operaciones así como el desarrollo y avance de la obra.

Para el diseño del Relleno Sanitario tomando como base el terreno en estudio, se optó por utilizar el método de área, el cual consiste en construir el Relleno Sanitario sobre la superficie del terreno o bien para rellenar una depresión. De esta forma las basuras pueden depositarse directamente sobre el suelo original elevando el nivel algunos metros. En este caso, el material de cobertura deberá ser extraído de la capa superficial y convendrá establecer una pendiente suave mientras se construye, para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno.

Para llevar a cabo las operaciones del Relleno Sanitario por medio del método de área, es necesario considerar la configuración del terreno original, la cual se observa en el anexo 7 donde se muestra la altimetría del terreno; también es necesario determinar la configuración inicial de desplante o suelo de soporte, la que servirá para construir las obras de infraestructura obligatorias como para brindar una adecuada base de soporte al Relleno Sanitario, obteniendo el material de cobertura del propio terreno. Finalmente, al final de la

vida útil el relleno tendrá una elevación máxima establecida, que corresponderá a la configuración final de la obra la cual deberá proyectarse.

Dado que la naturaleza topográfica actual del terreno, posee una configuración que tiende a ser irregular con pendientes suaves y una vaguada que funciona como quebrada de invierno, se proyectan para determinar los niveles de desplante 5 áreas específicas que deberán prepararse para la configuración de las terrazas, en donde se realizará la operación del Relleno Sanitario durante su vida útil. Para ello, es necesario establecer la cota de desplante y la cota final de la obra, las cuales se constituyen por medio de perfiles que muestren los niveles del relleno para cada una de las 5 terrazas proyectadas.

En las figuras 4.1 a y 4.1 b se presentan los perfiles de configuración de desplante para las terrazas del Relleno Sanitario, partiendo de la cota 1483 y elevando los niveles según cada caso. La cota final depende de la naturaleza propia del terreno considerando una altura proyectada de 8 metros, la cual también puede apreciarse en los perfiles, cuya elevación máxima estará sobre los 1499 metros.

Por otra parte, en la figura 4.2 se muestra la propuesta de terrazas para el relleno, la cual, al igual que los perfiles de la figura 4.1 servirán para la orientación respectiva de los movimientos de tierra, obtener material de cobertura de los cortes realizados en el terreno, así como para la programación en la conformación de las terrazas y avance de la obra.

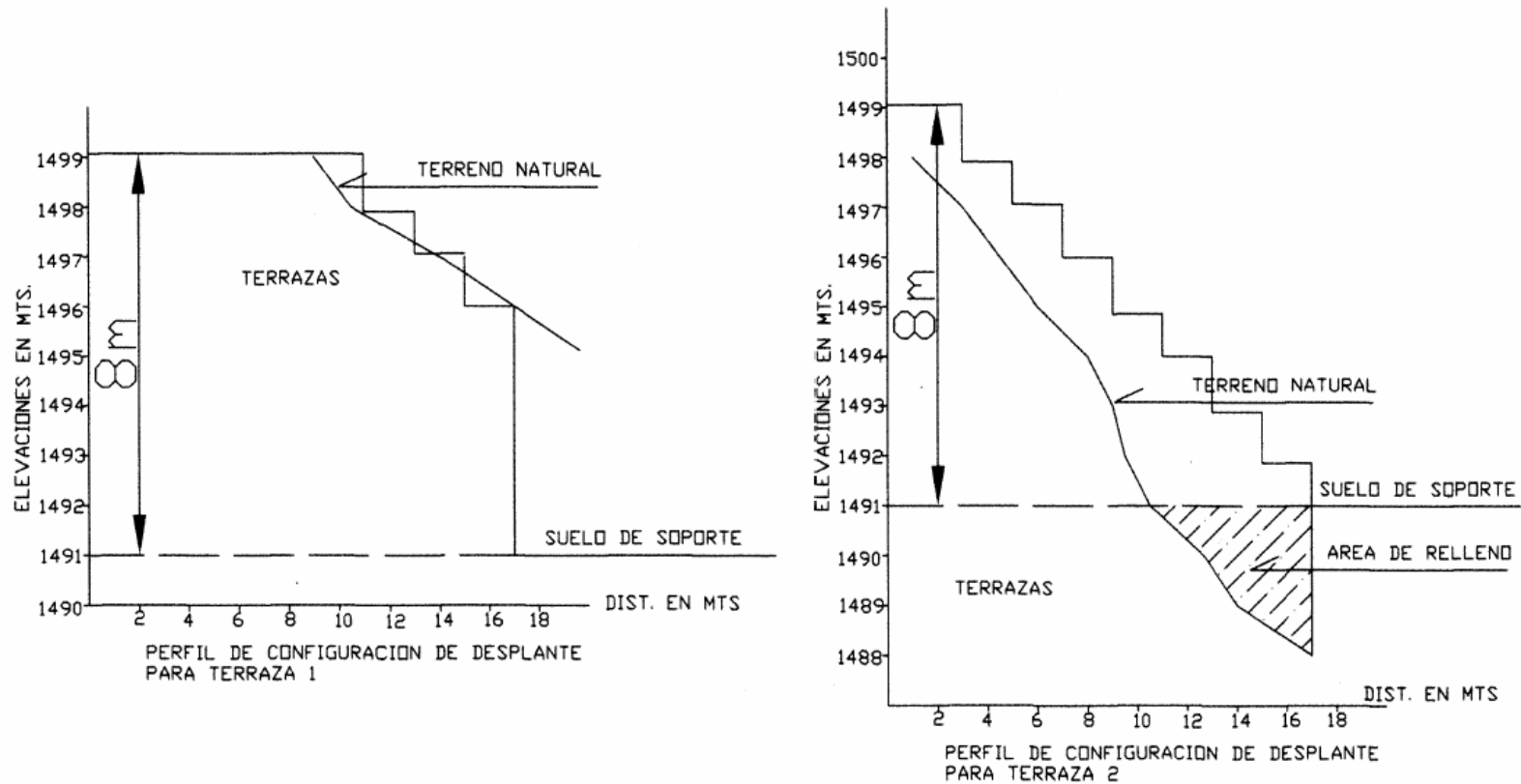


Figura 4.1a. Perfiles de configuración de desplante para terrazas 1 y 2 del Relleno Sanitario
Escala: vertical 1:125, horizontal 1:250

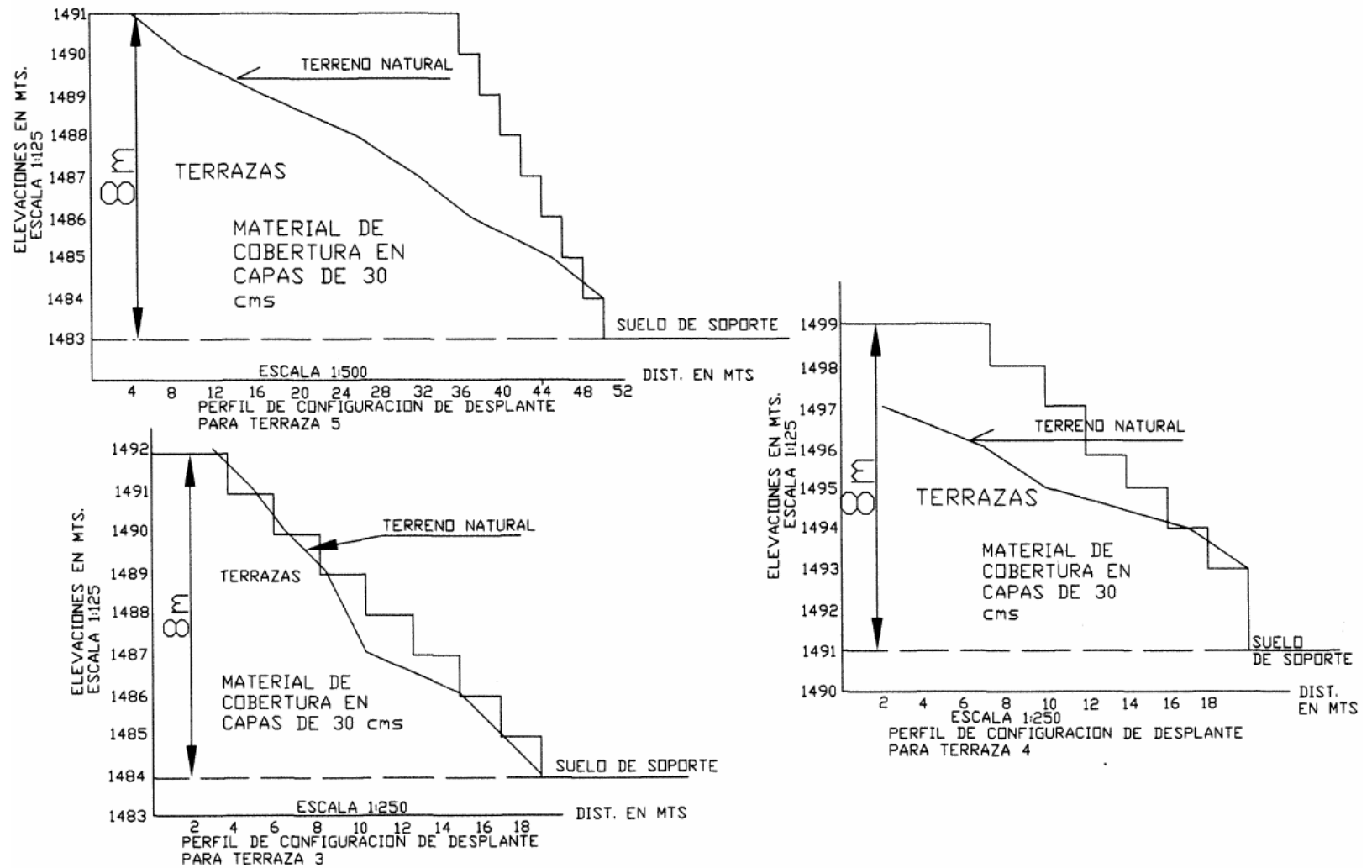
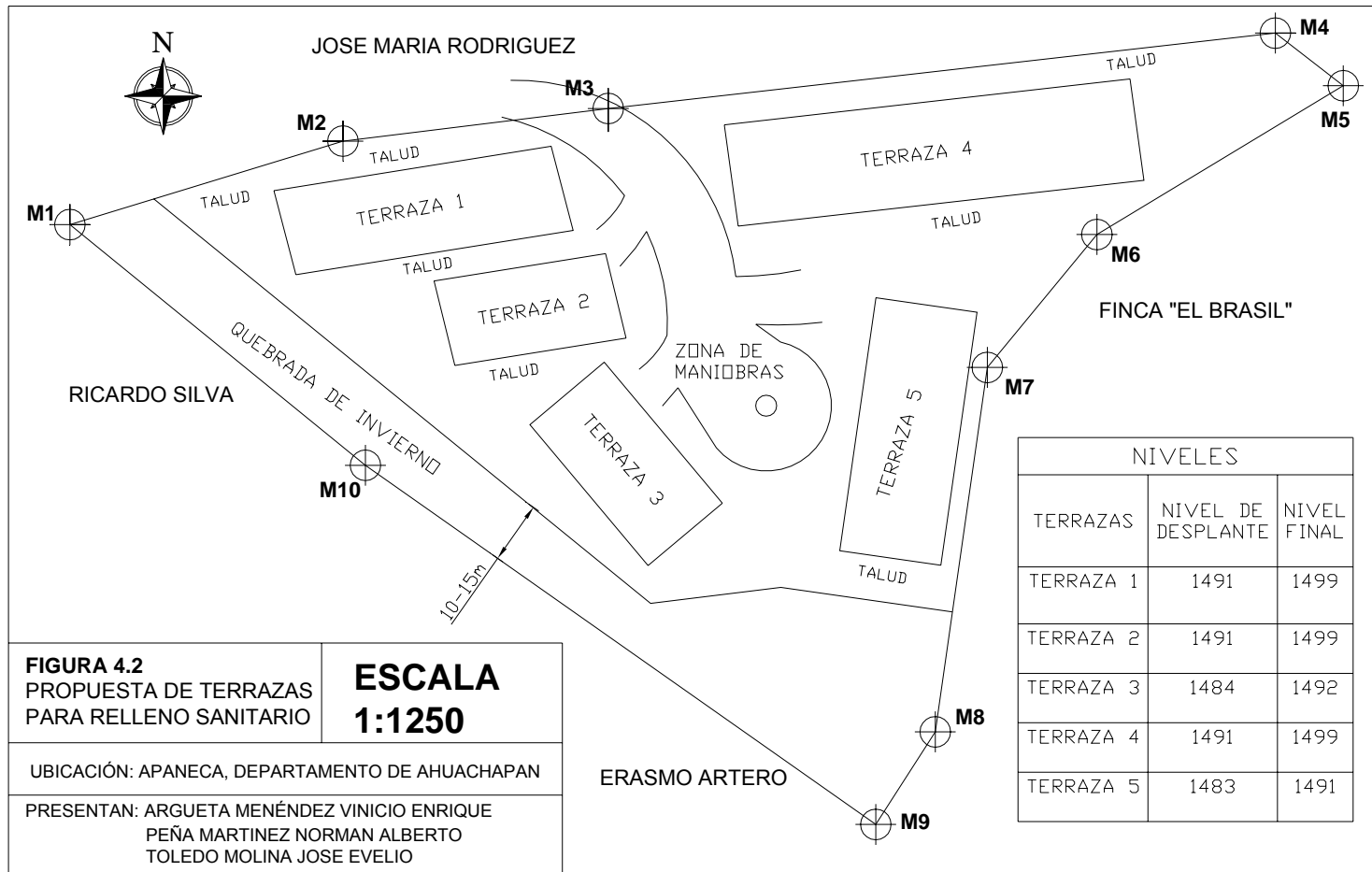


FIGURA 4.1b. Perfiles de configuracion de desplante para terrazas 3, 4 y 5 del Relleno Sanitario. Escalas indicadas



4.1.4 Cálculo de la vida útil.

Para determinar la capacidad volumétrica del Relleno Sanitario necesaria para la estimación de la vida útil del mismo, se calcula el volumen comprendido entre las superficies de desplante de las terrazas y la superficie final a la que se llegará con el relleno. Para esto se utilizará el Método de la Retícula, que consiste en cubrir el área de la superficie de desplante con una retícula de cuadrados y obtener los niveles de sus vértices; el volumen total se calcula como la suma de volúmenes de todos los prismoides que tienen como área transversal un cuadrado de la retícula, y como altura la distancia a la superficie final del relleno. Esta altura estará dada por el promedio de las distancias entre la superficie de la configuración final del relleno y los vértices del cuadrado, cuyo volumen se determinó utilizando un programa de calculadora. Los resultados del cálculo se muestran en el cuadro 4.2, donde se presenta el volumen disponible para el Relleno Sanitario de Apaneca:

CUADRO 4.2 Capacidad y material de cobertura por terraza						
Nivel de desplante (m)	Terraza	Área de terraza (m ²)	Corte (m ³)	Relleno (m ³)	Volumen Total (m ³)	Material de cobertura (m ³)
1491	1	935	8,390	0	8,580	2,244
1491	2	490	1,343	823	4,122	1,176
1484	3	684	3,802	0	4,483	1,642
1491	4	1,600	6,180	0	11,875	3,840
1483	5	1,000	11,223	0	21,638	2,400
	TOTAL	4,709	30,938	823.0	50,698	11,302

FUENTE: Grupo de tesis

$$\begin{aligned}
 \text{El material sobrante será} &= \text{Vol. de corte} - \text{Vol. de relleno} - \text{Vol. de cobertura} \\
 &= 30,938 - 823 - 11,302 \\
 &= 18,813 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Este material se usará en la cobertura final del Relleno y para otros fines, como conformación de taludes, entre otros. Luego, del cuadro anterior con el valor total del Volumen igual a 50,698 m³, se compara con la columna 11 del cuadro 4.1, en donde aparecen los volúmenes acumulados de los desechos sólidos por año, y se interpola partiendo del valor igual o ligeramente mayor hasta encontrar en la columna 1 el número de años que equivale a la “vida útil del relleno”, que para el caso en estudio es de:

$$\text{Vida útil} = 11.69$$

Por lo tanto, si se supone que se puede dar un aumento de producción de desechos en las poblaciones bajo estudio, se toma un valor conservador de:

Vida útil del Relleno Sanitario ≈ 11 años

4.1.5 Cálculo de la Celda Diaria.

La celda diaria es considerada como la unidad básica del Relleno Sanitario, la cual esta conformada básicamente por los desechos sólidos y el material de cobertura, para lo cual será dimensionada con el fin de proporcionar un frente de trabajo suficiente para la descarga y maniobra del vehículo recolector. Dicha celda es prácticamente el volumen de basura que se produce en un día, cuyas dimensiones pueden ser variables tendiendo a conformar un paralelepípedo con dimensiones de ancho (frente de trabajo), largo (longitud de avance) y altura.

Para la población actual de Apaneca y Salcoatitan de 6,689 habitantes del cuadro 4.1, columna 2, correspondiente a una producción de 0.6081 kg/hab/día, y si se supone que la cobertura de recolección de 99.90% es similar para ambos Municipios, es necesario calcular la cantidad de desechos sólidos a

disponer en la celda diaria para poder dimensionarla. Este cálculo se determina de la siguiente forma:

$$DS_{rs} = DS_p \times \frac{7}{d_{hab}}$$

Donde:

DS_{rs} = Cantidad media diaria de DS^{14} en el Relleno Sanitario (kg/día)

DS_p = Cantidad de DS^{14} producido por día (kg/día)

d_{hab} = Días hábiles o laborales en una semana (5 ó 6 días)

Si se considera para la operación del relleno 6 días a la semana, la cantidad de desechos sólidos a disponer será la siguiente:

$$\begin{aligned} DS_{rs} &= DS_p \times 7/6 \\ &= 4,067.58 \text{ kg/día}^{15} \times (7/6) \\ &= 4,745.51 \text{ kg/día laboral} \end{aligned}$$

Sin embargo, para una cobertura de recolección del 99.90% que llega realmente al Relleno Sanitario, se tiene:

$$DS^*_{rs} = 4,745.51 \text{ kg/día} \times 0.9990 = 4,740.76 \text{ kg/día laboral}$$

Luego, es necesario determinar el Volumen de la celda, el cual viene dado por la cantidad de basura diaria a depositar, más el material de cobertura que se asumió anteriormente del 25%, es decir:

14 DS=Desechos sólidos; debe notarse que el volumen diario de desechos sólidos irá incrementándose cada año, y lógicamente también lo hará el tamaño de la celda, lo que indica que cada año será necesario reevaluar la mano de obra.

15 Resultado obtenido del cuadro 4.1, columna 4 donde se muestra la cantidad de desechos diarios.

$$V_c = \frac{DS * rs}{Drsm} \times MC$$

Donde:

V_c = Volumen de la celda diaria (m^3)

$Drsm$ = Densidad de los desechos sólidos recién compactados en el Relleno Sanitario Manual, $450kg/m^3$.

MC = Factor de material de cobertura, 1.25.

Entonces:

$$\begin{aligned} V_c &= (DS*rs/Drsm) \times MC \\ &= (4,740.76 \text{ kg/día}) / (450kg/m^3) \times 1.25 \\ &= 13.17 \text{ m}^3/\text{ día laboral} \end{aligned}$$

Finalmente, para determinar las dimensiones de la celda, se calcula el área de la misma limitando la altura hasta un metro. El análisis del área para la celda viene dado por la siguiente expresión:

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

Donde:

A_c = Área de la celda ($m^2/día$)

H_c = Altura de la celda (m), límite hasta 1.0 m.

El área de la celda será:

$$\begin{aligned} A_c &= V_c/H_c \\ &= (13.17 \text{ m}^3/\text{ día}) / (1.0 \text{ m}) \\ &= 13.17 \text{ m}^2/\text{día laboral} \end{aligned}$$

El largo o avance de la celda puede variar, sin embargo su cálculo se logra estimar mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

Ac = Área de la celda ($m^2/día$)

a = Ancho que se fija de acuerdo con el frente de trabajo necesario para la descarga de la basura por los vehículos recolectores (m).

Si se toma en cuenta las características de la unidad recolectora mostrada en el cuadro 2.6, el ancho medido de la unidad es de 2.0 m, entonces el frente de trabajo se mantendrá en 3.5 m; luego, el largo de celda será:

$$\begin{aligned} L &= Ac/a \\ &= (13.17 \text{ m}^2/día) / 3.5 \text{ m} \\ &= 3.76 \text{ m} \end{aligned}$$

Por lo tanto, las dimensiones de la celda diaria serán:

$$L = 3.76 \text{ m}, a = 3.5 \text{ m}, Hc = 1.0 \text{ m}$$

La elaboración de la celda diaria deberá realizarse descargando los desechos en el frente de trabajo, donde serán esparcidos por los trabajadores sobre los taludes de las celdas ya terminadas, o bien sobre los taludes del terreno en capas sucesivas de 0.20 a 0.30 m empleando para ello los rastrillos. La parte superior será nivelada y compactada con el rodillo y en sus partes laterales se compactará con pisones de mano hasta alcanzar la uniformidad en el talud. El esparcimiento y compactación deberá tener una pendiente 1:3 (elevación: longitud), para lograr con ello un mejor grado de compactación,

mejor drenaje superficial, menos consumo de tierra y mejor contención y estabilidad del relleno. La celda al final del día deberá ser cubierta por una capa de tierra de 15 a 30 cm (según lo permita la capa de basura compactada), para evitar que los desechos sólidos queden expuestos y más aún al final de la semana, evitando así la presencia de insectos y roedores. Los detalles de la celda diaria se presentan en la figura 4.3.

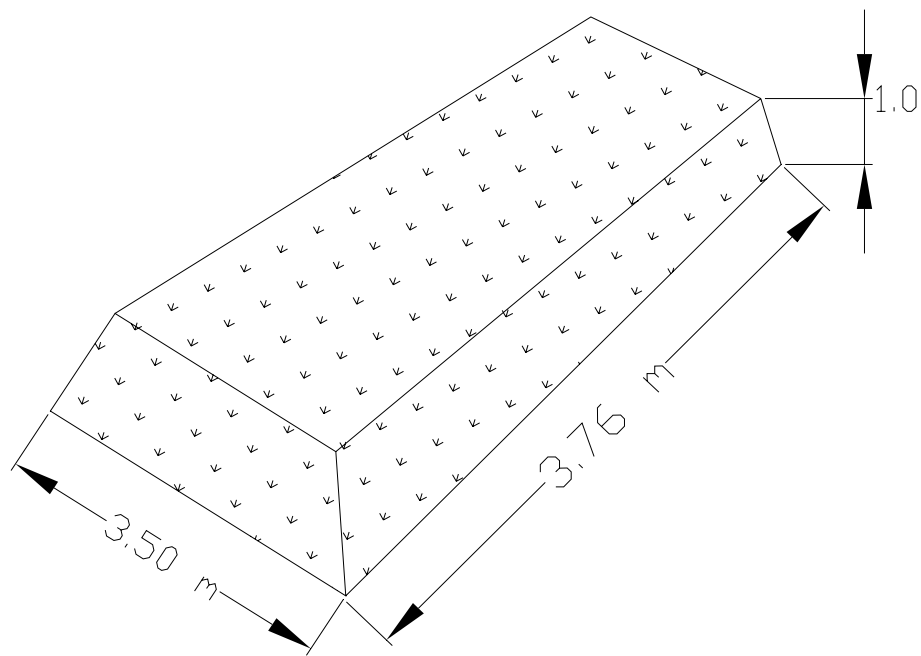


FIGURA 4.3. Dimensiones de la celda diaria.

4.1.6 Cálculo de la Mano de obra.

La mano de obra necesaria en la operación manual del Relleno Sanitario para conformar la celda diaria, depende de la cantidad de desechos sólidos a disponer, la disponibilidad y tipo de material de cobertura, los días laborales del Relleno, la duración de la jornada, las condiciones del clima, la descarga de los

desechos en el frente de trabajo o distante de él y el rendimiento de los trabajadores.

Para calcular el número de trabajadores necesarios en el Relleno Sanitario Manual, se considera una jornada de ocho horas diarias, con un tiempo efectivo de seis horas. Los rendimientos que a continuación se presentan, son bajo condiciones normales de trabajo y pueden variar en cada lugar según los factores descritos anteriormente:

OPERACIÓN	RENDIMIENTO ¹⁶
- Movimiento de desechos.....	0.95 ton/h-h
- Compactación de desechos.....	20.0 m ² /h-h
-Movimiento de tierra.....	0.35 m ³ /h-h
-Compactación de la celda.....	20.0 m ² /h-h

Luego, se determina: Celda diaria = Volumen de desechos sólidos + Material de cobertura (25%).

$$\text{Volumen de desechos} = (4,740.76 \text{ kg/día}) / (450 \text{ kg/m}^3) = 10.54 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Volumen de tierra} = 10.54 \text{ m}^3/\text{día} \times 0.25 = 2.64 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Volumen de celda diaria} = (10.54 + 2.64) \text{ m}^3/\text{día} = 13.18 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Área de la celda} = 13.17 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$\text{Producción proyectada} = 2.06 \text{ ton/día}$$

Ahora, para las distintas operaciones del relleno se calcula el número de trabajadores en función de los rendimientos, como se muestra en el cuadro 4.3.

16 FUENTE: Guía para el diseño, construcción y operación de Rellenos Sanitarios Manuales, OPS, Washington, septiembre de 1991.

CUADRO 4.3 Cálculo del número de trabajadores en el Relleno Sanitario		
OPERACIÓN	RENDIMIENTO	HOMBRE / DÍA
Movimiento de desechos	$\frac{2.06 \text{ ton/día}}{0.95 \text{ ton/h-h}} \times \frac{1}{6 \text{ h}}$	0.36
Compactación de desechos	$\frac{13.17 \text{ m}^2/\text{día}}{20.0 \text{ m}^2/\text{h-h}} \times \frac{1}{6 \text{ h}}$	0.11
Movimiento de tierra Para cobertura	$\frac{2.64 \text{ m}^3/\text{día}}{0.35 \text{ m}^3/\text{h-h}} \times \frac{1}{6 \text{ h}}$	1.26
Compactación de las celdas	$\frac{13.17 \text{ m}^2/\text{día}}{20.0 \text{ m}^2/\text{h-h}} \times \frac{1}{6 \text{ h}}$	0.11
	TOTAL	1.84
Relleno Sanitario	2.06 ton/día 2 hombres	1.03 ton/hombre/día

FUENTE: Grupo de tesis

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

Sin embargo, aunque el cálculo anterior indica un número de trabajadores de 2, se proyectará un trabajador más para garantizar un adecuado funcionamiento del relleno en la celda diaria, entonces se tendrá:

Trabajadores = 3 hombres

Rendimiento = $2.06 \text{ ton/día} / 3 \text{ hombres} = 0.69 \text{ ton/hombre/día}$

Dicho rendimiento, se considera como un valor promedio bastante aceptable, según el análisis anterior.

4.1.7 Diseño de Obras de Drenaje.

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

4.1.7.1 Aspectos Básicos.

Para poder diseñar las obras del drenaje pluvial que requiere el Relleno Sanitario, es necesario determinar las características de la cuenca en estudio, y con dichos factores se aplicará el método de las curvas Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF), con el fin de obtener un caudal de diseño en el sitio donde está ubicado el botadero. A continuación se describe cada uno de estos aspectos:

1. Tiempo de Concentración (T_c): Este parámetro es el tiempo que utiliza una gota de lluvia para llegar del punto mas alejado de la cuenca al sitio de interés, el cual se define con la siguiente expresión:

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

Donde:

T_c : Tiempo de Concentracion en horas

A : Área de la cuenca en estudio en Km^2

L_c : Longitud del cause mas largo en Km.

ΔH : Elevación media de la cuenca en Mts.

La longitud del cause mas largo se determinó utilizando el método del hilometro. El parteaguas de la cuenca se trazó en base a las curvas de nivel del cuadrante topográfico de la zona, y el área de está se determinó por medio de un planímetro. Entonces:

La longitud del cause más largo es: 1.2 Km.

Elevación media de la cuenca:

$$\Delta H = \frac{\text{Elevación Máxima} + \text{Elevación Mínima}}{2}$$

$$\Delta H = \frac{1774.0 + 1395.0}{2} = 1584.5$$

Área de la cuenca en Km²: A = 0.798

Sustituyendo valores:

$$T_c = \frac{\sqrt{0.798} + (1.5 \times 1.2)}{0.8\sqrt{1584.5}} ; \quad T_c = 0.085 \text{ horas} = \mathbf{5.10 \text{ min.}}$$

2. Intensidad Pluvial Máxima o de Diseño (I_{DISEÑO}):

Debido a que el resultado del tiempo de concentración de la cuenca oscila entre 5 y 10 minutos, la intensidad de diseño se determinará utilizando la duración de registro para la intensidad correspondiente a 10 minutos. Los datos ordenados de intensidades se muestran en el siguiente cuadro:

CUADRO 4.4 ORDENAMIENTO DE PRECIPITACIONES MAXIMAS ABSOLUTAS PARA PERIODO DE 10 MIN.			
Año	Mm/min.	f	F
1966	2,93	0.05	0.95
1972	2,46	0.10	0.90
1958	2,43	0.15	0.85
1961	2,39	0.20	0.80
1964	2,20	0.25	0.75
1973	2,17	0.30	0.70
1960	2,13	0.35	0.65
1970	2,12	0.40	0.60
1971	2,00	0.45	0.55
1968	2,00	0.50	0.50
1969	1,98	0.55	0.45
1965	1,94	0.60	0.40
1980	1,93	0.65	0.35
1974	1,89	0.70	0.30
1967	1,88	0.75	0.25
1959	1,86	0.80	0.20
1962	1,84	0.85	0.15
1957	1,67	0.90	0.10
1963	1,63	0.95	0.05

FUENTE: Sistema Nacional de Estudios Territoriales SNET.

Donde:

$$f = m/(n+1); F = 1 - f$$

m = posición del dato

n = número de datos (19)

f = probabilidad de ocurrencia

F = probabilidad de no ocurrencia

Luego se grafican las máximas intensidades contra sus respectivas frecuencias de no ocurrencia en papel tipo Gumbel, como se muestra en la figura 4.4 para un periodo de retorno de 20 años, y así obtener de dicho gráfico el valor de la Intensidad de diseño.

Los resultados obtenidos de la figura 4.4 son:

Curva de duración 10min ----- I = 2.68 Mm/min

Por lo tanto, el valor de la Intensidad de diseño es: **I_{DISEÑO} = 2.68 Mm/min**

$$I_{DISEÑO} = 4.47 \times 10^{-5} \text{ Mt/seg}$$

3. Pendiente Media de la Cuenca (S):

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

$$S = \frac{D \times \Sigma L}{A} \times 100$$

Donde:

S = Pendiente Media de la Cuenca en porcentaje

D = Intervalo entre curvas de nivel en metros

ΣL = Sumatoria de las longitudes de los contornos en metros

A = Área total de la cuenca en metros cuadrados

Para determinar las longitudes de los contornos, se utilizó el método del hilometro, con un intervalo entre curvas de 10 mts. Los resultados se muestran en el cuadro 4.5.

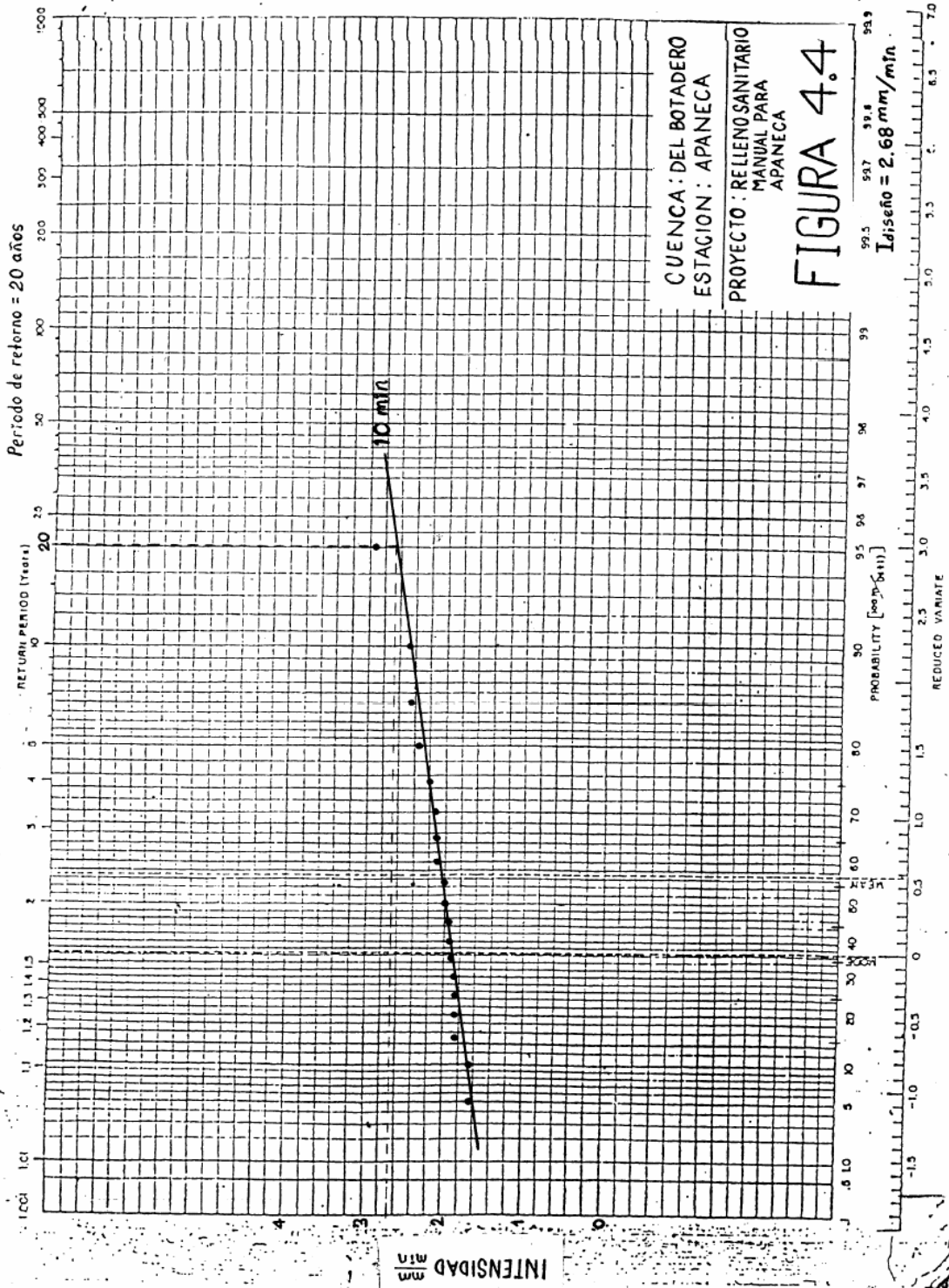


FIGURA 4.4
NOMOGRAMA PARA EL CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE DISEÑO

CUADRO 4.5 DATOS DE CONTORNOS DE LAS CURVAS DE NIVEL DE LA CUENCA			
CURVA No.	ELEVACION DE LA CURVA (MTS)	LONGITUDES DE CONTORNOS (MTS)	LONGITUDES ACUMULADAS (MTS)
1	1350	22	22
2	1360	220	242
3	1370	415	657
4	1380	661	1318
5	1390	938	2256
6	1400	1015	3271
7	1410	1102	4373
8	1420	1228	5601
9	1430	1238	6839
10	1440	1330	8169
11	1450	1462	9631
12	1460	1482	11113
13	1470	1507	12620
14	1480	1493	14113
15	1490	1387	15500
16	1500	1278	16778
17	1510	1146	17924
18	1520	1095	19019
19	1530	940	19959
20	1540	892	20851
21	1550	857	21708
22	1560	783	22491
23	1570	721	23212
24	1580	708	23920
25	1590	682	24602
26	1600	715	25317
27	1610	640	25957
28	1620	680	26637
29	1630	612	27249
30	1640	603	27852
31	1650	580	28432
32	1660	678	29110
33	1670	723	29833
34	1680	621	30454
35	1690	604	31058
36	1700	585	31643
37	1710	380	32023
38	1720	223	32242
39	1730	203	32445
40	1740	168	32613
41	1750	123	32736
42	1760	108	32844
43	1770	92	32936

FUENTE: Grupo de Tesis.

Luego:

$$D = 10 \text{ mts}$$

$$\sum L = 32,936 \text{ mts}$$

$$A = 798,000 \text{ mt}^2$$

Sustituyendo datos en S:

$$S = \frac{10 \times 32936}{798000} \times 100 = 41.27\%$$

4. Coeficiente de Escorrentía (C):

La escorrentía se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre la superficie terrestre de la cuenca, y que llega a una corriente para que finalmente drene hasta el punto de salida de la cuenca. Para el cálculo del coeficiente de escorrentía, se usa el Nomograma de Ven Te Chow como se muestra en la figura 4.5, con los siguientes parámetros:

- Tipo de vegetación: Plantaciones permanentes, temporales, bosque.
- Condición de permeabilidad: En el estudio de permeabilidad, sección 3.4.2, cuadro 3.4, se concluyó que el suelo es semipermeable (poco permeable).
- Pendiente media de la cuenca: 41.27%

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

$$\mathbf{C=0.39}$$

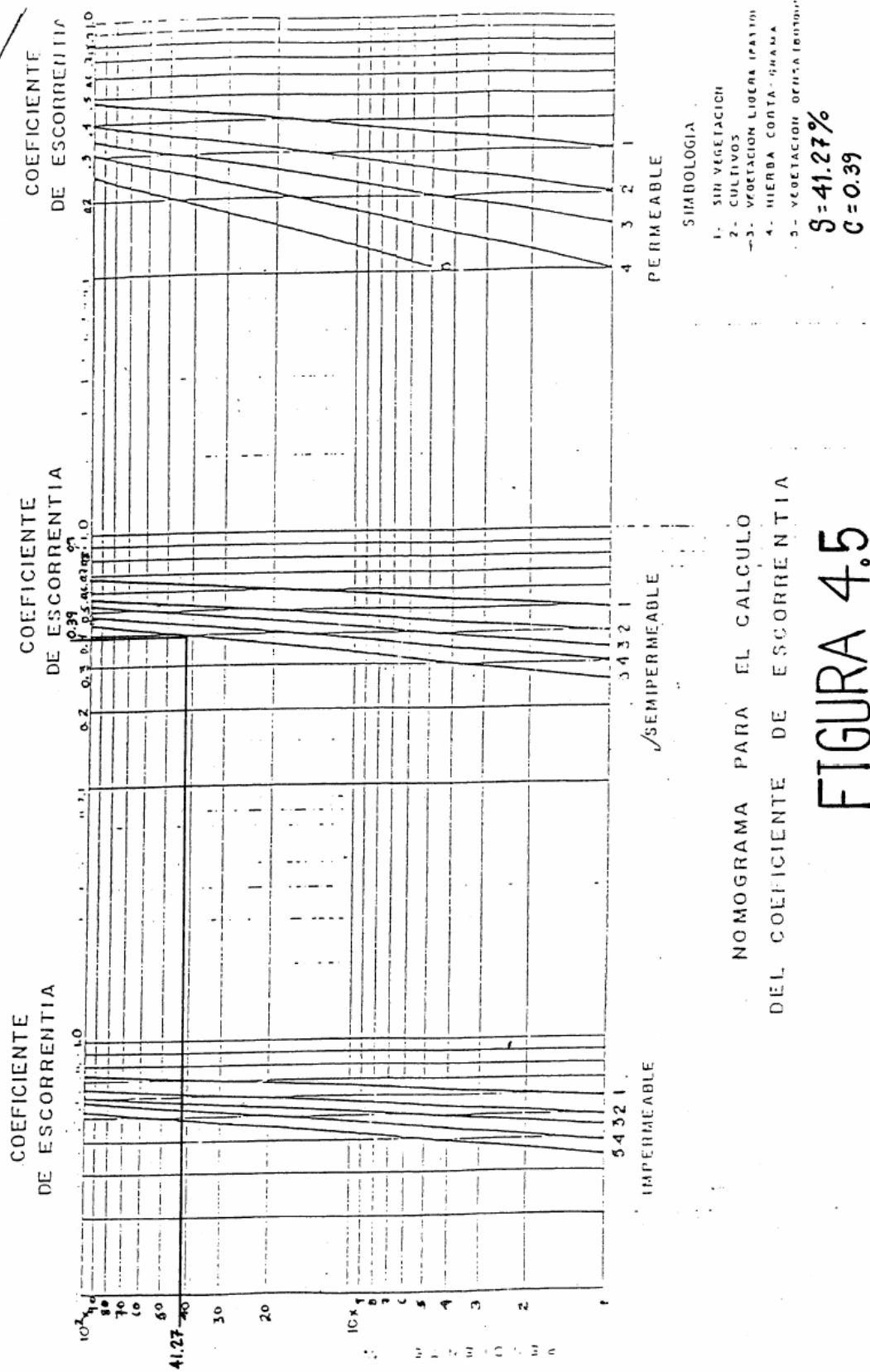


FIGURA 4.5. CALCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA.

5. Caudal máximo de diseño (Q):

Para determinar el caudal de diseño del Relleno Sanitario, necesario para diseñar las obras hidráulicas, se utilizará la fórmula siguiente:

$$Q = C I A$$

Donde:

Q = Caudal (m³/seg)

C = Coeficiente de escorrentía superficial

I = Intensidad pluvial máxima (m/seg)

A = Área de la cuenca (m²)

Luego, de los cálculos anteriores se tiene:

$$C = 0.39$$

$$I = 4.47 \times 10^{-5} \text{ mt/seg}$$

$$A = 798,000 \text{ mt}^2$$

Sustituyendo datos:

$$Q = (0.39) \times (4.47 \times 10^{-5} \text{ mt/seg}) \times (798,000 \text{ mt}^2)$$

$$Q = 13.912 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Ahora que se han determinado las características y el caudal máximo de diseño en la cuenca en estudio, se procede al diseño de las obras de drenaje¹⁷, como sigue:

¹⁷ Para el diseño de las obras de drenaje se empleará la guía "Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales, Municipalidad de Loja, Ecuador, 2002". Sin embargo, en algunos aspectos se seguirá utilizando la guía de la OPS.

4.1.7.2 Drenaje Pluvial.

El drenaje de las aguas lluvias se hará a través de un sistema superficial que consistirá en canaletas forjados en tierra, con el objeto de captar y desviar la escorrentía que pueda llegar al terreno, disminuir el volumen de los líquidos lixiviados y mejorar las condiciones de operación. Dicho diseño se empleará para la canaleta perimetral y las canaletas provisionales dentro del relleno mientras este en funcionamiento; para dimensionar tales canaletas se tomará la sección trapezoidal como modelo, cuyos elementos geométricos se muestran en la figura 4.6.

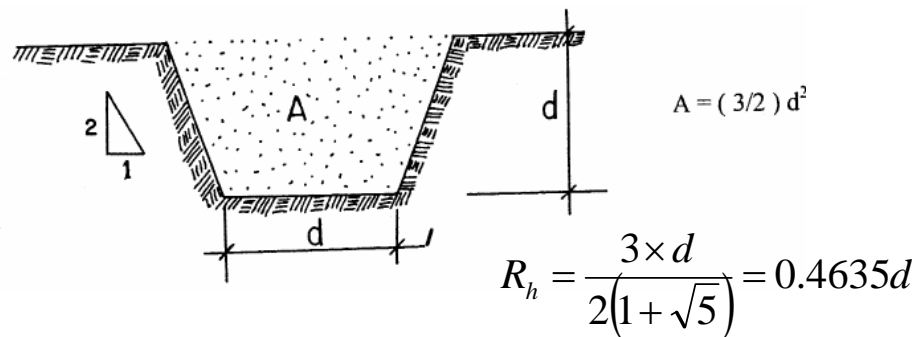


Figura 4.6. Elementos geométricos de sección en estudio.

El cálculo para medir el tamaño de desagüe se realiza por medio de la siguiente ecuación:

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

Donde:

Q = caudal de desagüe (m³/seg)

A = área de sección de canal (m²)

S = pendiente longitudinal del canal

n = coeficiente de Manning (rugosidad del canal)

Luego, de los análisis anteriores, se tiene:

$$Q = 13.912 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$S = 2\%$$

$n = 0.023$ (canales de tierra rectos y bien conservados; según la Hidráulica de canales abiertos de Ven Te Chow).

Sustituyendo valores:

$$13.912 = \frac{(3/2)d^2 \times (0.4635d)^{2/3} \times (0.02)^{1/2}}{0.023} = 1.41$$

Por lo tanto, el valor de "d" es igual a **1.40 mts \approx 140.0 cms.** La figura 4.7 muestra el detalle definitivo.

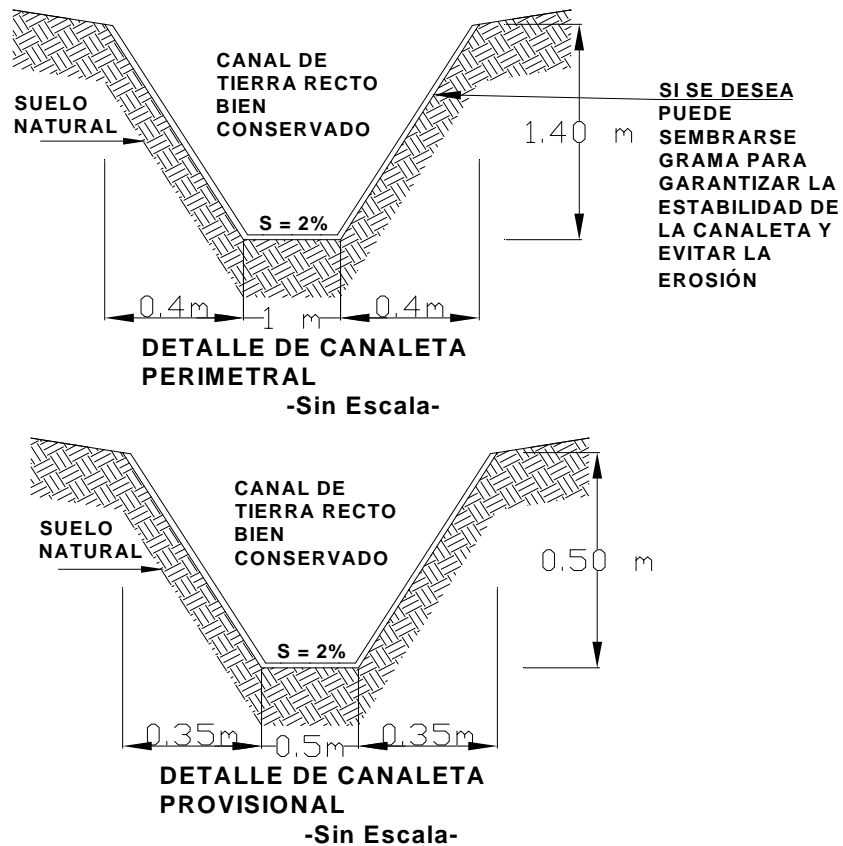


FIGURA 4.7. Detalle de Canaletas perimetral y provisional.

4.1.7.3 Drenaje de Lixiviados.

Los líquidos percolados son llamados también líquidos lixiviados, que se generan en el Relleno Sanitario como producto de la descomposición o putrefacción de los desechos sólidos. El volumen de los líquidos lixiviados aumenta significativamente con la lluvia que cae directamente sobre la superficie del relleno. Estos líquidos son de color oscuro parecidos a las aguas residuales domésticas, son contaminantes por su mal olor y la elevada demanda bioquímica de oxígeno que poseen, tanto en las aguas superficiales y como en los mantos acuíferos.

Para su adecuado manejo en el Relleno Sanitario de Apaneca, se construirán canaletas cuadradas al pie del talud del nivel de desplante de las terrazas y sobre la celda de los desechos sólidos. Dichas canaletas se rellenarán con grava o piedra No.2 y en su interior llevarán una tubería de PVC perforada conocido como dren francés, la cual se tenderá sobre un colchón de un material semipermeable (material del lugar), como se muestra en la figura 4.8.

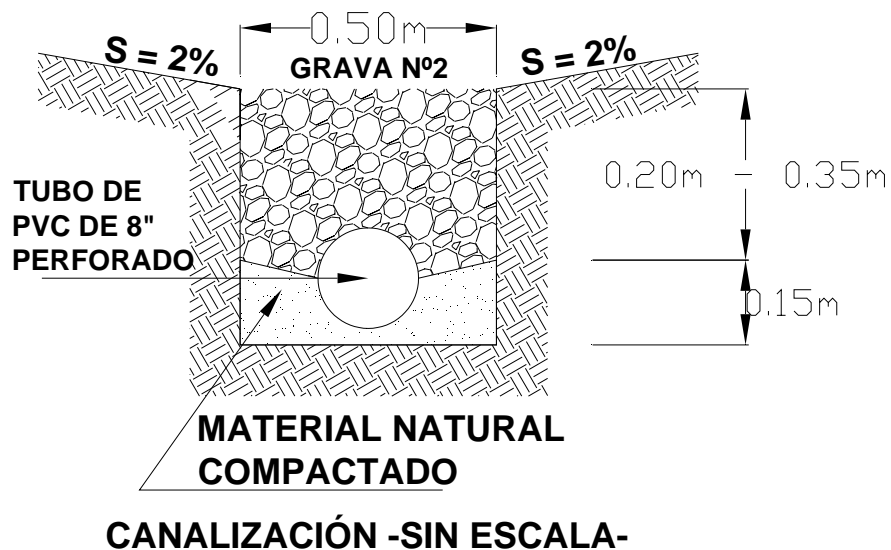


Figura 4.8. Detalle de canaleta de drenaje para líquidos lixiviados.

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

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

Donde:

Q = caudal medio de lixiviados (lts/seg)

P = precipitación media anual (mm de agua)

A = área del Relleno Sanitario (m²)

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

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

El valor de precipitación media anual se obtiene de promediar los datos presentados en el capítulo III, sección 3.1.2, cuyo resultado es de **2,300 mm/año**. El área del Relleno es de **17,021.44 m²** y el valor de "K" se considera aproximadamente en un 30%.

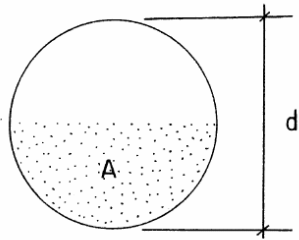
Entonces se tiene:

$$Q = \frac{2300 \times 17021.44 \times 0.30}{31536000} = 0.372$$

$$Q = 0.372 \text{ lts/seg} = 3.72 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$$

Empleando seguidamente la fórmula de Manning, se tiene:

$$Q = \frac{A \times R_h^{2/3} \times S^{1/2}}{n}; A = \frac{\pi d^2}{8}, R_h = d/4$$



Datos: $Q = 3.72 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$
 $n = 0.013$ (tubo de PVC)
 $S = 2\%$ (0.02)

Sustituyendo: $3.72 \times 10^{-4} = (\pi d^2 \times d^{2/3} \times (0.02)^{1/2}) / (8 \times 4^{2/3} \times 0.013)$

$d = 0.042 \text{ mts} = 4.2 \text{ cms} \approx 5 \text{ cms}$

$d = 1.97 \text{ in}$

Por lo tanto, se necesita una tubería de pvc de 1.97" de diámetro, sin embargo es necesario sobredimensionar el sistema de drenaje previniendo períodos de lluvias fuertes; entonces para efectos de seguridad, se utilizará tubería de pvc de 8" para el drenaje principal y tubería de 4" para los ramales que sean necesarios como drenaje secundario, ambos tubos con perforaciones separadas a 0.10m en la parte superior, como se muestra en la figura 4.9. Sin embargo, dicha tubería principal, en la parte superior del relleno se iniciará con una tubería de 4" con una longitud de 50 mts, posteriormente cambiará a 6" con una longitud de 50 mts y finalmente terminará con 8" en el resto de su longitud.

El dimensionamiento de los agujeros se calcula en base al caudal, el área de los orificios, por cierta distancia de tubería para lo cual se asume una velocidad de entrada de 1 cm/seg, y con ello se determinan las áreas tributarias escogiendo la más desfavorable.

Datos de entrada:

$A = 1,600 \text{ m}^2$ (área más desfavorable; terraza 4)

$P_{\text{media}} = 2,300 \text{ mm/año}$

$$K = 0.30 \text{ y } T = 31536000 \text{ seg}$$

Luego:

$$Q = \frac{2300 \times 1600 \times 0.30}{31536000} = 0.035$$

$$Q = 0.035 \text{ lts/seg} = \mathbf{3.50 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Sustituyendo en: $Q = A \times V$

$$A = Q / V$$

$$A = (3.50 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{seg}) / (0.01 \text{ m/seg})$$

$$A = 0.0035 \text{ m}^2$$

PARA TUBERIA DE 8" 6" Y 4".

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

$$A_{\text{Agujero}} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \pi (0.015875\text{m})^2 / 4$$

$$A = 1.98 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

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

$$A_{\text{Trabajo}} = 400 \times 0.000198 \times 0.50$$

$$A_{\text{Trabajo}} = \mathbf{0.0396 \text{ m}^2} > \mathbf{0.0035 \text{ m}^2}, \text{ entonces OK}$$

Los detalles de los agujeros se muestran en la figura 4.9.

Finalmente, para que el sistema de canalización funcione, será necesario colocar una Geomembrana en la base de cada terraza para evitar filtración en el sub suelo, y por medio de pendiente mínima recolectar el líquido lixiviado directamente hacia las canaletas.

Según norma ASTM D 4833, una geomembrana se define como una lámina sintética que actúa como barrera de bajísima permeabilidad, usada con cualquier material geotécnico para controlar la migración de fluidos en el proyecto. Los valores típicos de la permeabilidad de las geomembranas, como medida de los ensayos de transmisión de vapor de agua, están en el rango de 0.5×10^{-10} a 0.5×10^{-13} cm/seg.

Por lo tanto, con la aplicación de la geomembrana en cada terraza, se garantiza el buen funcionamiento de las estructuras diseñadas para la recolección de líquidos percolados.

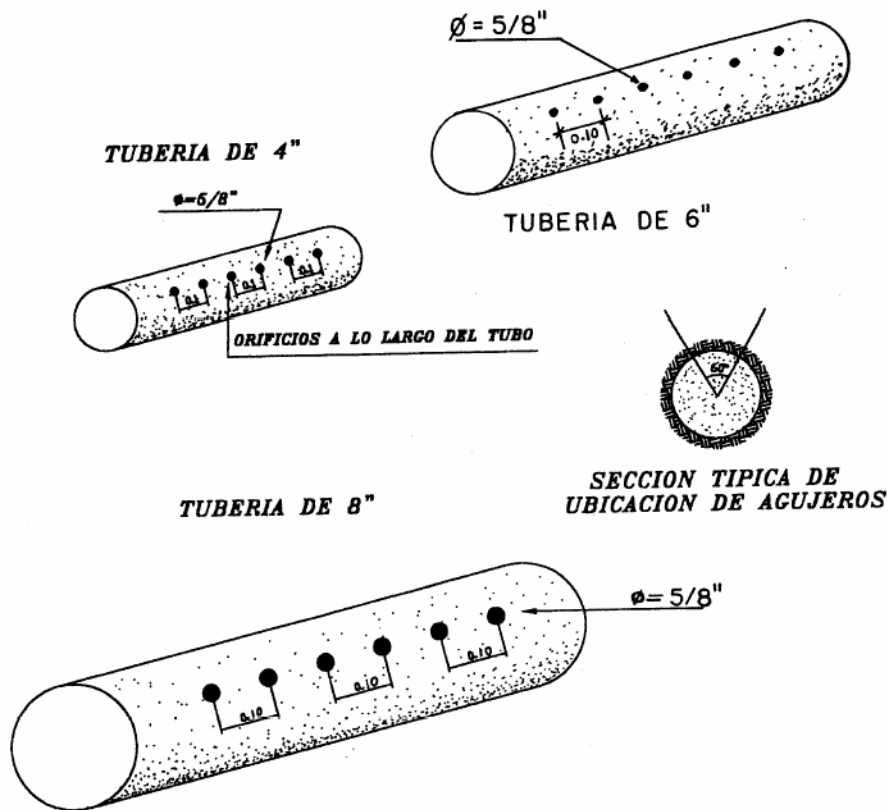


Figura 4.9. Detalles de Agujeros en tuberías. Sin Escala.

4.1.7.4 Tratamiento de los líquidos lixiviados.

Las lagunas son la alternativa más económica entre las opciones consideradas para el tratamiento de los líquidos lixiviados, y además es un proceso muy eficaz. Los costos de inversión son muy bajos, y casi no existen costos operativos. Una de las alternativas más comunes de este tipo, son las "lagunas de estabilización".

Se entiende por lagunas de estabilización, los estanques construidos en tierra, de poca profundidad y periodos de retención considerable. En ellas se realizan de forma espontánea procesos físicos, químicos, bioquímicos y

biológicos, conocidos con el nombre de auto depuración o estabilización natural. Generalmente se necesita un área muy extendida para asegurar un buen tratamiento de las aguas lixiviadas, es por eso que algunos criterios de diseño consideran que para la laguna es necesario un tiempo de retención entre 30 y 50 días (menos en un clima caliente, más en un clima frío).

Para el relleno de Apaneca, se construirán tres lagunas, la primera será de sedimentación antes de las otras dos lagunas. La mayoría de las partículas sólidas (materia suspendida) se retendrán en esta laguna que deberá ser vaciada cada mes o cada dos meses. Un tiempo de retención de 1 h es suficiente para esta laguna (se construirá con una profundidad de 1.5 m). Con un pre-tratamiento físico, se puede también reducir el tiempo de retención necesario para remover los contaminantes. Luego del tanque sedimentador se construirán las otras dos lagunas para mejorar la estabilización de los líquidos percolados.

Después del tratamiento, los líquidos lixiviados serán extraídos de la última laguna al finalizar el periodo de retención, luego serán bombeados al inicio de la canaleta principal para su posterior recirculación y tratamiento. Seguidamente los lixiviados serán monitoreados en la última laguna, para determinar la eficiencia del tratamiento. El efluente de la última laguna podrá ser utilizado para regar la calle de acceso, o bien para regar las celdas de trabajo sin generar charcos que pongan en peligro la estabilidad del relleno.

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

Para el diseño, se procederá de la siguiente forma:

1. Caudal medio de lixiviados (Q) = 15% de la precipitación promedio anual x el área del Relleno Sanitario:

$$Q = 15\% (2,300 \text{ mm/año} \times 17,021.44 \text{ m}^2)$$

$$Q = 0.15 (2.30 \text{ m/año} \times 17,021.44 \text{ m}^2)$$

$$Q = 5,872.40 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$Q = 16.09 \text{ m}^3/\text{día}$$

2. Período de retención (θ_f) = V/Q; donde V = volumen de las aguas y Q = caudal medio de lixiviados, entonces si consideramos un periodo de retención de 90 días para clima frío, se tiene:

$$V = \theta_f \times Q = 90 \text{ días} (16.09 \text{ m}^3/\text{día}) = 1,448.10 \text{ m}^3$$

Luego, para tres lagunas, tenemos: $V = 1,448.10 \text{ m}^3 / 3$

$$V = 482.7 \text{ m}^3$$

Entonces cada laguna tendrá como mínimo un volumen de 482.7 m^3 , cuyos detalles se presentan en la figura 4.10.

Para mejorar el tratamiento, se pueden sembrar plantas acuáticas dentro de la laguna. Estas plantas utilizan una parte de las aguas lixiviadas para su nutrición y reducen considerablemente su cantidad. Son apropiados plantas como totora, carrizo o aliso adentro de la laguna; además, se recomienda sembrar eucalipto, guadúa o zapallo alrededor de la laguna. Estas plantas absorben las aguas que difunden afuera de la laguna y evitan la contaminación del suelo y de las acuíferas. Estas lagunas con plantas acuáticas se pueden

considerar como humedales artificiales; es por eso que tienen un costo de inversión y de mantenimiento muy bajo y si se construyen de manera apropiada, se logra una alta eficiencia.

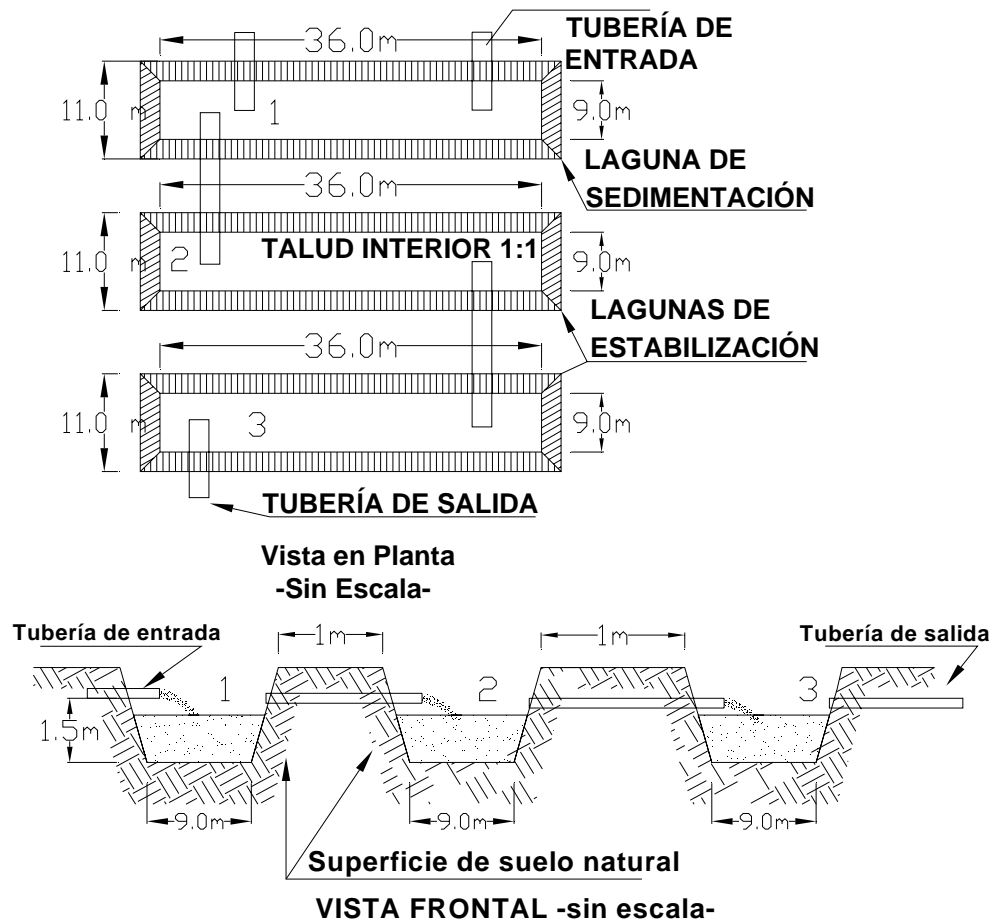


FIGURA 4.10. Detalles de Lagunas para líquidos percolados.

4.1.7.5 Drenaje de gases.

Como una parte importante de los desechos sólidos que se disponen en el Relleno Sanitario es orgánica, se producen emisiones gaseosas debidas a la

descomposición de la materia. Estas emisiones son compuestas de varios gases orgánicos y se les llama "gas de relleno".

El gas de relleno tiene una composición variable y varias etapas de descomposición. En la primera fase "fermentación aeróbica" un porcentaje de carbón orgánico no se pierde; luego este carbón orgánico se convierte en gas de relleno en una segunda fase de descomposición (fermentación ácida) y se produce una alta variedad de gases diferentes. Es durante la "fermentación metánica" que se estabiliza la composición del gas de relleno, logrando la siguiente composición: 55 % de metano (CH_4), 45 % de dióxido de carbono (CO_2), aire atrapado aproximadamente un 40% en volumen y otros gases como hidrocarburos.

El gas de relleno es explosivo e inflamable. Si no se evacua de manera adecuada, se dispersa sin control dentro del relleno e invade también terrenos adyacentes. Puede causar incendios o explosiones en concentraciones entre 5 y 15 %; además puede causar impactos nefastos en la dispersión en el suelo, donde el metano puede dañar a las raíces de las plantas, impidiendo el suministro de la planta con oxígeno y aire. El metano también tiene un impacto venenoso en los seres humanos expuestos durante largo tiempo.

Para controlar los gases del Relleno Sanitario de Apaneca, se construirá un drenaje pasivo con chimeneas durante la operación del relleno.

El sistema consistirá en estructuras de barriles metálicos, cuyo diámetro será de 60 cms rellenos con piedra grava No2 a lo largo de su eje, y en su interior llevará una tubería de concreto de 8 pulgadas de diámetro perforada con agujeros de 1.5cm de diámetro. Se construirá además un relleno con un sistema de drenaje de las aguas lixiviadas, es decir, canales colocados en forma de espina de pescado, ubicando las chimeneas sobre tales canales. Con

eso, las aguas se infiltran por las chimeneas y se escurren en dirección de los canales. Paralelamente, las aguas lixiviadas sirven como lavadora para los gases de relleno, y una cierta cantidad de contaminantes del gas ya se absorbe en el agua.

La separación de las chimeneas será de 15 metros y 30 metros máxima, las cuales estarán interconectadas con el sistema de drenaje de lixiviados. Los detalles del drenaje para gases se ilustra en la figura 4.11.

NOTA: Debido a que es necesario entender el comportamiento de cada estructura diseñada hasta el momento, en el plano del anexo 12 se muestran los detalles en planta de ubicación y dimensiones, de las distintas obras de drenaje diseñadas anteriormente; también se detallan las dimensiones de la celda diaria, entre otros aspectos.

Además, como también es necesario conocer el avance de la obra, en la figura 4.12 se presentan algunos detalles importantes, relacionados con la programación del avance de la obra, entre otros.

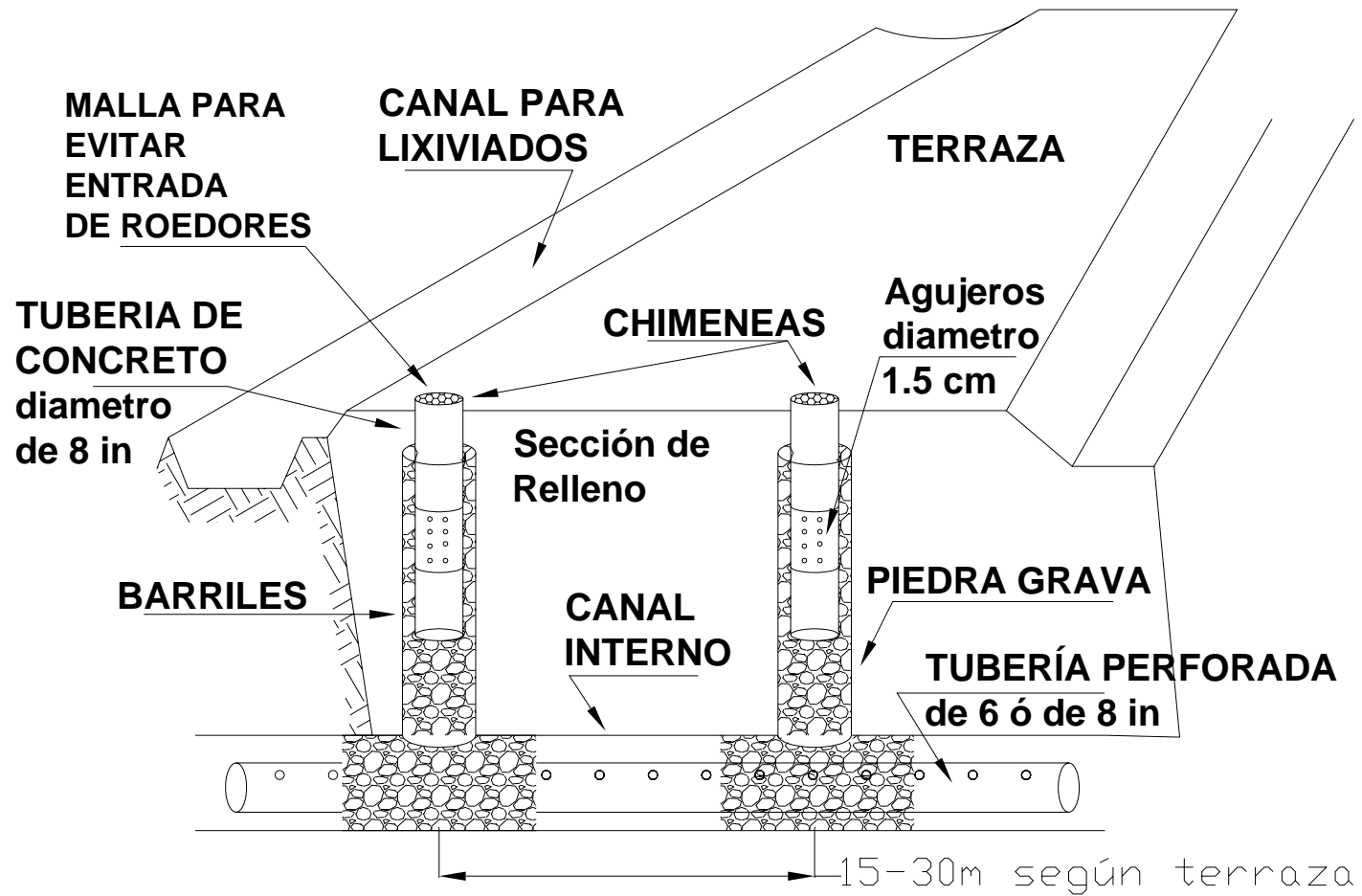


FIGURA 4.11 DETALLE DE COLOCACION DE CHIMENEAS SOBRE CANALES INTERNOS -SIN ESCALA-

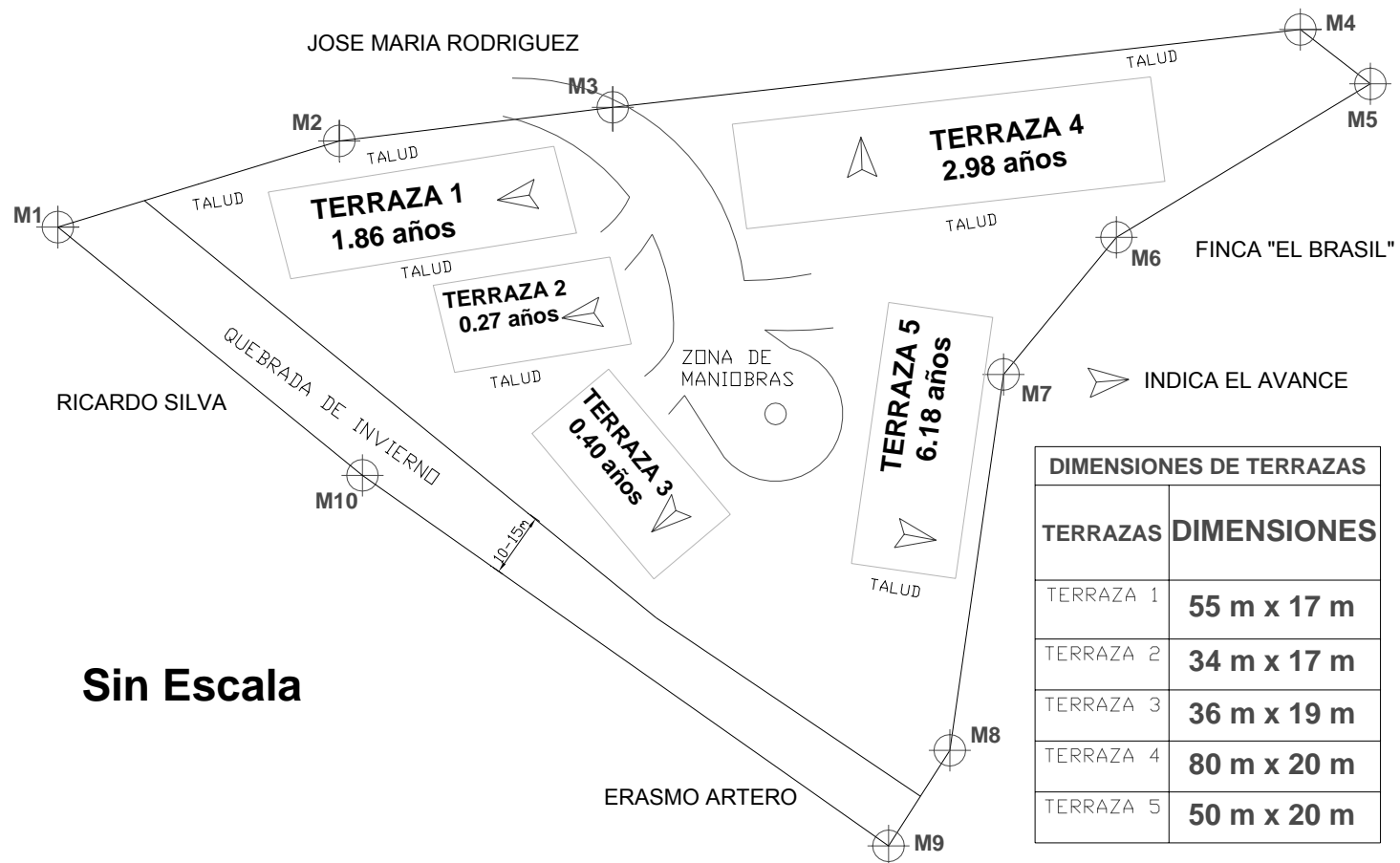


Figura 4.12 PROPUESTA DE PROGRAMACIÓN, AVANCE DE LA OBRA Y DIMENSIONES DE TERRAZAS

4.1.8 Diseño de Obras Complementarias.

Las Obras Complementarias o construcciones auxiliares que se proponen deben ser 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, están las de atender los requerimientos sanitarios con la máxima economía y utilización intensiva de la mano de obra en todas sus actividades, a fin de minimizar las inversiones temporales.

Entre las obras complementarias más importantes, tenemos: cerca perimetral, oficina administrativa, instalaciones sanitarias, vías de acceso interno, rótulo de identificación, entre otros.

4.1.8.1 Cerco Perimetral.

El cerco perimetral se construye con el objeto de proteger el Relleno Sanitario para impedir el libre acceso de animales y personal no autorizado. Dicho cerco se construirá con malla ciclón sujeta en postes de concreto, separados entre sí a una distancia de 2.0 metros, como se aprecia en la figura 4.13 lo que dará mayor representatividad al proyecto. Esto se hará en todo el perímetro del Relleno y en la entrada se construirá un portón de estructura metálica, forrado con un tramo de lamina de hierro y malla ciclón con el objeto de darle seguridad y estética a la obra; el detalle del portón se puede apreciar en la figura 4.14. Es también necesaria la conformación de un cerco vivo de árboles y arbustos como aislamiento visual, pues oculta de los 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. Este cerco lo pueden conformar los árboles que actualmente existen en el camino de acceso a la laguna verde.

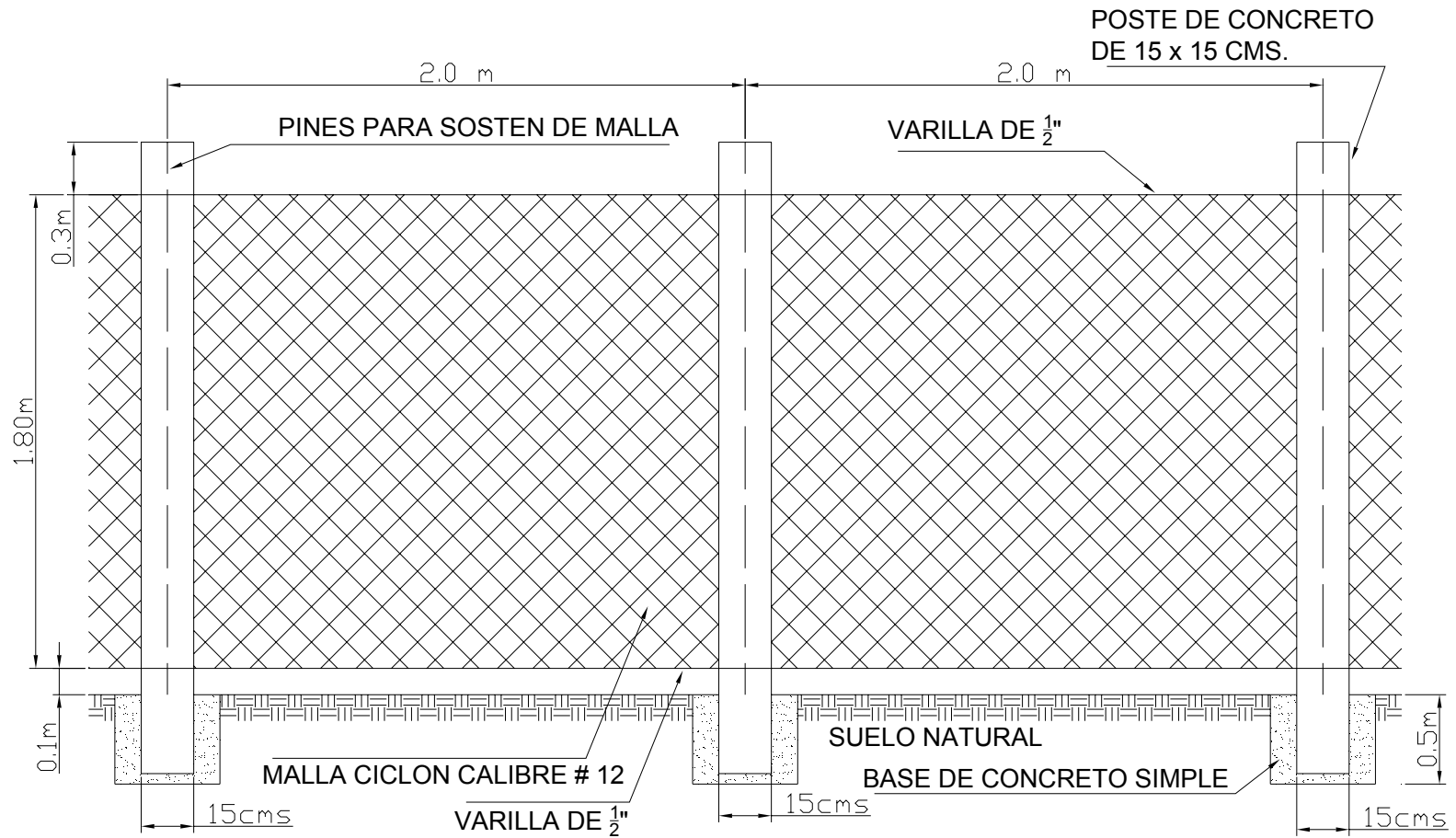


FIGURA 4.13. Detalle de cerca perimetral con malla ciclón. Sin Escala.

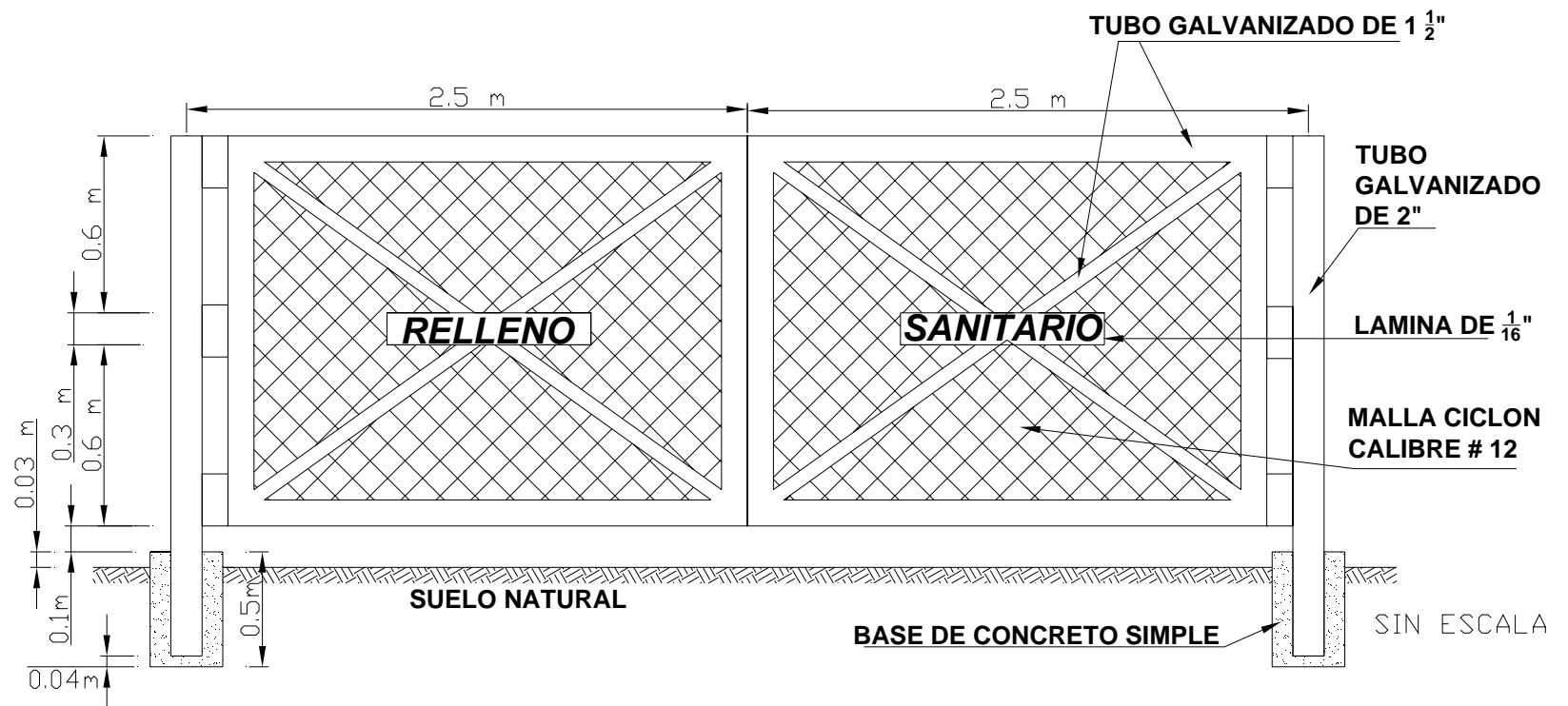


FIGURA 4.14. Detalle de portón. Sin Escala.

4.1.8.2 Oficina Administrativa.

La oficina administrativa se construirá para fines de usos administrativos y de supervisión, contará con espacio suficiente para que los trabajadores puedan resguardarse durante el descanso y la época lluviosa, cambiarse de ropa antes y después de la jornada de trabajo, ingerir sus alimentos y para guardar las herramientas. Los detalles de ésta estructura se muestran en las figuras No 4.15, 4.16, 4.17 Y 4.18.

4.1.8.3 Instalaciones sanitarias.

Los servicios sanitarios se fabricaran con un sistema apropiado de letrina abonera, de acuerdo a los lineamientos establecidos por el Ministerio de Salud Pública para su operación y mantenimiento, y serán construidos en el sitio que indica la figura 4.15 de la oficina administrativa, de tal manera que aseguren la comodidad y bienestar de los trabajadores. Además se contempla construir un tanque para almacenar agua, necesaria para el aseo diario personal y en un lugar seguro se ubicará un recipiente con agua potable. Los detalles de ésta estructura se presentan en la figura 4.19.

La letrina abonera estará formada por una cámara de material impermeable en el cual las excretas deben de permanecer un tiempo mínimo de 6 meses, para transformarse en abono a partir de la fecha en que es cerrada la cámara. Es por eso, que será necesario darle el correcto mantenimiento a dicha estructura, cubriendo el asiento de la letrina cuando no se este usando manteniendo un recipiente con ceniza o tierra con cal, para colocarlo dentro de la cámara después de usar la letrina. Además se debe echar una capa de estiércol de caballo a la cámara, luego con un palo largo se remueve el

contenido de la cámara hasta que con el tiempo, las excretas se vuelvan abono. Es recomendable realizar esta operación una o dos veces a la semana, removiendo o compactando la masa contenida en la cámara, de tal manera que no se permita que el material dentro de la letrina, se haga liquido o lodo, si esto ocurre debe agregarse mas ceniza o cal. Es importante considerar además, que la orina no debe mezclarse con la masa contenida en la cámara, para ello corresponde el migitorio, cuyos fluidos se acumularan por separado en una estructura que puede ser de concreto llamada orinario, la cual debe vaciarse periódicamente en las canaletas para lixiviados (ver figura 4.19).

4.1.8.4 Vías de Acceso interno.

Las vías de acceso interno deben ser estudiadas cuidadosamente para que su construcción no interfiera en lo que se construirá sobre las terrazas, y dichas vías se movilizaran a medida se vaya avanzando el Relleno Sanitario.

Los anchos de rodaje de éstas vías serán de 6 metros con una pendiente a lo largo de su eje que oscila entre 1 y 25%, con una pendiente perpendicular a su eje del 3 % con el objeto que haya un buen drenaje de las aguas lluvias de la vía. Además, la vía principal se proyectará con un ancho de rodaje de 10 mts con iguales pendientes trasversales y longitudinales según lo permita el terreno.

Durante la época lluviosa, será necesario evitar los deslizamientos y encharcamientos del vehículo recolector, por lo que las vías se deben mantener en buen estado todo el tiempo y para lograr éstas condiciones se balastarán las vías con una capa de 10 cms de material de río. Ver detalles en la figura 4.20.

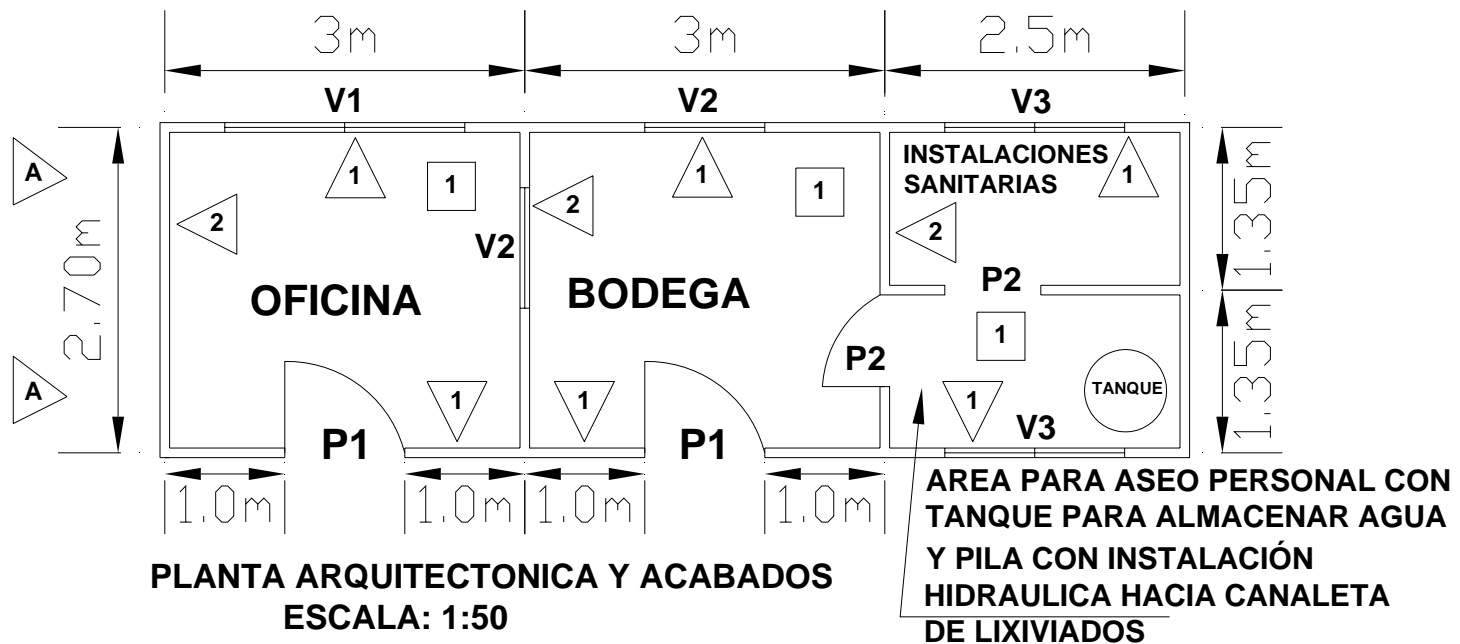






FIGURA 4.15. PLANTA ARQUITECTONICA DE CASETA

CUADRO 4.6 DETALLE DE ACABADOS PARA CASETA				
	Pared de ladrillo de barro cocido			
	Altura de 2.50 metros			
	Altura de 2.70 metros			
	Ladrillo de piso liso de 30x30 cms.			
Cuadro de Ventanas				
Ventana	Tipo	Ancho mts	Alto mts	Cantidad
V1	Solaire de 2 cuerpos	2.035	1.014, 11 vidrios	1
V2	Solaire de 1 cuerpo	1.016	1.014, 11 vidrios	2
V3	Solaire de 2 cuerpos	1.527	0.747, 8 vidrios	2
Cuadro de Puertas				
Puerta	Material	Ancho mts	Alto mts	Cantidad
P1	Metálica	1.0	2.10	2
P2	Metálica	0.80	2.10	2

FUENTE: Grupo de tesis

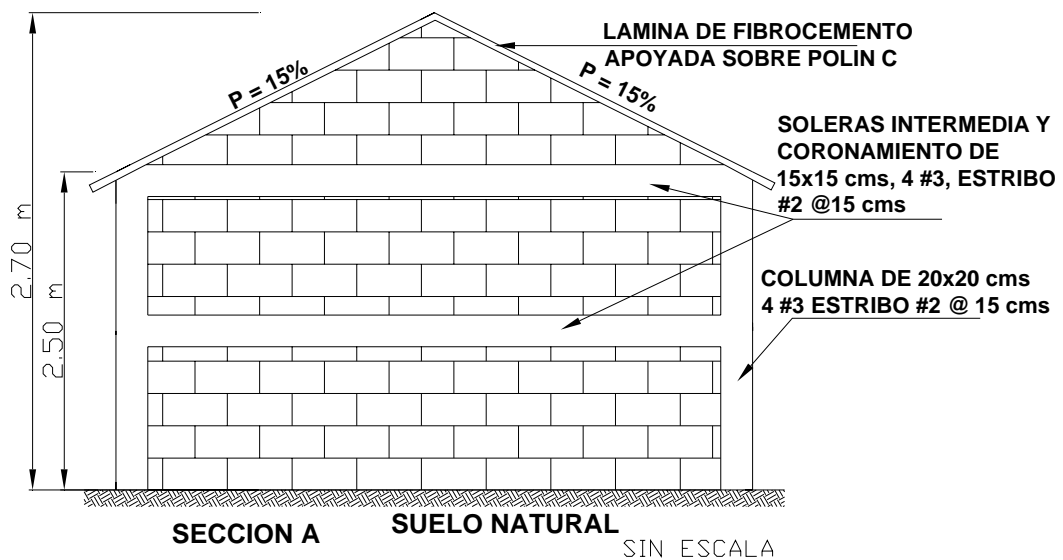
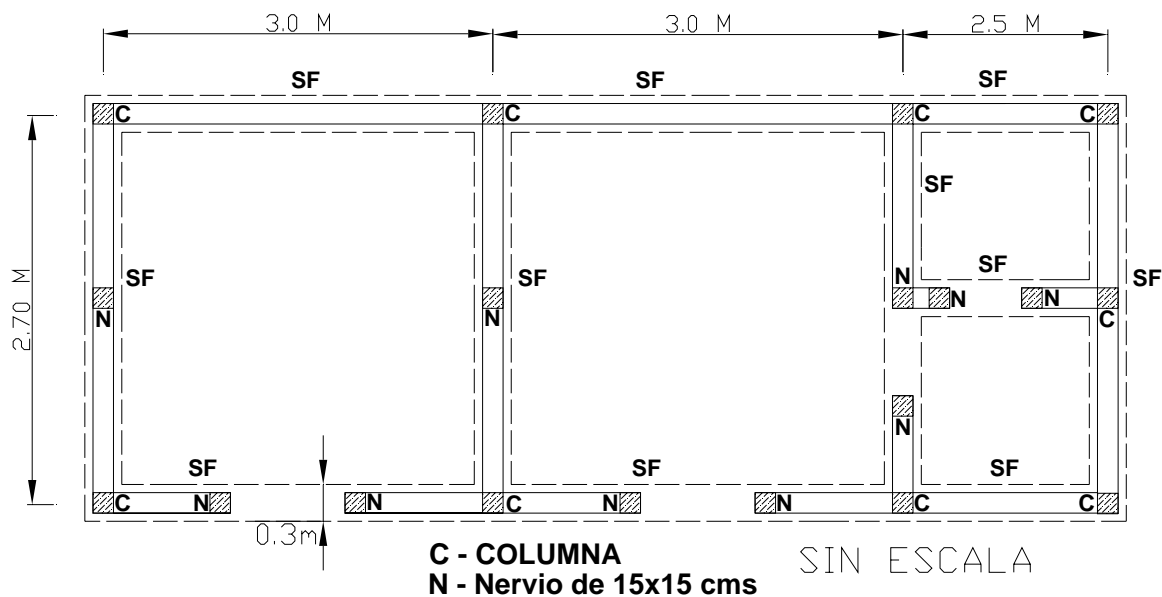


FIGURA 4.16. Elevación de sección A-A.



PLANTA DE FUNDACIONES Y ESTRUCTURAL

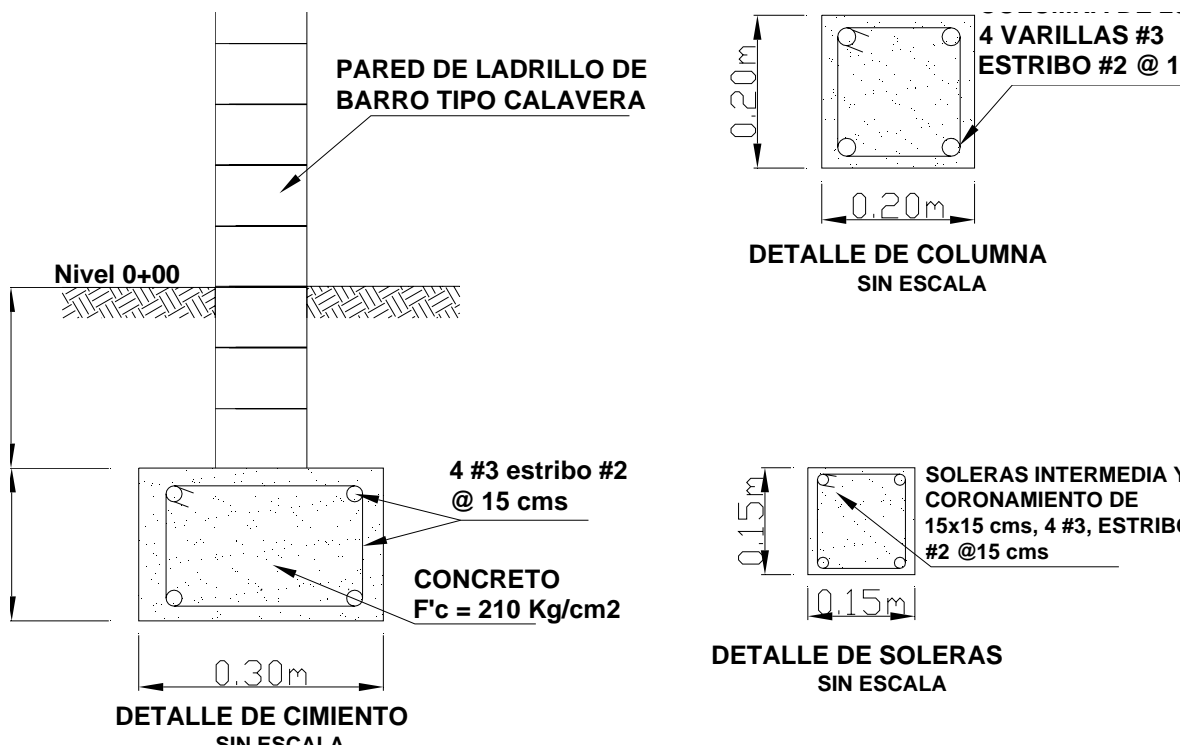
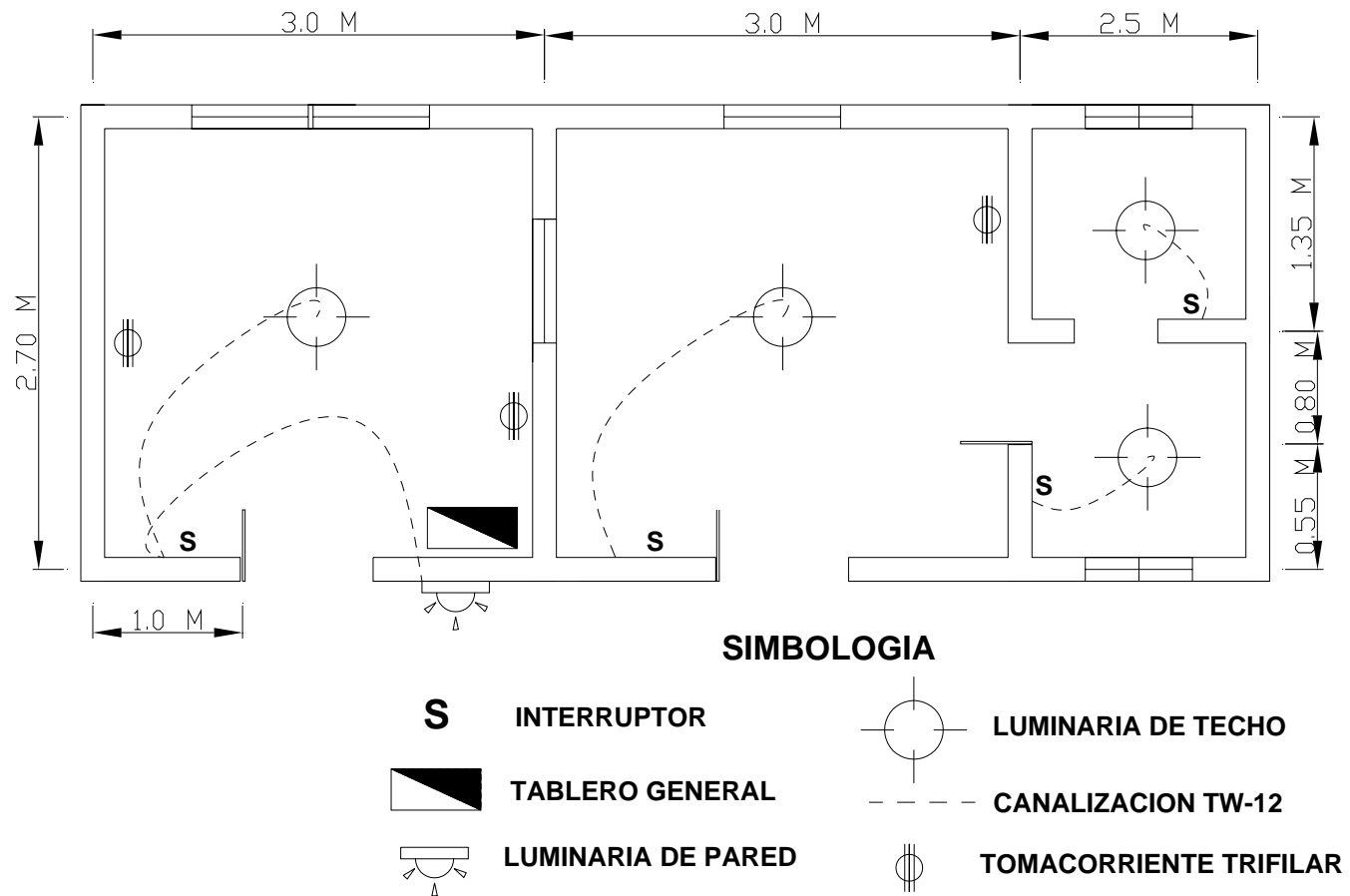
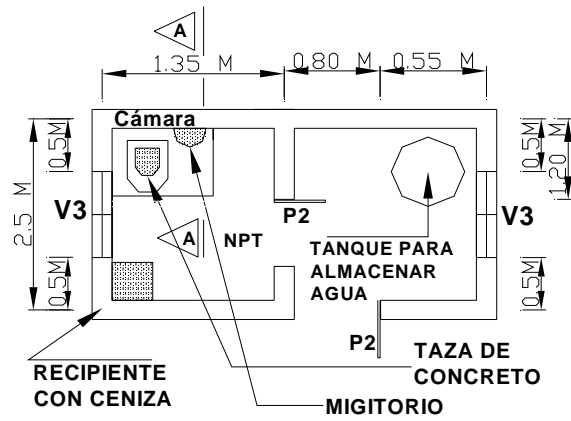


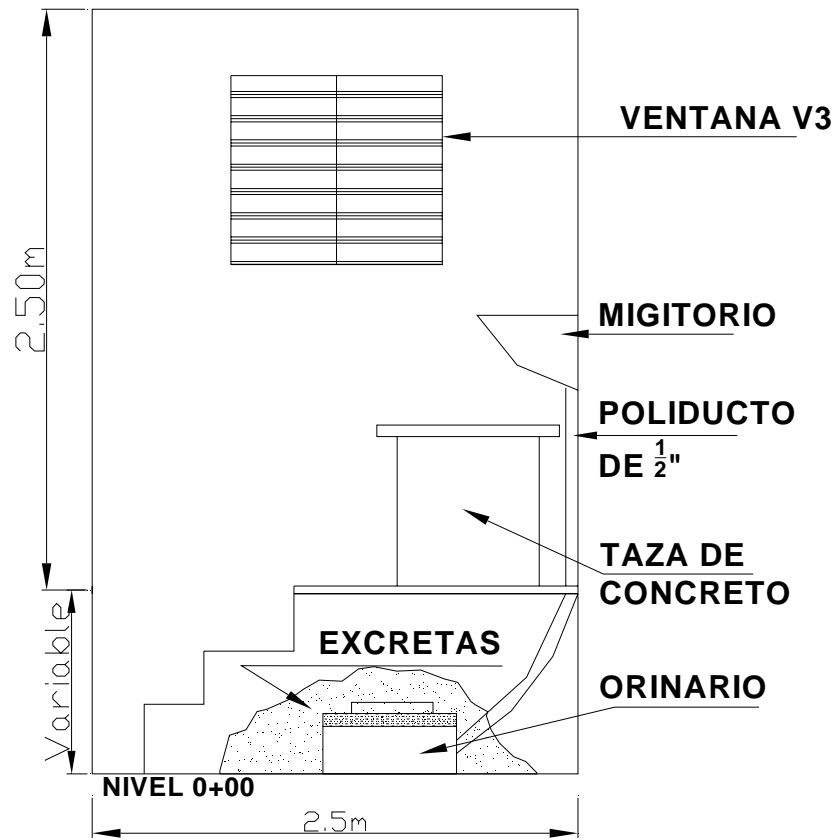
FIGURA 4.17. Planta de Fundaciones y detalles estructurales.



**FIGURA 4.18 PLANTA DE INSTALACIÓN ELECTRICA
-Sin Escala-**



DETALLE DE LETRINA
ABONERA - SIN ESCALA
PLANTA



VISTA LATERAL DE LETRINA
SECCIÓN A-A SIN ESCALA

FIGURA 4.19. Detalles de Letrina Abonera. Nota: La cámara debe tener 1.20m de largo por 0.60m de ancho.

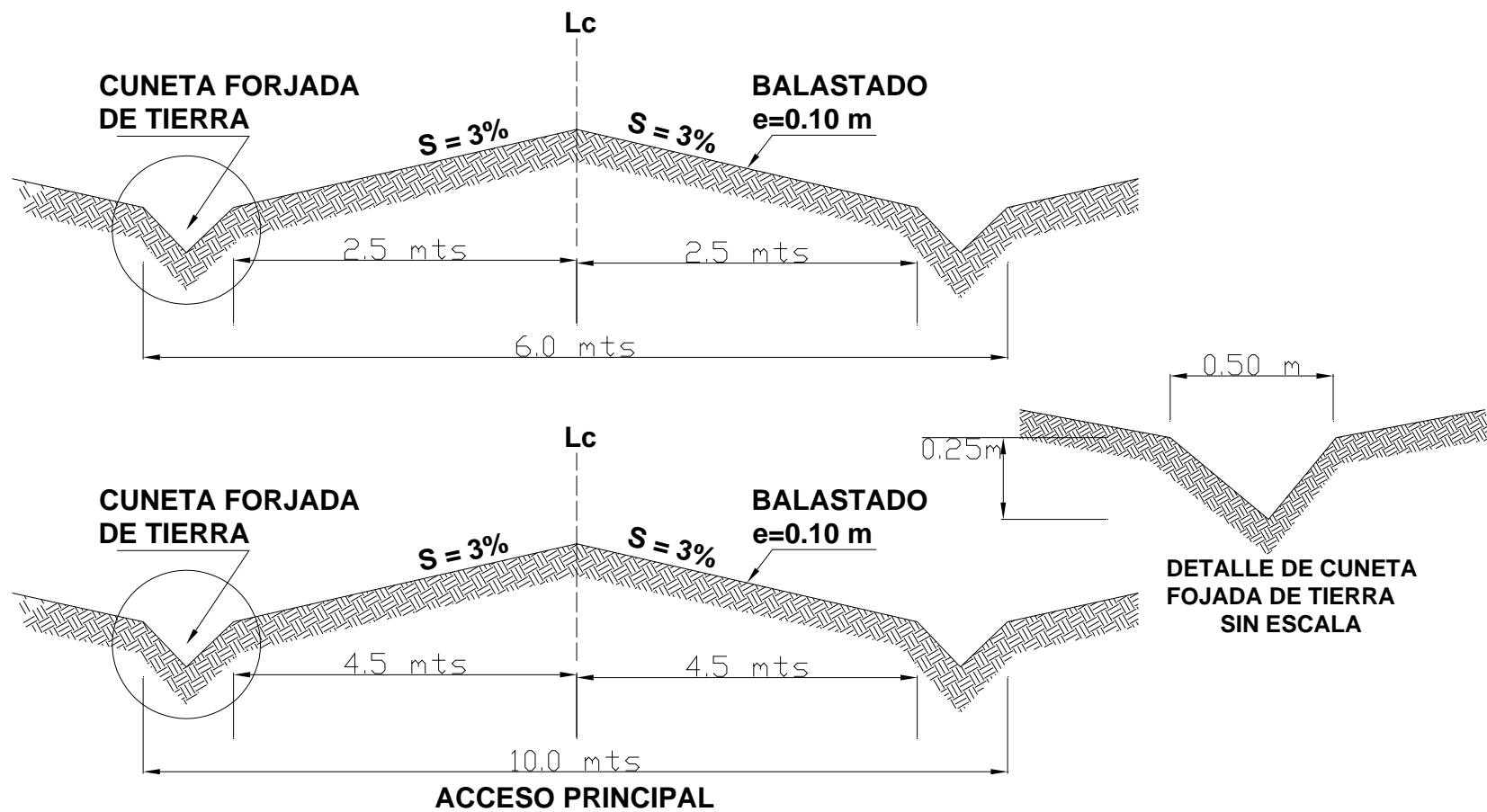


FIGURA 4.20. Detalle de vías de acceso interno.

4.1.8.5 Rótulo de Identificación.

El rótulo de identificación del proyecto se construirá con el objeto de identificar la obra ante la comunidad, para dar garantía a los vecinos y transeúntes de la disciplina y responsabilidad de la Municipalidad. El rótulo se ubicará en la entrada principal del proyecto y será colocado previa consulta y aprobación de la supervisión. En la figura 4.21 se muestra el detalle del Rótulo y la propuesta del contenido del mismo, se detalla en la figura 4.22.

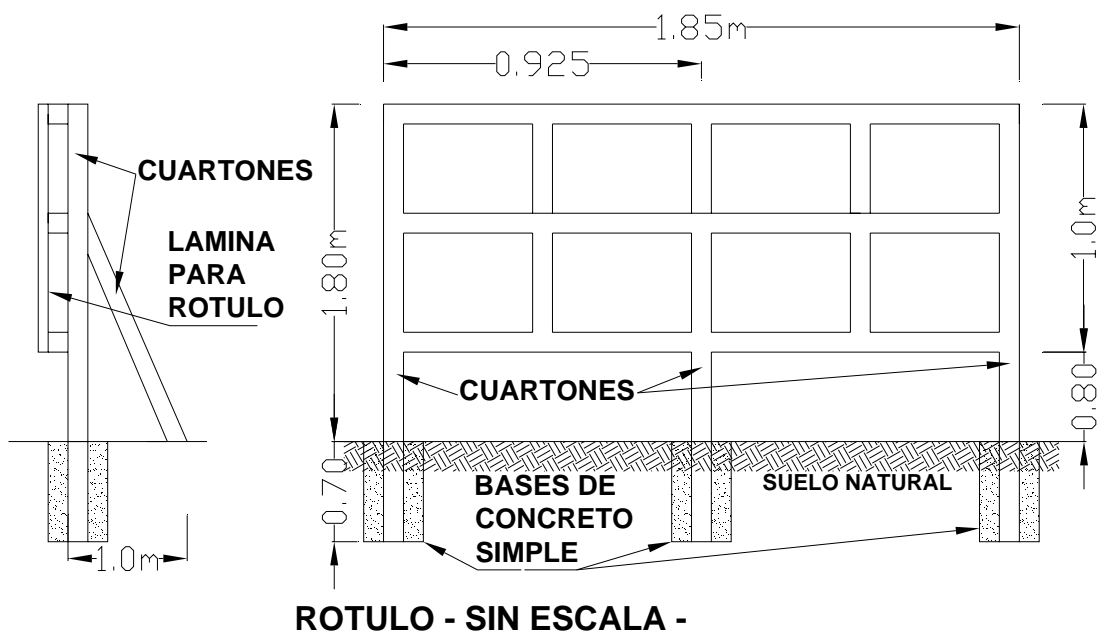


FIGURA 4.21. Detalles de la estructura de madera para el rótulo de identificación del proyecto.

PROPUESTA DEL CONTENIDO DEL RÓTULO

MUNICIPIO DE: APANECA
JURISDICCION DE AHUACHAPAN

**EL GOBIERNO DE EL SALVADOR, CON LA COLABORACION
DE LA COMUNIDAD Y A TRAVES DE LA ALCALDIA MUNICIPAL,
ESTA REALIZANDO EL PROYECTO:**

RELLENO SANITARIO MANUAL

COSTO TOTAL DEL PROYECTO: \$ _____

FECHA DE INICIO: _____ / _____ / _____

FECHA DE FINALIZACION: _____ / _____ / _____

DESARROLLO DE LA OBRA A CARGO DE LA MUNICIPALIDAD

DISEÑO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

FIGURA 4.22. Modelo de contenido del rótulo para la identificación del proyecto.

Finalmente, el plano del anexo 12 muestra los detalles completos del diseño del Relleno Sanitario Manual para el Municipio de Apaneca.

4.2 PRESUPUESTO.

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

Los costos directos en los que se incurrirá el Relleno Sanitario Manual de Apaneca son los siguientes:

- Instalaciones auxiliares (oficina Administrativa, servicios sanitarios, Portón de acceso y Rótulo de identificación del proyecto).
- Obras exteriores (cerca perimetral con malla ciclón).
- Obras de drenaje y Accesos (canaletas de tierra para drenaje pluvial, canaletas para lixiviados, chimeneas y accesos internos).
- Trabajos en terrazas (Cortes de material).
- Monitoreo y tratamiento de lixiviados (Lagunas de estabilización y equipo de bombeo para recirculación de lixiviados).

Estos costos se muestran en los cuadros 4.7a (costos de obras preliminares) y 4.7b (costos de construcción).

CUADRO 4.7a					
HOJA DE PRESUPUESTO DE OBRAS PRELIMINARES					
Proyecto: Relleno Sanitario Manual de Apaneca					
Fecha: enero de 2007					
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario \$	Sub total	Total \$
OBRAS PRELIMINARES					
MATERIALES					
TRAZO DE BODEGA					108.80
Regla pacha	100	vrs	0.50	50.0	
Clavos de 2 1/2 "	5	Lb.	0.56	2.80	
Rollo de nylon	1	c/u	2.0	2.0	
Costanera de pino de 5 vrs.	12	c/u	3.75	45.0	
Manguera de 1/2" x 75 pies	1	c/u	8.70	8.70	
crayón	1	c/u	0.30	0.30	
BODEGA					1007.38
Tabla de pino de 5 vrs	60	c/u	7.0	420.0	
Cuartón de pino de 5 vrs	36	c/u	6.25	225.0	
Costanera de pino de 5 vrs	36	c/u	3.75	135.0	
Lámina acanalada # 26, 3x1 yda	15	c/u	7.25	108.75	
Lamina acanalada # 26, 2x1 yda	15	c/u	6.05	90.75	
Clavos galvanizado para lámina	2.0	Lb.	0.48	0.96	
Clavo de 4"	10.0	Lb.	0.46	4.60	
Clavo de 3"	10.0	Lb.	0.46	4.60	
Clavo de 2 1/2"	6.0	Lb.	0.56	3.36	
Clavo de 2"	6.0	Lb.	0.56	3.36	
Bisagra de 3x2"	5.0	c/u	1.50	7.50	
Candado	1	c/u	3.0	3.0	
Porta candado	1	c/u	0.50	0.50	
MANO DE OBRA					
4 auxiliares; 4 x 3 x 8.12 = 97.44	3	día	32.48**	---	97.44
		**sin prestaciones			
TOTAL					1,213.62

FUENTE: grupo de tesis.

CUADRO 4.7b					
HOJA DE PRESUPUESTO					
Proyecto: Relleno Sanitario Manual de Apaneca					
Fecha: enero de 2007					
Partida	Cantidad	Unidad	Precio Unitario** \$	Sub total	Total \$
1.Instalaciones Auxiliares					8,698.80
ALBAÑILERIA					6,126.23
Soleras de fundación	30.3	ml	25.47	771.74	
Soleras de intermedias	30.3	ml	20.73	628.12	
Soleras de coronamiento	30.3	ml	20.73	628.12	
Columnas de 20x20cms, refuerzo 4#3	22.5	ml	61.70	1,388.25	
Nervios de 15x15 cms, refuerzo 4#3	25.0	ml	53.47	1,336.75	
Pared de ladrillo de barro	61.58	m ²	18.73	1,153.39	
Piso decorado	22.95	m ²	9.58	219.86	
TECHO					723.29
Polin C de 6"	28.22	m ²	25.45	723.29	
Cubierta lámina fribrolit					
PUERTAS Y VENTANAS					456.80
Puertas metálicas, lámina de 1/16", marco de tubo (SC)	2	c/u	62.0	124.0	
Ventanas tipo solaires (SC)	6.4	m ²	22.0	140.80	
Defensas metálicas para ventanas (SC)	5	c/u	38.40	192.0	
INSTALACIONES SANITARIAS					1,041.10
Tanque de polivinilo de 2 m ³ (SC)	1	c/u	392.23	392.23	
Letrina abonera (SC)	1	c/u	496.95	296.95	
Pila y lavadero de ladrillo de barro con accesorios (SC)	1	c/u	151.92	151.92	
INSTALACIONES ELECTRICAS					251.38
Instalación eléctrica para oficinas administrativas	1	c/u	251.38	251.38	
ROTULO	1	c/u	100.0	100.0	100.0
2. Obras Exteriores					33,657.88
Cerco perimetral de malla ciclón, postes de concreto.	632.15	ml	52.50	33,187.88	
Portón estructura metálica y malla ciclón de 5mts de longitud (SC)	1	c/u	470	470	
3. Obras de drenaje y acceso					26,180.18
Canaleta de tierra engramada para drenaje pluvial.	632.15	ml	25.13	15,885.93	
Nivelación y corte de camino de acceso (balastado) (SC)	121.50	m ³	9.25	1,123.88	
Drenaje de lixiviados (tubería de pvc de 4", colocación de filtro de grava #2)	130.85	ml	14.14	1,850.22	

Fuente: grupo de tesis; **Incluye mano de obra; SC=subcontrato

Partida	Cantidad	Unidad	Precio Unitario** \$	Sub total	Total \$
Drenaje de lixiviados (tubería de pvc de 6", colocación de filtro de grava #2)	88.33	ml	22.02	1,945.03	
Drenaje de lixiviados (tubería de pvc de 8", colocación de filtro de grava #2)	98.54	ml	33.29	3,280.40	
Drenaje de gases, chimeneas de tubería de concreto perforada con filtro de grava, 8m de longitud.	96.0	ml	21.82	2,094.72	
4. Trabajos en terrazas					15,469.00
Corte de material en terrazas	30,938	m ³	0.50	15,469.00	
5. Monitoreo y tratamiento de lixiviados					16,366.40
Excavación de tres lagunas (corte y conformación con sistema de filtro de base).	1,680	m ³	8.98	15,086.40	
Sistema de bombeo para la recirculación de lixiviados (SC)	1	c/u	1,280	1,280	
6.Insumos para Operación y Mantenimiento					\$5,557.58
Palas	5	c/u	6.00	30.00	
Azadón	5	c/u	4.77	23.85	
Barra	5	c/u	8.15	40.75	
Pico	5	c/u	5.83	29.15	
Pison de mano	5	c/u	6.28	31.40	
Horquilla	3	c/u	5.58	16.74	
Machete	3	c/u	7.50	22.50	
Almádana de 2 ½"	2	c/u	3.25	6.50	
Rastrillo	3	c/u	6.63	19.89	
Carretilla	5	c/u	18.35	91.80	
Rodillo manual hecho con barriles.	3	c/u	50.00	150.00	
Guantes, botas y mascarillas.	10	juego	17.00	170.00	
Geomembranas, rollo de 1 x 100m (6403m ²)	65	c/u	75.00	4,875.00	
Extintor químico	2	c/u	25.00	50.00	
TOTAL \$					105,929.84
TOTAL COSTOS DIRECTOS \$				1,213.62 + 105,929.84	107,143.46

Fuente: grupo de tesis; **Incluye mano de obra; SC=subcontrato

Finalmente, con los costos directos establecidos anteriormente, y con los costos de Mantenimiento, Operación y Cierre que se plantean en el próximo capítulo, se determina el Presupuesto final del proyecto diseñado. A continuación se presenta en el capítulo siguiente, los lineamientos generales para la Operación, el Mantenimiento y el Cierre final de la obra.

CAPITULO V
OPERACIÓN, MANTENIMIENTO,
CLAUSURA Y USO FINAL DE LA OBRA

5.1 OPERACIÓN.

La Operación, es una de las necesidades más importantes para controlar el funcionamiento del Relleno Sanitario. Con un plan de operación, se puede hacer más eficiente el manejo diario del Relleno Sanitario y se establece con claridad los papeles y responsabilidades de los involucrados. El plan de operación es especialmente importante para el adecuado funcionamiento de cualquier tipo de Relleno Sanitario.

El plan de operación propuesto debe contener los siguientes temas:

1. Definición de responsabilidades y competencias.
2. Establecimiento de las fronteras físicas del Relleno Sanitario y de las áreas de servicio.
3. Horas de apertura del Relleno Sanitario (horario de descarga de los desechos sólidos, horario de consulta o visita, apertura de la oficina administrativa y de las actividades en general).
4. Definición de las instituciones y personas jurídicas que pueden disfrutar de los servicios del Relleno Sanitario (Municipios cercanos, parroquias, comunidades, mercados, entre otros).
5. Definición del tipo de desechos que se acepta y de la unidad donde deben ser descargados: En el caso de Apaneca, desechos domiciliarios, desechos de barrido, desechos de mercado, desechos de parques y jardines, y desechos de construcción, ya que estos son los que se generan en el Municipio.
6. Información del registro del personal y visitantes.
7. Reglas para la descarga de los desechos en el sitio.

8. Reglas de comportamiento en el Relleno Sanitario (por ejemplo, no fumar, prohibido el ingreso de menores de edad, no entrar descalzo, entre otros).

9. Derechos de propiedad sobre los materiales descargados, es decir, la operación de clasificación domiciliaria y la valoración de los materiales biodegradables y reciclables son propiedad de la Alcaldía).

10. Responsabilidades concernientes a riesgos y accidentes causados por los desechos y su manejo.

11. Multas y sanciones para personas e instituciones que no cumplen con las reglas impuestas por la Alcaldía.

Sin embargo, para iniciar este plan de operaciones, la primera tarea por realizar debe ser el cierre del botadero a cielo abierto actual.

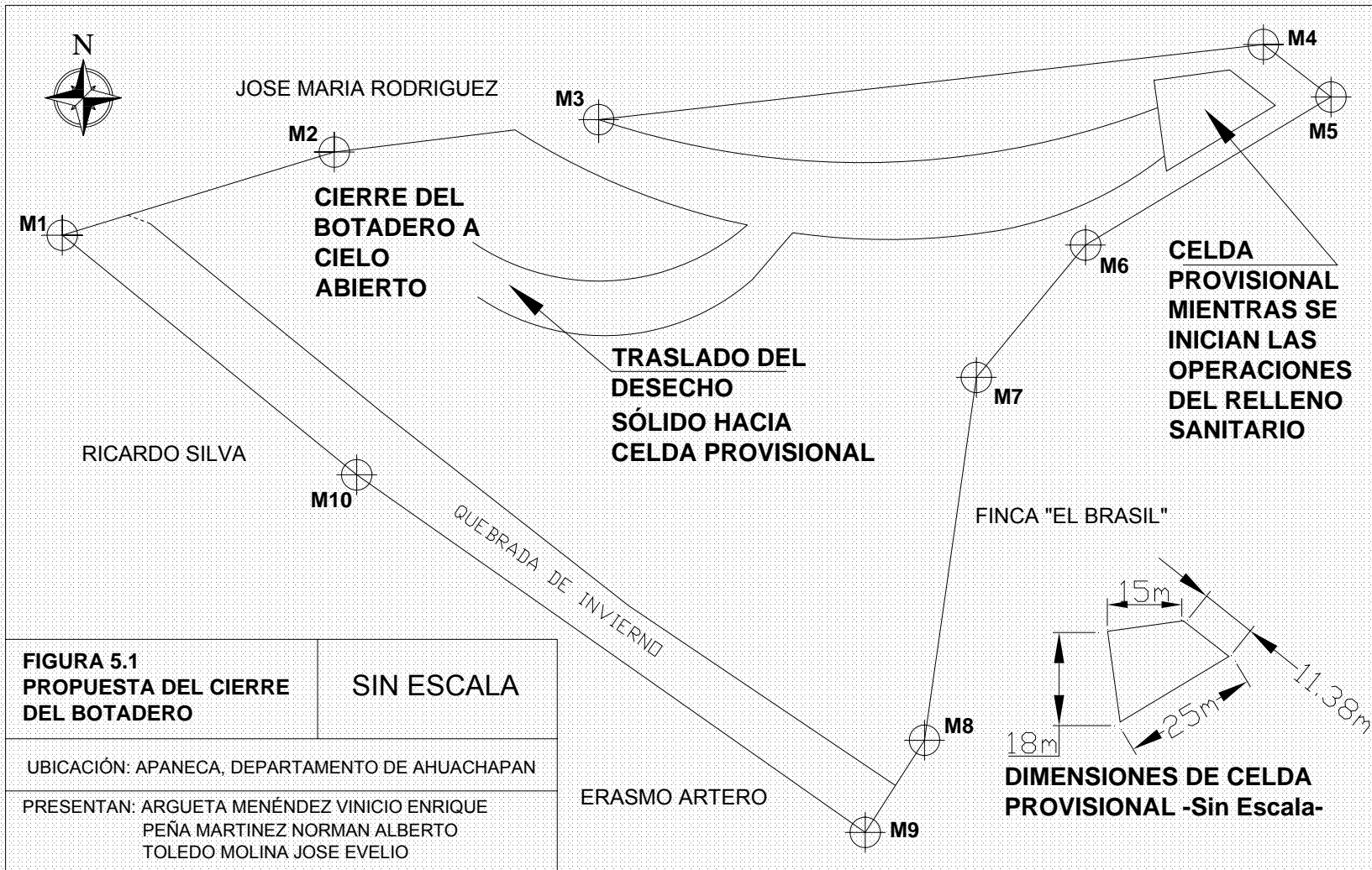
5.1.1 Cierre del Botadero a cielo abierto.

Para la exitosa operación del sistema proyectado, se debe programar y clausurar el botadero tradicional del Municipio de Apaneca. Para la operación de clausura del botadero, en lo posible se deben realizar las siguientes acciones:

- Construir una celda provisional en el sector Oriente del terreno para retirar la basura existente del sitio actual y depositar la basura generada en ese momento por la población, cubriendo con tierra bien compactada todos los desechos sólidos con una capa de 0.20, 0.40m o más de espesor, mientras se inician las operaciones de construcción del Relleno Sanitario, puesto que como se ha planteado anteriormente, el terreno

actual del botadero también servirá para la implementación del Relleno proyectado (ver figura 5.1).

- Hacer pública la transición del botadero, anunciando que ya no se permitirá la disposición de basuras a cielo abierto en el lugar e informar además a la comunidad sobre la pronta existencia del Relleno Sanitario en el mismo terreno.
- En especial a los comerciantes, que esporádicamente generan gran cantidad de basuras y contratan a un particular para su disposición, informarles de la pronta existencia del Relleno Sanitario, e indicarles que las depositen allí.
- Colocar avisos informando a la ciudadanía las sanciones que se aplicarán a quienes infrinjan las normas dictadas al respecto.
- Construir el cerco perimetral para impedir el ingreso de personas extrañas y de animales, como ya se proyectado.
- Realizar un programa de exterminio de roedores. En esta actividad es importante la asesoría del Ministerio de Salud, a través de la Unidad de Salud del Lugar. Si esta etapa no se realiza, es posible que esos bichos, al no disponer de madriguera y alimento (por el enterramiento de las basuras), se desplacen a las viviendas vecinas con los consiguientes riesgos y problemas.
- Inmediatamente después del exterminio, se inician las operaciones de movimiento de tierra, preparación de taludes (entre ellos el de la quebrada de invierno) y se proveen los drenajes necesarios para evitar la erosión; será necesario adquirir el equipo especial para tal actividad.
- Preparar y sembrar vegetación sobre la tierra de cobertura en aquellas áreas que lo ameriten.



5.1.2 Control de Operaciones.

Entre los controles más importantes referentes a la operación del Relleno Sanitario, están:

- El control del ingreso de residuos sólidos (portería). Cuadro 5.1.
- El control del flujo de vehículos (portería).
- La orientación del tráfico y descarga (plaza de operaciones).
- El descargue en el frente de trabajo (supervisor).
- El control del tamaño y conformación de las celdas, con su respectivo material de cobertura (supervisor).
- La distribución adecuada del programa de trabajo (supervisor).
- El buen mantenimiento de las herramientas y dotación de implementos de protección de los trabajadores (supervisor).
- La vigilancia para impedir el ingreso de animales y personas extrañas, y la excavación de materiales de los residuos sólidos en las celdas ya conformadas.

CUADRO 5.1 Control de ingresos del desecho sólido						
Día	Fecha	Nº de viajes	Desechos sólidos		Material de Cobertura m ³	Observación (Municipio de procedencia)
			Volumen M ³ /día	Cantidad Kg/sem		
Lunes						
Martes						
Miércoles						
Jueves						
Viernes						
Sábado						
TOTAL						

FUENTE: Guía para el diseño, construcción y operación de Rellenos Sanitarios Manuales, OPS, Washington, 1991

Estas operaciones no serian posible sin el personal necesario y los equipos y herramienta adecuada, para llevar a cabo las actividades programadas en el Relleno Sanitario. Es por esa razón, que la Municipalidad deberá prestar importancia a los aspectos que a continuación se detallan:

5.1.2.1 Personal Necesario.

Para que el Relleno Sanitario Manual funcione, como su nombre lo indica, todas las operaciones están basadas en el trabajo desarrollado por obreros del Municipio o comunidad. El número de trabajadores necesarios depende de la cantidad de desechos sólidos a enterrar, de las condiciones del clima y del método de construcción del relleno, entre otros. A continuación se detalla en el Cuadro 5.2, el personal necesario para operar el Relleno Sanitario del Municipio de Apaneca.

CUADRO 5.2 Recurso técnicos y humanos para las actividades de operación en el Relleno Sanitario de Apaneca	
Calificación y tareas del personal	Personal necesario
Jefe del relleno (ingeniero civil, ingeniero mecánico o tecnólogo ambiental)	1
Mano de obra necesaria en la operación Manual del Relleno Sanitario para conformar la celda diaria (según capítulo IV, en Movimiento de desechos, Compactación de desechos, Movimiento de tierra para cobertura y Compactación de las celdas)	3
Obreros de relleno con las tareas siguientes: construcción de chimeneas, limpieza de canales de drenaje y cunetas, Mantenimiento de la planta de tratamiento de las aguas lixiviadas.	2
Guardias con las tareas siguientes: Presencia continua sobre el relleno, Prohibir el ingreso de personas no autorizadas, Prohibir y controlar que no ingresen animales en el lugar.	2 Uno durante el día Y uno durante la noche
TOTAL	8

FUENTE: Grupo de tesis con base en la Guía para el diseño, construcción, operación y cierre de Rellenos Sanitarios Manuales, Ecuador, 2002.

Además del personal definido en el cuadro anterior, es necesario considerar la mano de obra involucrada en las tareas de recolección, barrido de calles y los actuales pepenadores que laboran en el botadero. Esta información se describió anteriormente en el cuadro 2.3 del diagnóstico del sistema de recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos, en donde se evaluó una cantidad de 8 auxiliares en el barrido de calles, 5 recursos en la actividad de recolección y 4 pepenadores en la disposición final.

Si se consideran a los pepenadores como parte ya involucrada en las tareas del manejo de los desechos sólidos, y en vista del cierre del botadero a cielo abierto para pasar a Relleno Sanitario, este personal puede incorporarse en las actividades mencionadas en el cuadro 5.2, para lo cual será necesario implementar un programa de capacitación de personal, antes de iniciar labores.

En conclusión, para las actividades del Relleno Sanitario y saneamiento ambiental del Municipio de Apaneca, serán necesarias 21 personas (8 en el Relleno Sanitario incluidos los actuales pepenadores, 5 en las actividades de recolección y 8 en el barrido de calles).

5.1.2.2 Equipo y herramienta.

En un Relleno Manual, el equipo necesario son utensilios de albañilería, más un rodillo compactador manual.

La cantidad de estas herramientas está en función del número de trabajadores, y éstos a su vez dependen de la cantidad de desechos sólidos a enterrar en el relleno. Para el acarreo del material de cobertura o basura, sobre las celdas ya construidas se recomienda la colocación en la superficie del relleno de unos tabloncillos en forma lineal para facilitar el desplazamiento de las

carretillas, sobre todo en época de lluvias, mejorando así los rendimientos en la operación. La figura 5.2 muestra las herramientas más comunes en los trabajos de operación en un Relleno Sanitario y el uso correcto se detalla en el cuadro 5.3.

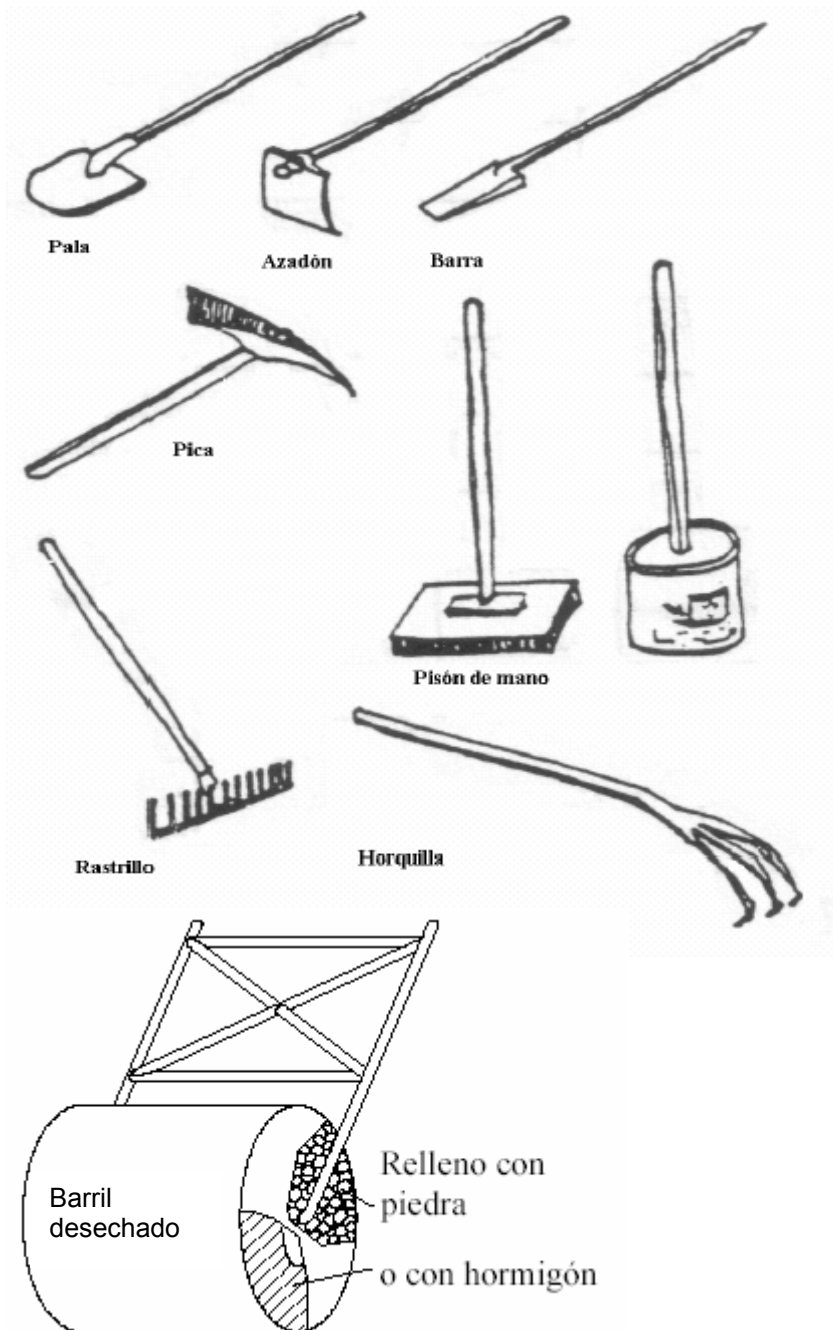


FIGURA 5.2 Herramientas de uso común en la operación de Rellenos Sanitarios

CUADRO 5.3
Uso de las herramientas y el equipo en el Relleno Sanitario

Palas	<ul style="list-style-type: none"> - Cargar, descargar y colocar basura suelta. - Cargar, descargar y colocar material de cobertura. - Excavar. - Mantenimiento de la laguna de tratamiento biológico (excavación de sedimento). - Mantenimiento y construcción de cunetas.
Azadón	<ul style="list-style-type: none"> - Aflojar el terreno. - Trabajos de arborización. - Mantenimiento de cunetas y canales de drenaje.
Barra	<ul style="list-style-type: none"> - Aflojar el terreno para excavaciones. - Trabajos de arborización. - Mantenimiento y construcción de cunetas y canales de drenaje.
Pico	<ul style="list-style-type: none"> - Ablandar el terreno para excavaciones. - Trabajos de arborización. - Mantenimiento y construcción de cunetas y canales de drenaje.
Pison de mano	Compactación manual de la basura colocada en las superficies laterales (taludes).
Horquilla	Carga y descarga de basura en fundas.
Machete	<ul style="list-style-type: none"> - Cortar palos para la construcción de chimeneas u otros trabajos de mantenimiento. - Afiliar palos y estacas. - Cortar árboles pequeños para la preparación del terreno.
Martillo	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción y mantenimiento de chimeneas. - Mantenimiento de herramientas.
Rastrillo	Colocación homogénea del material de cobertura; homogeneización de la basura colocada.
Carretilla	Transporte interno de basura y del material de cobertura.
Rodillo manual hecho con barriles.	Compactación de la basura y de la cubierta con tierra.
Guantes, botas y mascarillas.	Para mayor comodidad en las operaciones de trabajo e higiene.
EQUIPO NECESARIO	
Sistema de bombeo	Para la recirculación de los líquidos lixiviados.
Geomembranas	Para evitar la filtración del líquido percolado.
Extintor químico	Para apagar posibles incendios.

FUENTE: Guía para el diseño, construcción, operación y cierre de Rellenos Sanitarios Municipales, Ecuador, 2002.

5.1.3 Construcción y Operación de la celda diaria.

Se pueden aplicar diferentes estilos de descarga y de colocación de los desechos sólidos. En un Relleno Sanitario Manual la basura se descarga lo más cerca posible al sitio donde se rellenará; para eso es importante que se indique al chofer del vehículo recolector. Los trabajadores colocarán la basura en capas delgadas, de un espesor máximo de 30 cm. Se pueden construir capas horizontales o capas inclinadas que se apoyen en un talud natural o en las capas construidas anteriormente. Si se hace la colocación de la basura con capas inclinadas, estas no deben ser más inclinadas al talud 1: 3. Las celdas se deben construir diariamente, compactar después de la terminación de la jornada y cubrir con tierra en capas hasta los 30 cms. Para la protección del Relleno Sanitario contra roedores, insectos y otros animales (gallinas, perros callejeros, entre otros), y para impedir la dispersión de materiales volátiles, polvo y olores es muy importante que no quede expuesto ningún desecho. El material de cobertura se debe conseguir del sitio mismo del relleno, ya que el relleno se construirá en un terreno inclinado, por lo que se puede nivelar el talud y utilizar la tierra sobrante como se ha proyectado. El sistema de colocación se muestra en la figura 5.3.

Debido a que Apaneca es una región con mucha precipitación, la excavación o el transporte diario del material de cobertura puede ser problemático en invierno, por que la tierra se satura de humedad, pesa más y es más pegajosa que en la época seca. En este caso, se recomienda almacenar una cantidad suficiente de material de cobertura en el mismo relleno. Si es posible, se almacena esta tierra sobre una celda ya terminada y se protege con un plástico. Con esto, la distancia de transporte hacia la celda actualmente operada sería mínima, y el peso de la tierra acumulada ayudaría a

compactar más la celda terminada y a disminuir la generación de aguas lixiviadas.

La compactación de la basura colocada y de la cobertura se realiza con los pisones manuales y con el rodillo manual. Para compactar los taludes, el uso del pisón es más recomendable; para superficies horizontales se utiliza el rodillo manual. En la figura 5.4 se muestra como se debe hacer la compactación manual de la capa diaria. Para mejorar la compactación de las celdas, se puede también organizar que pasen los vehículos de recolección sobre las mismas. Para eso, ya se debe haber hecho una buena compactación manual anteriormente, y no se debe realizar este trabajo en el periodo lluvioso, puesto que hay peligro que se hundan los vehículos si el terreno es demasiado flojo. El transitar de los vehículos sobre los desechos por este método, se puede facilitar poniendo planchas y palos sobre la celda de basura, como se muestra en la figura 5.4.

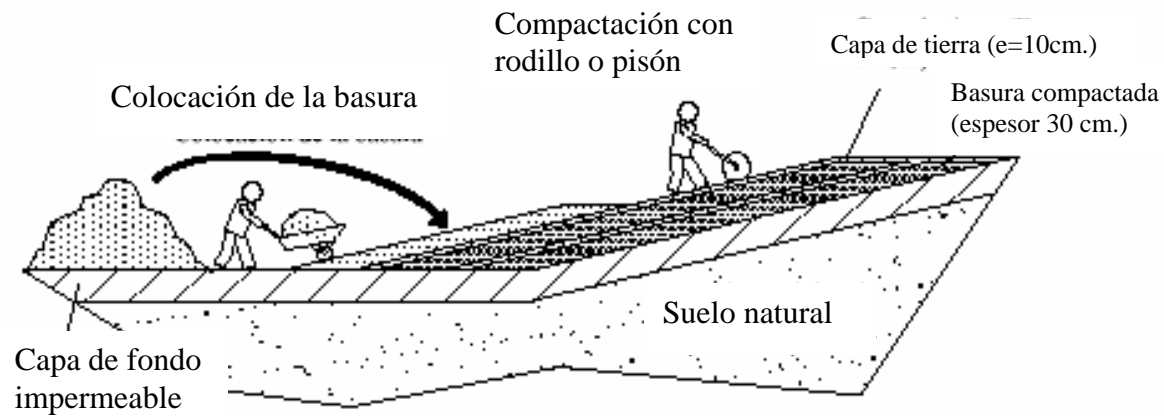
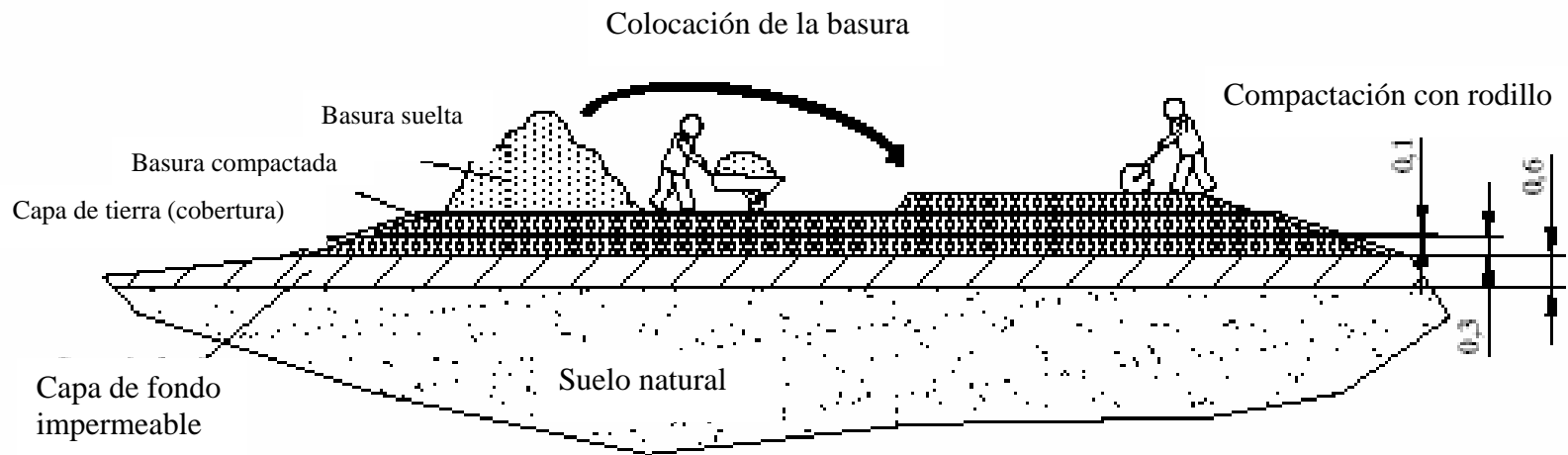


FIGURA 5.3. Colocación manual y compactación de la basura en capas horizontales e inclinadas.

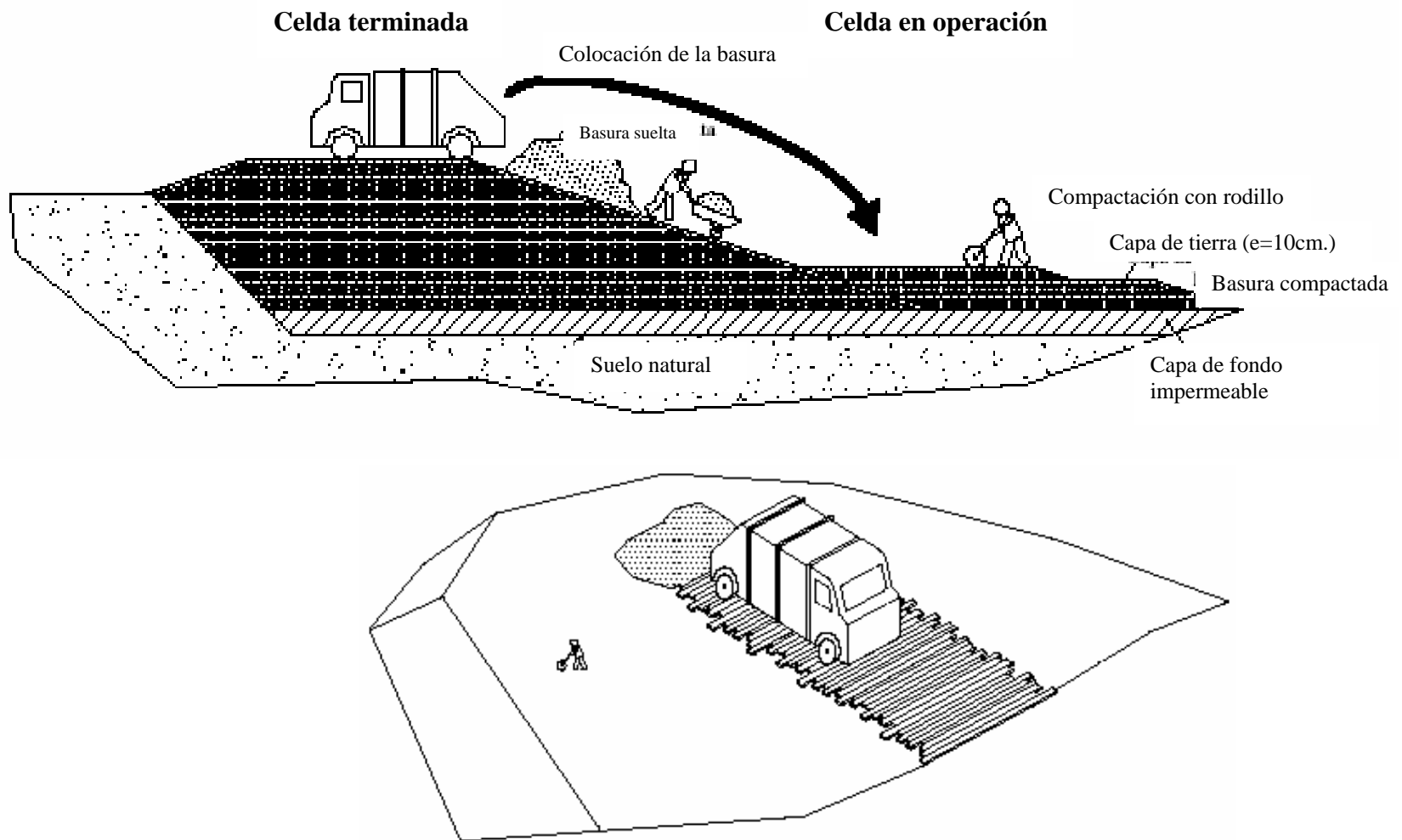


FIGURA 5.4. Compactación manual de la celda diaria y colocación de planchas para estabilizar el vehículo.

Básicamente, si recordamos que el método elegido para la construcción de la celda diaria, corresponde al método del área, los pasos a seguir para apreciar el método constructivo y la operación manual del Relleno Sanitario, son:

1. *Preparación del terreno para la construcción del relleno colocando la geomembrana.*
2. *Descarga de los desechos sólidos.*
3. *Esparcimiento de los desechos en el área limitada para la celda.*
4. *Compactación de los desechos con el pisón de mano.*
5. *Compactación de los desechos con el rodillo manual.*
6. *Extracción de la tierra para cubrir la basura.*
7. *Cubrimiento de los desechos sólidos.*
8. *Compactación de la celda terminada (primera celda).*
9. *Construcción del drenaje de gases (chimeneas).*
10. *Construcción de una segunda celda apoyada en la primera.*
11. *Construcción de la primera terraza del terreno, mediante esta metodología.*
12. *Construcción de la última terraza del terreno, al finalizar la vida útil.*

Luego, cuando se cierra el Relleno Sanitario o un módulo del relleno, hay que construir una capa final para poder restaurar el terreno. Esta capa final se debe construir como lo describe el Cuadro 5.4.

CUADRO 5.4 Construcción de la Capa Final		
Estratos necesarios	Material	Necesidad en Relleno Sanitario Manual
Capa de drenaje de gas, espesor > 0.5 mts.	Arena, compost grueso, piedra bola, grava, desechos de madera.	Si el material esta disponible.
Capa impermeable, espesor 0.4 - 0.6 mts.	Según Cuadro 5.5 y en función de estudio de suelos.	Si es necesario
Capa de humus espesor > 1 m	Suelo natural enriquecido con humus o compost.	Si es necesario

FUENTE: Guía para el diseño, construcción, operación y cierre de Rellenos Sanitarios Municipales, Ecuador, 2002.

CUADRO 5.5 Suelos ideales para la construcción de la cubierta final.		
Tipo de suelo	Contenido de limo (% peso)	Contenido de arcilla (% peso)
Arena limosa	10-40	8-17
Arena limosa	10-50	0-15
Arena arcillosa	0-15	5-25
Limo arenoso	15-80	15-45
Limo arenoso	50-80	0-17

Fuente: Guía para el diseño, construcción, operación y cierre de Rellenos Sanitarios Municipales, Ecuador, 2002.

Es importante considerar que cuando se cierra una celda, se debe construir una cubierta final más elaborada que las cubiertas diarias. Se recomienda construir la capa final de 0.40 - 0.60 m en dos etapas, cada una de 0.20 - 0.30 m de espesor, con un intervalo de aproximadamente un mes para tratar de cubrir los asentamientos que se produzcan en la primera capa; luego deberá agregársele la capa de humus. El material más apropiado para la

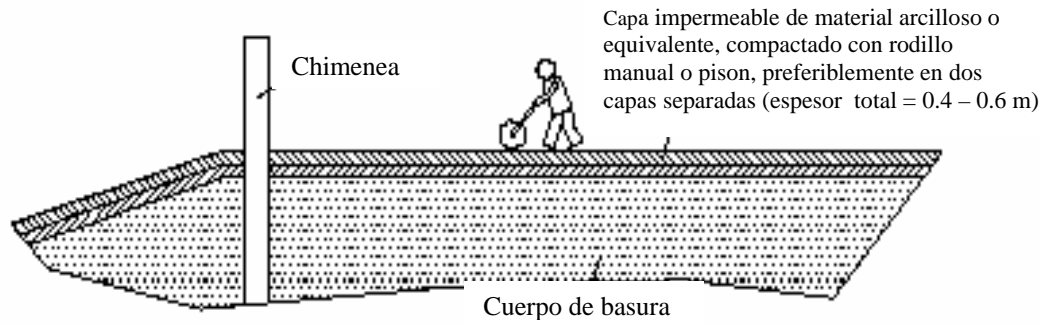
construcción de la cubierta final es una tierra arcillosa o limosa (ver Cuadro 5.5), con el fin de asegurar una impermeabilidad máxima y minimizar la generación de aguas lixiviadas.

Si la celda terminada será utilizada posteriormente para otros fines (como se describe en la sección 5.3.3.), es muy importante que se compacte bien la capa impermeable de cobertura. En los Rellenos Manuales se recomienda compactar separadamente con pisón y rodillo las dos capas aplicadas sucesivamente. Si no se va a construir otra celda superpuesta a la celda recientemente terminada, es muy importante que se arborice y restaure el terreno. Especialmente en terrenos arcillosos la compactación impide que las plantas echen raíces, por lo que no se debe compactar la capa de humus, y tampoco deben entrar vehículos pesados sobre la celda cerrada.

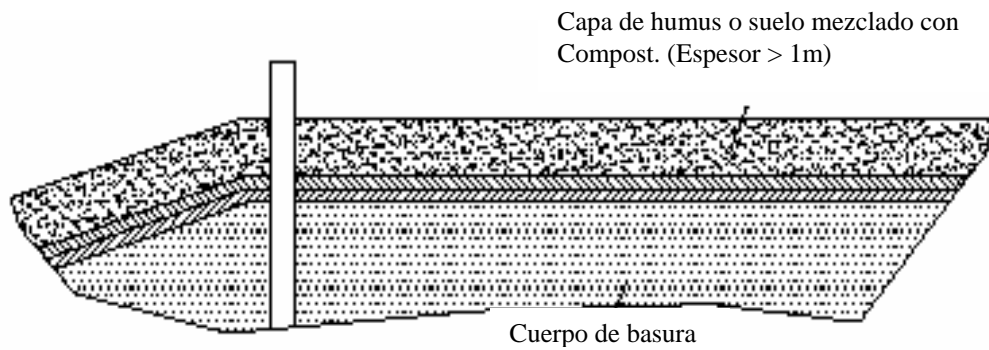
Para la arborización de la celda o del módulo terminado hay que colocar necesariamente la capa de tierra humus sobre la celda terminada. Si está disponible, se recomienda hacer esta capa con un espesor de al menos 1 m. La figura 5.5 muestra la construcción de la capa final de una celda de un Relleno Manual.

Finalmente, para garantizar el avance en el proyecto, se debe programar el movimiento de tierra para los períodos secos, para que la extracción del material de cobertura este disponible para la época de lluvias, en donde se recomienda sólo el enterramiento de la basura. Además, introducir como práctica de rutina en la operación del relleno, el *cubrir las celdas con material plástico* para impedir que las aguas de lluvia se infiltren a través de las basuras, lo cual permite mantener la obra en funcionamiento.

1. Construcción de la Capa Impermeable de Cubierta



2. Aplicación de la Capa de Humus



3. Arborización

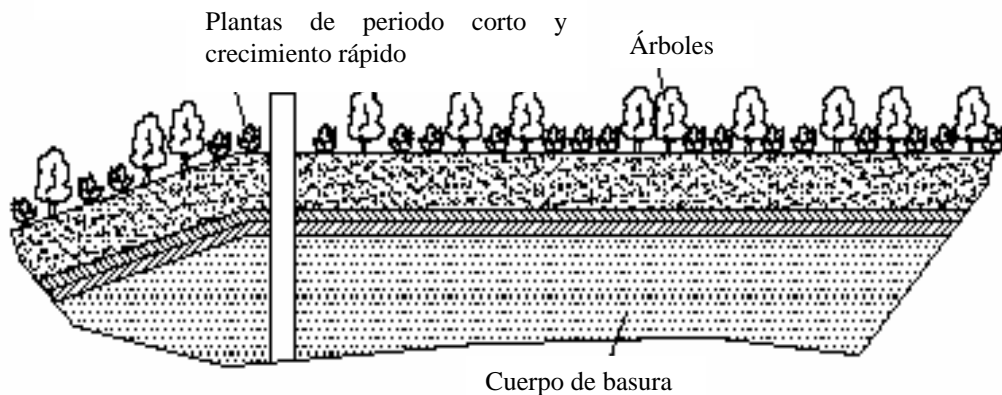


FIGURA 5.5. Construcción de la capa final en un relleno manual.

5.1.4 Vías de Acceso.

Las vías de acceso deben estar preparadas para iniciar los trabajos de operación, en especial la vía principal, puesto que las vías secundarias se crearán a medida avanza la obra. Una vez completada la primera base de celdas, se recomienda hacer transitar el vehículo recolector 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).

Generalmente es en los períodos de lluvias donde se presentan los mayores problemas de operación en un Relleno Sanitario, debido al difícil ingreso de los vehículos recolectores por encima de las celdas ya conformadas, y posibles encharcamientos y atascamientos debidos a la baja densidad alcanzada con la compactación manual.

Entonces, en los periodos lluviosos conviene 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 alambón 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, cuyos módulos pueden ser reusados 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, y se deben colocar únicamente en los accesos (no sobre las celdas).

Además, para evitar movimientos de tierra excesivos para material de cobertura, es recomendable mantener reservas de material en la época seca, para tenerlo disponible durante el invierno y así evitar distancias largas y posibles encharcamientos en las vías.

5.1.5 Operación en época de lluvia.

Anteriormente ya se han mencionado algunas recomendaciones prácticas para la operación durante el invierno; entonces, para completar dicha información se presentan las siguientes recomendaciones relacionadas con este aspecto:

1. Reservar algunas áreas en los lugares menos afectados por las lluvias, con accesos conservados para operar en las peores condiciones, para el almacenamiento de material de cobertura.
2. Construir vías artificiales de 3 m de longitud por 3 m de ancho con troncos de madera, para evitar encharcamientos.
3. Aprovechar los escombros, producto de la demolición de viejas construcciones (ripio) para conformar y mantener algunas vías internas, como sustituto del balasto.
4. Durante uno o varios días en la semana reforzar la mano de obra, con una cuadrilla de dos o tres trabajadores más, para mantener el relleno en buenas condiciones mientras subsistan los factores adversos.
5. Introducir como práctica de rutina en la operación del relleno, el cubrir las celdas con material plástico para impedir que las aguas de lluvia se infiltren a través de las basuras.

5.1.6 Seguridad dentro del 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.

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, para lo cual se indican a continuación algunas recomendaciones, con las que se pretende minimizar los problemas de la seguridad laboral en un Relleno Sanitario:

- Tratar de evaluar las causas de accidentes más comunes y adoptar las medidas preventivas del caso.
- Elaborar normas de seguridad de trabajo, con las respectivas indicaciones para el uso del equipo.
- Proveer al personal de un local para vestuario donde pueda asearse y cambiarse de ropas después de la jornada de trabajo, a fin de no llevar a su hogar cualquier clase de contaminación (ver figura 4.15, cuya zona estará disponible en el sitio donde se almacenará el agua).
- 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, buscando 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 conscientización.
- Dotar a los trabajadores de guantes, botas y por lo menos de dos uniformes al año.
- Proporcionar continuamente mascarillas para proteger contra el polvo (¡estas NO protegen contra el gas de relleno!).
- Dependiendo del clima proporcionar: abrigos de caucho, gorras o sombreros.

5.2 MANTENIMIENTO.

A diferencia de otras obras, la construcción de un Relleno Sanitario requiere de una constante supervisión y mantenimiento, lo cual implica algunos gastos que, aunque son mínimos, deben ser atendidos oportunamente, debiendo preverse los recursos correspondientes en el presupuesto del Municipio.

5.2.1 Supervisión.

Uno de los elementos más importantes en el Relleno Sanitario es el jefe o supervisor de aseo, quien debe organizar, dirigir y controlar las operaciones; además, debe contar con el pleno respaldo de la Administración Municipal. Si el Relleno Sanitario no cuenta con una buena supervisión ni con un adecuado mantenimiento técnico y económico, fácilmente podrá convertirse en un botadero a cielo abierto.

La responsabilidad del ingeniero supervisor es supervisar la operación entera, analizar todos los datos de operación para mejorar su eficiencia, contratar personal, capacitar u organizar la capacitación de personal contratado, contratar especialistas cuando es necesario, y seleccionar maquinaria.

5.2.2 Vías de acceso.

Las vías de acceso, frente de trabajo, redes de drenaje pluvial y superficie terminada del relleno, deben mantenerse en buenas condiciones operativas mientras se realicen los trabajos de operación.

La construcción y el mantenimiento de vías internas son tareas de rutina muy importantes en la operación diaria del relleno. Se clasifican las vías internas como las de acceso primario, secundario y terciario. El acceso primario es la vía desde la puerta de entrada hasta la caseta de control; normalmente estará balastada. El acceso secundario es la vía desde la caseta hasta la zona de descarga de la celda diaria; típicamente serán de materiales duros. El acceso terciario es la vía encima del relleno que normalmente es utilizado solamente por el camión recolector, cuando sea necesario. Los accesos primarios y secundarios deben tener adecuadas pendientes para el drenaje de agua pluvial, y para que los camiones pasen sin problema, no deben tener baches ni lodo. Cuando las vías empiezan deteriorarse por el uso de camiones pesados o la lluvia, los operadores y trabajadores tienen que mantenerlas manualmente o con equipo, y de vez en cuando puede ser necesario utilizar equipo especializado como un nivelador. Lo más importante es mantener los accesos primarios y secundarios con pendientes para drenaje y sin baches significativos que puedan dañar camiones.

Por lo tanto, las vías de acceso deben estar bien conformadas, de manera que puede soportar el peso de camiones pesados y maquinaria pesada que entran y salen del relleno, para que se mantenga la entrada limpia sin lodos, especialmente durante la época lluviosa. Además, es recomendable agregar a las vías de acceso cierta cantidad de ripio, en lugar del balasto, en aquellos lugares que puedan presentar charcos excesivos durante la época de invierno; sin embargo, si los problemas persisten se puede utilizar una zona diferente para la operación durante la época lluviosa, para evitar los problemas de lodos en las vías internas.

5.2.3 Materiales y herramientas.

Una vez concluidas las labores diarias, las herramientas deben dejarse limpias y, en caso de daños o quiebras, deben ser reparadas o sustituidas a la mayor brevedad. Uno de los mayores problemas administrativos es el abastecimiento de materiales, del cual depende todo mantenimiento. Por lo tanto, es necesario planificarlo. Esto incluye la previsión de piezas y otros materiales que deben depositarse en la bodega del relleno. Es conveniente también llevar un control de las herramientas e implementos suministrados a los trabajadores, tanto para su inventario como para establecer el tiempo de reposición por daños. El cuadro 5.6 presenta el formato de guía para esta labor.

Por otra parte, en las actividades del relleno, podrán detectarse residuos sólidos especiales, que incluyen desechos voluminosos como llantas, refrigeradores, televisores, y otro equipo electrodoméstico, o materiales que presentan riesgos al medio ambiente o a la salud pública como pinturas, aceites, o baterías, los cuales **no deberán ser depositados en las celdas diarias**, y se tendrán que almacenar en zonas de almacenamiento preparadas para su reciclaje o reuso. Estas zonas pueden establecerse en los lugares aún

inactivos del terreno, para su almacenaje provisional. Además, también se necesitarán los siguientes materiales necesarios para la operación del Relleno Sanitario: materiales para la cobertura y para la construcción de chimeneas como Malla metálica, Piedra grava, Palos, y Clavos.

Aquellos materiales destinados para reciclaje o reuso, deberán ser separados de los materiales a enterrar en la celda diaria. De esta forma, se podrán comercializar de la misma forma en que se ha venido haciendo hasta la fecha.

Un aspecto de importancia a tomar en cuenta, es que las herramientas necesarias para el Relleno Sanitario Manual, **por ningún motivo deberán utilizarse para otra actividad que no corresponda a la establecida para su uso**, pues como se ha descrito en el cuadro 5.3, cada herramienta y equipo tienen un uso único y específico.

CUADRO 5.6 Control de herramientas e implementos de trabajo																
Nombre del trabajador	Herramientas										Implementos de protección				Fecha de entrega	Observaciones
	A z a d ó n	B a r r a	C a r r e t i l l o	R a s t r i l l o	P a l a	P i c o	P i z ó n	R o d i l l o	H o r q u i l l a	M a r t i l l o	O v e r o l	B o t a s	G u a n t e s	M a s c a r i l l a		
Firma de autorización:																

FUENTE: Guía para el diseño, construcción y operación de Rellenos Sanitarios Manuales, OPS, Washington, 1991

5.2.4 Control Ambiental.

El control ambiental es parte de la operación de rutina del relleno que protege el medio ambiente dentro y fuera del sitio. Por lo tanto es indispensable mantener las instalaciones del relleno en condiciones de funcionamiento que no perjudique la salud pública. El control ambiental incluye el control de vectores, desechos dispersos, polvo, malos olores, erosión, incendios, biogás, y lixiviados.

5.2.4.1 Control de Vectores.

Se deben controlar los vectores domésticos como perros y ganado a través de uso de los cercos y puertas en la entrada. Se controlan todos los vectores silvestres a través de uso diario de cobertura. Si en algún caso hay un problema con roedores que hacen madrigueras en las terrazas del relleno, se debe controlar con venenos o trampas.

El control de moscas en el relleno no debe ni puede hacerse con insecticidas. Su excesivo empleo no sólo origina la contaminación del ambiente, sino que también desarrolla en las moscas la resistencia a los insecticidas, lo cual a largo plazo no permite su control. Por lo tanto, debe disminuirse su uso al máximo. En cambio, el cubrimiento con la tierra debe ser el método principal. No obstante, como las moscas llegan con las basuras en los vehículos recolectores y en ocasiones resulta notoria su presencia, se recomienda fumigar el área del relleno, con la periodicidad que se requiera en cada caso.

5.2.4.2 Materiales Dispersos.

Pos desechos dispersos se refiere a los desechos volantes llevados por el viento, y los desechos que caen de los camiones cargadores. El control de los desechos dispersos es importante para evitar atracción de vectores, producción de malos olores, y la deterioración de la vista estética del relleno. Se controla los desechos dispersos por su recolección diaria y enterramiento en la celda diaria, en donde uno de los trabajadores, utilizando un saco o costal, recogerá todos estos materiales dispersos al término de la jornada diaria, y los depositará en el sitio donde se construye la celda. También, para acumular los desechos volantes y hacer su recoge más fácil, se pueden colocan en lugares estratégicos cercos de vientos, los cuales son cercos con malla orientados abajo de la dirección del viento dominante; sin embargo, cercos naturales también pueden dar resultados óptimos.

5.2.4.3 Control de Polvo.

Problemas respiratorios crónicos, causado por inhalación al polvo, es una de las enfermedades ocupacionales consideradas muy seria, la cual afecta a muchos trabajadores. De hecho, trastornos respiratorios es uno de las enfermedades ocupacionales más notificadas en América Latina y el Caribe (OPS, 1998).

Por lo tanto, el mejor método para controlar el polvo generado por los camiones y la maquinaria, es la aplicación de agua de pipas cuando sea necesario, o utilizando el agua tratada de los desechos, cuando ésta así lo permita; también se puede controlar polvo con la aplicación de aceites o químicos especiales que se utilizan en proyectos de construcción, como cloruro

de magnesio o calcio. Asimismo, se pueden controlar la producción de polvo por la velocidad máxima que se permite en las vías internas, y en el uso de vías con grava u otro material duro como ripio.

5.2.4.4 Control de Malos Olores.

Los malos olores generados en un relleno pueden provenir de los desechos que entran, los desechos depositados, y el biogás. Si algunas cargas de los desechos que entran al relleno tienen malos olores que causaran problemas, se puede ajustar la operación para compactar y cubrir estos desechos tan pronto como entren al sitio. Si malos olores provienen de los desechos depositados, el problema queda en la integridad de la cobertura; con cobertura adecuada, y con buena compactación, los desechos depositados no tendrán malos olores que salen por la superficie. Si hay malos olores por el biogás producido in situ, se consigue controlarlos por la quema de gas en las chimeneas cuando sea necesario; en este caso las chimeneas necesitarán que la última sección sea no perforada con una malla metálica.

5.2.4.5 Control de la Erosión.

El control de erosión, como un control ambiental y no como una operación de rutina de construcción y mantenimiento de canaletas (que se discutirá más adelante), se hace por la siembra de vegetación, especialmente en los taludes del relleno. La vegetación sembrada debe tener las siguientes características:

1. Plantas locales resistentes a la sequía.
2. Plantas que produce una estructura fuerte de raíces que no penetren por la capa de cobertura (como pasto).
3. Plantas resistentes a los biogases y suelos con bajo pH, y.
4. Plantas que sobreviven en suelos bajos en nutrientes.

5.2.4.6 Control de Incendios.

De vez en cuando, hay incendios en rellenos causados por la auto-combustión de los desechos. Hay dos tipos de incendios: incendios superficiales, causados por los desechos no cubiertos con cobertura, e incendios sub-superficiales, causados por los desechos depositados y cubiertos con capas de cobertura. Se extinguen los incendios superficiales con agua, extintores químicos (que deben estar guardados en la caseta de control), o una cobertura de suelo. Para extinguir los incendios sub-superficiales la fuente de oxígeno tiene que ser eliminada. El oxígeno entra al subsuelo por falta de cobertura adecuada, o por fracturas en la cobertura.

Por lo tanto, por ningún motivo en el área del relleno se deben permitir las quemas de papel, cartón, plásticos, entre otros, para no correr el riesgo de propiciar un incendio, dado que la descomposición de la basura produce como ya se sabe metano, que es un gas combustible; además, deteriora su aspecto asemejándolo a un botadero a cielo abierto.

5.2.4.7 Control del Biogás.

Debido a los asentamientos del relleno, al tránsito vehicular por encima de las celdas y demás, las chimeneas de gases se van deformando e

inclinando, por lo que es necesario mantenerlas verticales a medida que se eleva el nivel del relleno, para evitar su obstrucción y pérdida.

Se controla el biogás o gas de relleno, por su ventilación a través de las chimeneas. El número y colocación de chimeneas tienen que ser suficiente para que el biogás no migre en el sub-suelo fuera del relleno. Se determina si la ventilación es suficiente por el monitoreo del gas metano. Si se determina que la ventilación no es suficiente y el metano está migrando lateralmente, el método de control es la instalación de más chimeneas. El eucalipto, el cedro o el pino pueden ser utilizados para producir los palos y estacas necesarios en la construcción de chimeneas.

Si se detectan demasiadas fugas del gas de relleno, a pesar de los controles mencionados anteriormente, se puede incinerar el gas de relleno con antorchas en aquellos puntos críticos. La incineración con antorcha es un método similar a la incineración controlada en la chimenea, cuyo objetivo es la eliminación del gas metano y de los compuestos oloríficos, controlando emisiones de contaminantes como gases e hidrocarburos halogenados, en antorchas fuera del cuerpo de basura. Sin embargo, el costo de inversión y operación es relativamente alto y se necesita personal calificado para operación y mantenimiento, por lo que se debe considerar esta alternativa, solo si las circunstancias así lo ameritan.

5.2.4.8 Control de Lixiviados.

Debido a la gran cantidad de material fino arrastrado por las aguas que percolan en el interior del relleno, los drenajes se van colmatando poco a poco, lo que hace necesaria su limpieza. Se debe extraer este material de la zanja

que conduce los lixiviados hacia el campo de tratamiento, pues de lo contrario, con el tiempo se obstruirán y el líquido escurrirá por la superficie.

En general, se controlarán los lixiviados producidos (después de tomar todas las medidas para minimizar la producción de ellos), por el sistema de recolección seguido por una laguna de sedimentación y dos lagunas de estabilización. Durante la época lluviosa, si es necesario, la laguna puede funcionar como una laguna de tratamiento de flujo continuo, con una descarga a agua superficial abajo del relleno.

5.2.5 Mantenimiento de Sistemas de Drenaje.

La construcción y mantenimiento de sistemas de drenaje de escurrimiento, es otra tarea muy importante en el buen funcionamiento del relleno. El escurrimiento puede dañar la estructura del relleno y las vías internas, y contaminar las aguas abajo con sólidos, a través de erosión de la superficie. El control de escurrimiento es un proceso continuo porque el sistema de drenaje cambia con el llenado del relleno; canaletas existentes tendrán que ser modificadas con tiempo, con los cambios de la topografía y asentamientos del relleno. Los factores claves en el control de drenaje de escurrimiento son

1. Minimizar el flujo superficial que pasaría sobre la superficie del relleno—el problema principal—a través de pendientes y sistemas de canales para la recolección y desvío de escurrimiento.
2. Eliminar depresiones en la superficie del relleno que recolectan y estancan escurrimiento. Las depresiones deben ser llenadas o la superficie nivelada con pendiente para promover drenaje.

3. Sembrar vegetación, como pasto, en la superficie del relleno. Vegetación bien seleccionada desvía escurrimiento sin erosión y reduce la precolación.
4. Mantener el sistema de drenaje limpio. Sistemas de drenaje con sólidos acumulados puedan desviar el agua o estancarla. La limpieza de rutina, especialmente durante la época lluviosa, de canaletas, y lagunas de sedimentación promueve el buen funcionamiento del sistema.

Finalmente, se debe conservar en buen estado el drenaje pluvial periférico (canales en tierra) y la superficie del relleno. Asimismo, el frente de trabajo debe tener buenos drenajes para no perjudicar el movimiento de los vehículos (cunetas de tierra en accesos).

5.3 CLAUSURA Y USO FINAL DE LA OBRA.

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 se estabiliza, por lo que conviene establecer un programa de costos de cierre del proyecto.

5.3.1 Equipamiento e infraestructura.

Cuando se cierra un Relleno Sanitario, no hay necesidad de la mayoría del equipamiento y de la infraestructura. Algunos equipos se puede sacar y

trasladar al nuevo relleno o a otro lugar donde se les necesite; lo mismo los vehículos.

La planta de tratamiento de las aguas lixiviadas y las chimeneas de evacuación de gas, entre otros, se necesitarán durante algunos años más. Se recomienda guardar en la bodega las herramientas que se necesiten para el mantenimiento de la planta de tratamiento de las aguas lixiviadas.

5.3.2 Controles después del cierre.

Para que el Relleno Sanitario se integre al ambiente natural después de su vida útil, es necesario que las condiciones finales del mismo, deban tener consideraciones paisajísticas y monitoreos constantes, para controlar el relleno después del cierre mientras se estabiliza.

5.3.2.1 Criterios para la clausura.

El cierre del Relleno Sanitario, se puede hacer en forma parcial o total, para las cuales se pueden tomar en cuenta los siguientes criterios:

- El supervisor o encargado del Relleno Sanitario, debe clausurar cada parte del relleno, etapas del método de área, con el objeto de asegurar la salud y ambiente de la población aledaña, en coordinación con el Ministerio de Salud.
- Se debe preparar un "Plan de Clausura" en el que se especifiquen las obras, calendarización, cantidad de desechos sólidos que se recibirá,

tipo de cubierta final, entre otros, los cuales deben ser aprobado por las autoridades Municipales y en Salud.

- Iniciar un programa para control de vectores. En esta actividad es importante la asesoría del Ministerio de Salud a través de la unidad de salud del lugar. Si esta etapa no se realiza es posible que esos bichos, al no disponer de guarida y alimento, emigren a las viviendas vecinas, constituyendo un peligro para la salud de la población.
- Hacer pública la clausura final del Relleno Sanitario por los medios de comunicación, anunciando que ya no se permitirá la disposición de las basuras en el lugar e informar a la comunidad sobre la existencia del nuevo lugar para disposición final de la basura.
- Colocar avisos, informando a la ciudadanía las sanciones que se aplicarán a quienes infrinjan las normas dictadas al respecto.
- Inspeccionar el lugar terminado del Relleno Sanitario y recomendar que el sitio no sea usado por lo menos durante los primeros dos años, y deberá ser examinado durante ese periodo para poder determinar su comportamiento y estabilidad.
- Si el relleno se va a clausurar por etapas; es necesario cubrir cada área que se vaya clausurando con una capa de vegetación, para prevenir la erosión y dar un mejor aspecto estético al lugar.

5.3.2.2 Monitoreo y control.

En pequeños Rellenos Sanitarios donde se descargan solamente desechos domiciliarios, las precauciones del monitoreo no son tan necesarias. Sin embargo, es importante controlar algunos aspectos relacionados con el crecimiento y la forma del cuerpo de basura, los cuales se debe observar cuidadosamente, principalmente durante los dos primeros años. Los controles más importantes son:

- El ángulo del talud del cuerpo de basura.
- La existencia de fugas de gas o de aguas lixiviadas (las fugas de gas se pueden detectar con equipos de medición; si el Municipio en cuestión no dispone de este, se pueden detectar con el olfato y observando el crecimiento de las plantas. El metano impide este crecimiento).
- La altura actual del cuerpo de basura, con el fin de detectar asentamientos del suelo y comparar el verdadero crecimiento del cuerpo de basura.

Con las aguas lixiviadas, en el relleno es necesario controlar la contaminación y el impacto sobre la calidad de las aguas superficiales. Algunos aspectos a controlar concernientes a los parámetros que se deben supervisar y la frecuencia de los análisis, se presentan a continuación:

- El control visual, 1 día por mes para rellenos pequeños. No tiene costo alguno y se puede adquirir un termómetro sencillo para controlar la temperatura; el resto de los análisis, como el estado de la infraestructura, el olor, el aspecto y el nivel del agua en el estanque séptico se puede realizar visualmente por el guardia del relleno, al que se debería dar una

capacitación básica concerniente al tratamiento y monitoreo de las aguas lixiviadas.

- Análisis regular de las aguas superficiales, 1 día por mes. Se debe controlar el caudal, el aspecto, el olor y si se pudiera el pH y la conductividad para determinar si no hay contaminación por lixiviados.

Además de los controles y análisis explicados anteriormente, se debe realizar los siguientes controles después del cierre del relleno:

- Levantamiento topográfico del terreno.
- Asentamientos y derrumbes (Control visual, una vez por año).
- Fugas del gas de relleno fuera del área (en rellenos cercanos de áreas pobladas, eso se debe controlar entre 2 y 4 veces por año durante los 3 primeros años después del cierre del relleno).
- Estado de las plantas sobre el cuerpo del relleno, en los taludes y los alrededores, ya que el estado de las plantas es un buen indicador si hay fugas de gas; esto se debe a que el metano tiene un impacto asfixiante sobre muchas plantas, tanto en la atmósfera como en el suelo, por lo que un sitio con considerable menor densidad de vegetación indica una fuga de gas.

5.3.3 Uso Posterior del terreno.

Las emisiones del Relleno Sanitario siguen produciéndose hasta 25 años después de su cierre, dependiendo de la cantidad de material orgánico relleno, de la compactación y de las condiciones climáticas. Generalmente, se puede decir que se terminan las emisiones más rápidamente en regiones calientes y en rellenos pequeños, por lo que el Municipio de Apaneca, por ser una región considerablemente fría debe tomar en cuenta que dichas emisiones

se mantendrán durante varios años. En este periodo, existe también el peligro de asentamientos, derrumbes y explosiones causadas por el gas metano. Por esta razón, el área de relleno *no se debe utilizar para urbanizaciones o para agricultura* durante este periodo. El mejor uso para el terreno de un relleno cerrado es:

- Área de protección natural (bosque protector, vivero, o área verde sin interferencia humana).
- Uso del terreno para otras actividades de manejo de los desechos sólidos, que no implican la construcción de grandes edificios o máquinas pesadas, como por ejemplo la lombricultura.
- Parque, área de deportes (con prohibición de fumar o de hacer parilladas).

Además, la participación ciudadana es un elemento indispensable para el manejo integral de los desechos sólidos y sobre todo, el respeto concientizado para el uso posterior que se le dará al terreno; dicha participación, requiere de una alta dosis de voluntad y de recursos materiales pero también de un proceso de educación y sensibilización.

La dinámica de la participación ciudadana, también requiere el involucramiento de las organizaciones gubernamentales que actúan a nivel local. Debido a que estas pueden ejecutar el papel más cercano a las comunidades y los gobiernos Municipales si cuentan con una estructura descentralizada, tal es el caso de las unidades de salud y los distritos de educación, lo que posibilita la toma de decisiones más acordes con las características locales y una vinculación mas fluida con la comunidad.

5.3.3.1 Arborización.

La arborización de un Relleno Sanitario es un tema muy importante. Se debe comenzar con este trabajo durante la construcción del relleno y continuar durante todo el periodo operativo. Después del cierre final, se deben sembrar plantas de la región adecuadas sobre todas las celdas cerradas o sobre la colina artificial entera. La arborización del Relleno Sanitario ayuda considerablemente a minimizar daños ambientales; además, contribuye a estabilizar los taludes y disminuye la cantidad de las emisiones.

Tomando en cuenta lo anterior, para el Relleno Sanitario del Municipio de apaneca, de todas las posibles alternativas para el uso posterior del relleno se establecerá como propuesta, crear un “**Área de protección natural**”, ya que el lugar está rodeado de considerable vegetación lo que beneficia al medio ambiente. Además, como la infraestructura ya establecida se debe mantener por el constante monitoreo, ésta se puede transformar posteriormente en viveros que generen ingresos a la Municipalidad, o bien para usos de reforestación en proyectos, entre otros. La figura 5.6, muestra la alternativa propuesta.

Además, el cerco vivo es muy importante, ya que en muchos sitios no existe una barrera natural. Se recomienda plantar un cerco vivo de 5 – 10 m de ancho en los linderos del terreno donde se permita hacerlo, usando arbustos en los bordes y árboles más altos en el centro. Con el cerco vivo, se puede desviar los vientos y se reduce considerablemente la molestia causada por malos olores en los alrededores. La figura 5.7 muestra las ventajas de un cerco vivo (considérese también las recomendaciones establecidas en la sección 5.1.3, en lo referente a la capa final sobre cada terraza).

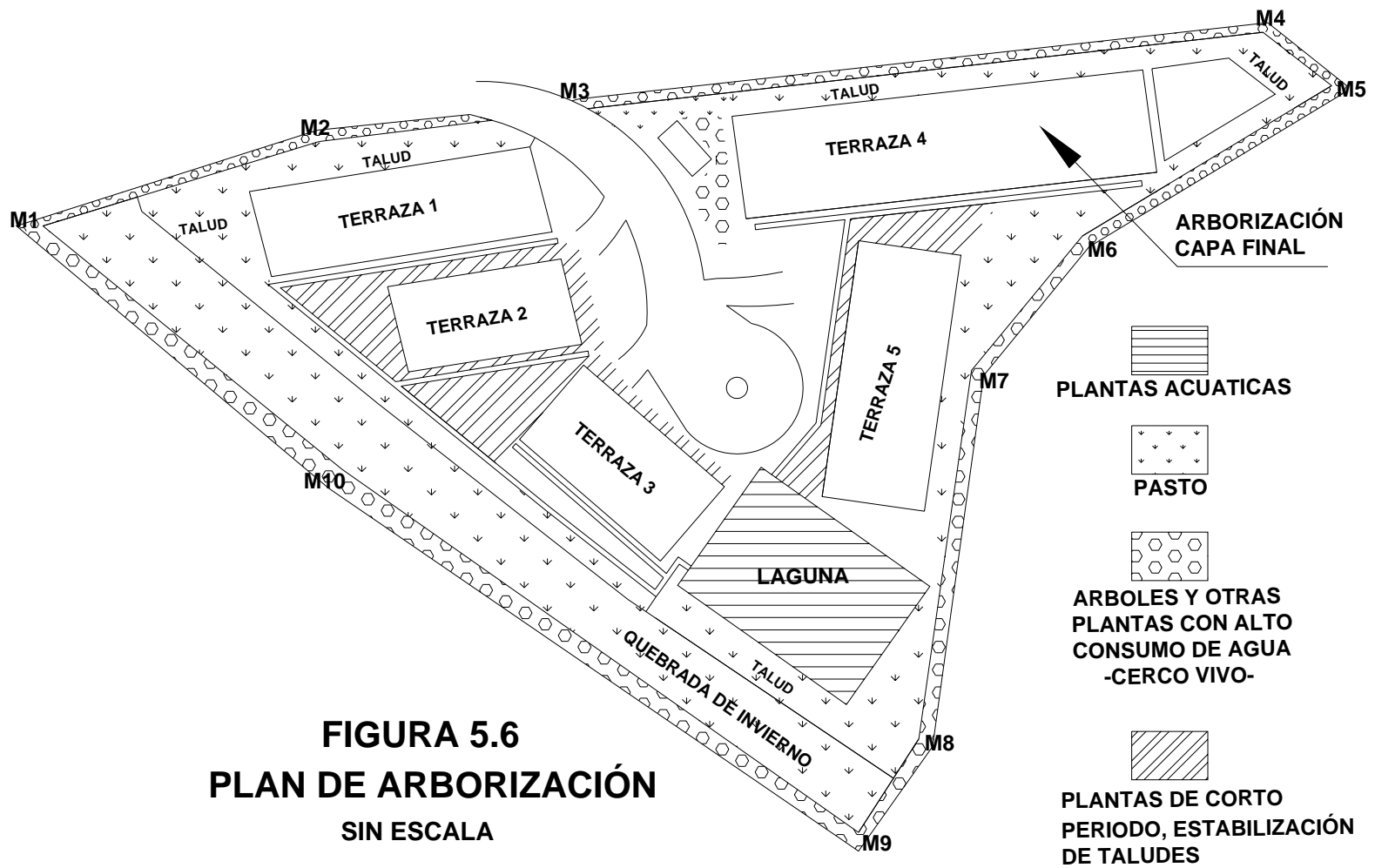


FIGURA 5.6
PLAN DE ARBORIZACIÓN
 SIN ESCALA

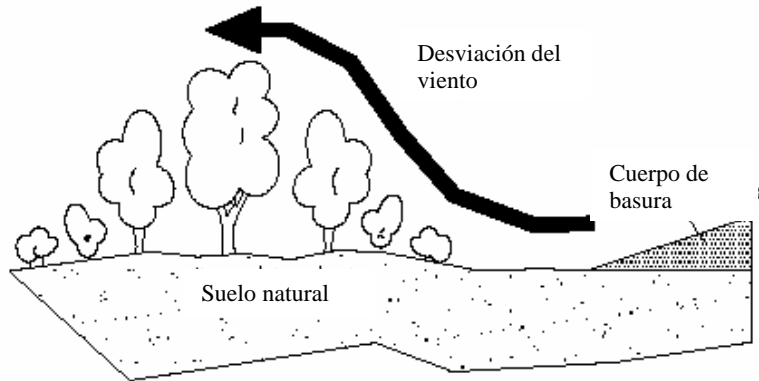


FIGURA 5.7. Desviación del viento por un cerco vivo.

El Cuadro 5.7 da algunas indicaciones del tipo de plantas que se necesitarían sembrar en el Relleno Sanitario.

CUADRO 5.7 Arborización del Relleno Sanitario de Apaneca		
Lugar	Tipo de planta	Objetivos
Alrededor de la caseta, Oficinas administrativas.	Eucalipto, cedro o pino.	Cerco vivo que separa la estructura del personal, protección de malos olores, moscos, polvo y objetos livianos traídos por el viento, mejoramiento del aspecto visual.
Alrededor del cuerpo de basura del relleno.	Eucalipto, cedro o pino.	Drenaje de aguas lixiviadas escurridas por los taludes, estabilización de los taludes, protección de malos olores, moscos, polvo y objetos livianos traídos por, mejoramiento del aspecto visual.
En los taludes del relleno.	Eucalipto.	Drenaje de aguas lixiviadas del talud, depuración biológica de emisiones gaseosas, estabilización de los taludes y mejoramiento del aspecto visual.
Dentro de la laguna de tratamiento de las aguas lixiviadas.	Aliso, totora o carrizo.	Depuración de las aguas lixiviadas, absorción de las aguas lixiviadas, estabilización del fondo de la laguna, protección del suelo.
Alrededor de la laguna de tratamiento.	Eucalipto u otra especie similar.	Drenaje de aguas lixiviadas infiltradas al suelo, estabilización del suelo, protección de malos olores y moscas, mejoramiento del aspecto visual.

FUENTE: Guía para el diseño, construcción, operación y cierre de Rellenos Sanitarios Municipales, Ecuador, 2002.

En muchos casos, crecen plantas naturalmente en los taludes que se han producido de los mismos desechos o que han proliferado en los alrededores. Es recomendable no intervenir con esta arborización natural, pues se trata generalmente de plantas locales, adaptadas y que ya muestran una buena resistencia a las emisiones del Relleno Sanitario.

5.4 ANÁLISIS DE COSTOS.

A continuación se describen los costos respectivos a la Operación, Mantenimiento y Cierre final del Proyecto. Además se concluye este análisis, mediante el resumen final del presupuesto general del Relleno Sanitario para el Municipio de Apaneca.

5.4.1. Costos de Operación, Mantenimiento y Cierre.

No es posible dar informaciones exactas de los costos que tienen la construcción, la operación, el cierre y el mantenimiento posterior del relleno sanitario, por ser diferentes las condiciones locales que determinan estos costos y los estándares de cada Municipio.

Los costos para la operación y mantenimiento del Relleno Sanitario de Apaneca, constituyen las siguientes partidas:

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

Por otro lado, los costos para el cierre del Relleno Sanitario de Apaneca, componen las siguientes partidas:

- Proyecto de arborización, de paisaje y control topográfico después del cierre.
- Generales (Control de asentamientos, derrumbes, mantenimiento y limpieza de las cunetas, análisis de las aguas tratadas, control de fugas de gas y control del drenaje).
- Personal técnico para monitoreo, control y trabajos para el mantenimiento.

Finalmente, los costos de operación, mantenimiento y cierre, se presentan en el cuadro 5.8.

5.4.2 Costos Totales del proyecto.

Los costos totales del proyecto, se refieren al Resumen de costos para la disposición final de los desechos sólidos de Apaneca, la Operación, el Mantenimiento y el Cierre del Relleno. Estos costos se presentan en el cuadro 5.9, los cuales reflejan el costo total del Relleno Sanitario No Mecanizado para el Municipio de Apaneca.

CUADRO 5.8					
COSTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CIERRE					
Proyecto: Relleno Sanitario Manual de Apaneca					
Fecha: enero de 2007					
COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ANUALES					
Partida	Cantidad	Unidad	Precio Unitario \$	Sub total	Total
PERSONAL (Operación y Mantenimiento)					\$33,401.29
Supervisor encargado del relleno	1	S/G	9,600.00	9,600.00	
Auxiliares/Operadores	5	c/u	3,194.15	15,970.75	
Vigilante/portero	2	c/u	3,120.00	6,240.00	
Gastos administrativos	1	S/G	5.0% del personal.	1,590.54	
DEPRECIACION POR INSUMOS (1%***)					\$56.23
Total de insumos	1	S/G	56.23	56.23	
SERVICIOS Y MANTENIMIENTO					\$667.50
Agua (lleno de tanque 1 vez por dos días)	390	m ³	1.25	487.50	
Monitoreo de agua superficial y lixiviados	6 (1 prueba cada 2 meses).	escorrentía y laguna	30.0 (c/u)	180.00	
CIERRE (AL FINAL DE LA VIDA ÚTIL)					\$18,102.76
Arborización (incluye capa de humus)	5,157.00	m ²	2.68	13,820.76	
Control topográfico	1	S/G	250.00	250.00	
Personal para controles de monitoreo y mantenimiento (una vez por semana)	96.0	semana	42.0	4,032.00 (para monitoreo de 2 años)	

Fuente: grupo de tesis. ** Cuadro 4.7b; *** % del total de la partida de insumos de Operación y Mantenimiento del presupuesto de construcción, cuadro 4.7b.

CUADRO 5.9				
RESUMEN DE COSTOS TOTALES PARA EL RELLENO SANITARIO MANUAL DEL MUNICIPIO DE APANECA				
	PARTIDA	CONSTRUCCIÓN \$	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO \$	CIERRE \$
1	Obras Preliminares	1,213.62		
2	Instalaciones Auxiliares	8,698.80		
3	Obras Exteriores	33,657.88		
4	Obras de drenaje y accesos	26,180.18		
5	Trabajos en terrazas	15,469.00		
6	Monitoreo y tratamiento de lixiviados	16,366.40		
7	Insumos para Operación y Mantenimiento	5,557.58		
8	Personal		33,401.29	
9	Depreciación por Insumos		56.23	
10	Servicios y Mantenimiento		667.50	
11	Cierre			18,102.76
	TOTAL(\$)	107,143.46	34,125.02	18,102.76
	Monto del proyecto: \$107,143.46 + 34,125.02 = 141,268.48			
	Costo del cierre al final de la vida útil (11 años): $18,102.76 \times (1 + 0.075)^{11} = \$ 40,108.64$			

FUENTE: Grupo de tesis

A continuación, una vez conocido el monto total del proyecto, se presenta en el capítulo siguiente el análisis ambiental para el Relleno Sanitario No Mecanizado, cuyo capítulo a sido denominado “Evaluación del Impacto Ambiental del Relleno Sanitario” para el Municipio de Apaneca, en el cual se detallan principalmente las medidas de mitigación ambiental necesarias para el buen funcionamiento de la obra.

CAPITULO VI
EVALUACION DEL IMPACTO
AMBIENTAL DEL RELLENO
SANITARIO

6.1 CRITERIOS DE EVALUACIÓN AMBIENTAL.

Para el estudio de evaluación de los impactos ambientales potenciales del Proyecto “**Relleno Sanitario Manual del Municipio de Apaneca**”, se analizó la identificación y cuantificación de los impactos ambientales negativos y positivos, para determinar las medidas de mitigación respectivas.

La importancia de considerar los impactos ambientales asociados a los residuos sólidos, depende de las condiciones particulares de la localización, geomorfología, y demás características de los medios físico-químicos, biológico-ecológico, socio-cultural y económico-operacional, así como las características de los materiales desechados. De una manera general el manejo de los residuos sólidos pueden producir impactos sobre las aguas, el aire, el suelo, la flora, la fauna, zonas residenciales y ecosistemas en general.

A continuación se describen brevemente los factores ambientales considerados en el estudio para el Relleno Sanitario del Municipio de Apaneca:

- Área Físico-química: Engloba todos los aspectos físicos y químicos del ambiente, incluyendo los recursos naturales finitos (no biológicos) (por ejemplo, erosión, calidad del agua, aire y suelo, entre otros.)
- Área biológico-ecológica: Incluye todos los aspectos biológicos del ambiente, incluyendo recursos naturales renovables, conservación de la biodiversidad, interacción de especies y contaminación de la biosfera (por ejemplo, flora, fauna, vectores de enfermedades, entre otros).

- Área socio-cultural: Engloba todos los aspectos humanos del ambiente, incluyendo tópicos sociales que afectan a los individuos y las comunidades, junto con los aspectos culturales, incluyendo el desarrollo humano (por ejemplo, empleo, turismo, paisajes, entre otros).
- Área económico-operacional: Incluye los aspectos para identificar cualitativamente las consecuencias económicas del cambio ambiental, temporal y permanente, así como las complejidades del manejo del proyecto dentro del contexto de las actividades del proyecto. (por ejemplo, pérdida de cosechas, economía regional, entre otros).

La sección 6.3 sintetiza los principales impactos ambientales específicos y sus respectivas medidas de mitigación.

Además, también se presenta la orientación sobre medidas de mitigación de los impactos ambientales negativos y el monitoreo, con lo cual se espera establecer un modelo de términos de referencia, para la síntesis de los principales impactos y medidas de mitigación de la modalidad de tratamiento y disposición de residuos, y otras informaciones que pueden ser de utilidad.

6.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) de proyectos de residuos sólidos es una herramienta de decisión que ayuda a identificar, planificar y ejecutar acciones orientadas a prevenir los impactos ambientales y sociales negativos de proyectos de manejo de desechos, para lograr una adecuada gestión integral de residuos que reduzca las cantidades de desechos

generadas, maximice la recuperación de los mismos, además de tratar y disponer el restante en forma ambientalmente segura.

La EIA del proyecto del Relleno Sanitario, contribuirá a garantizar la sostenibilidad ambiental de los patrones de desarrollo a través de la búsqueda por el aumento en la eficiencia y mejoramiento de la cobertura y calidad de los servicios, así como la disposición sanitaria de los desechos.

En líneas generales la EIA, deberá estar centrada en la identificación de los factores ambientales críticos, en las oportunidades de mejoría ambiental, y en la prevención y/o mitigación de los impactos socio ambientales negativos. Es así como este estudio va orientado en el proceso de análisis de los impactos generados por la obra, que se presentan con mayor frecuencia en las áreas básicas, tales como:

- Sistemas de recolección, transporte y tratamiento de residuos sólidos;
- construcción y mantenimiento del relleno sanitario;
- implantación de sistemas de limpieza pública; y
- programas de recuperación y reciclaje;

Para el análisis del estudio, se empleará el *método del cribado ambiental*, cuyo carácter es de tipo cualitativo desarrollado a través de matrices, que correlacionan las actividades del proyecto con los cambios que estos ocasionan en las condiciones ambientales.

La simbología empleada para las matrices del estudio, es distinta y específica para cada una de ellas, las cuales se describen a continuación:

1. En la primera matriz, se relaciona la incidencia de las actividades del proyecto con los cambios generados en los factores ambientales en estudio, la cual se representa de la siguiente manera:

X = Impacto Potencial.

Y = Impacto Circunstancial.

I = Impacto incierto.

2. En la segunda matriz, que relaciona los cambios en las condiciones ambientales producto de la primera matriz, se representa de la siguiente manera:

A = Impacto Adverso Significativo (clasificado como X).

a = Impacto Adverso No Significativo (clasificado como X).

B = Impacto Benéfico Significativo (clasificado como Y).

b = Impacto Benéfico No Significativo (clasificado como Y).

I = Impacto incierto.

3. La tercera matriz, muestra las medidas de mitigación evaluadas para cada caso, y la simbología se representa de la siguiente manera:

M = medida de mitigación para impacto clasificado con "A".

m = medida de mitigación para impacto clasificado con "a".

A continuación se presentan las matrices de Identificación y evaluación consideradas para el Relleno Sanitario del Municipio de Apaneca, en las cuales se muestran los efectos que la obra puede causar al medio ambiente.

SEGUNDA MATRIZ AMBIENTAL		MATRIZ DEL CRIBADO AMBIENTAL	ÁREAS QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES																														
ÁREA ECONÓMICO OPERACIONAL	ÁREA SOCIO-CULTURAL	FACTORES AMBIENTALES SUCEPTIBLES DE ALTERARSE											A = EXISTE IMPACTO ADVERSO SIGNIFICATIVO a = EXISTE IMPACTO ADVERSO DE REGULAR SIGNIFICANCIA B = EXISTE IMPACTO BENEFICO SIGNIFICATIVO b = EXISTE IMPACTO BENEFICO DE REGULAR SIGNIFICANCIA I = IMPACTO INCIERTO																				
		ÁREA FÍSICO-QUÍMICA			ÁREA BIOLÓGICO ECOLÓGICO			ESTÉTICOS			USOS DEL TERRITORIO Y RECREATIVO			NIVEL DE CULTURA	ATMÓSFERA	SUELO		AGUA															
		Temperatura	Variaciones de flujo	Erosión	Hundimientos	Uso potencial del suelo	calidad del aire	Clima	Visibilidad	Ruido	Habitat terrestre	Invación de vectores				Flora natural	Flora comercial	Paisajes	Olor	Apariencia del aire y agua	Empleo	Educación	Estilo y calidad de vida	Salud y seguridad	Agricultura	Turismo	Zona residencial	Zonas húmedas y pastos	Infraestructura y servicios	Economía regional	Emplejo de mano de obra		
			Mejora de vías de acceso externas																														
			Desmonte y descapote del sitio																														
			Construcción de obras de protección								B																						
			Construcción de vías de acceso internas																							B							
			Construcción y preparación de terrazas								A																						
			Construcción de drenajes para lixiviados																														
			Construcción de chimeneas, evacuación de gases																														
			Disposición y tratamiento de la basura																														
			Descarga y tratamiento de lixiviados																														
			Evacuación de gases																														
			Construcción de caseta, instalaciones sanitarias																														
			Estabilidad del relleno																														
			Planificación de nuevo relleno																														
			Recolección y transporte																														

Luego, con los resultados obtenidos de la tercera matriz, se procede a elaborar el Plan de Manejo Ambiental, el cual se demuestra a continuación.

6.3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA).

En este análisis, se organizan las diversas recomendaciones aceptadas como medidas de mitigación en un Plan de Manejo Ambiental, el cual deberá orientar el diseño de las alternativas de solución y formar parte integral del proyecto y por lo tanto, convendrá que incluya los términos de referencia, para garantizar la planificación tanto de la administración global como de la administración de los diferentes componentes.

6.3.1 Medidas de Mitigación Ambiental.

Las medidas de mitigación son acciones factibles y eficaces detectadas para reducir o limitar los impactos y sus consecuencias, reparar el daño causado e indemnizar a personas afectadas por los mismos. Las medidas de mitigación deben perseguir y considerar que al satisfacer las normas, leyes y reglamentos ambientales, se podrá reducir o limitar el daño ambiental o social.

La mitigación de los impactos directos, se logra al introducir medidas de diseño, construcción y mantenimiento que son aceptadas, generalmente, como las mejores prácticas de ingeniería o de construcción en un PMA. Los impactos que son resultado de inconsistencias técnicas, de descuidos o de falta de cumplimiento de normas y especificaciones nacionales deberán ser considerados. Un aspecto importante, es que las correcciones correspondientes en el diseño, así como los costos relacionados, no deben ser considerados

como medidas de mitigación, sino más bien deberán integrarse al diseño de la EIA y sus costos incorporados al mismo.

A continuación, se presenta una lista de los diferentes impactos generados por las áreas en estudio y sus respectivas mitigaciones, obtenidos en la tercera matriz, donde se abordan únicamente aquellas mitigaciones clasificadas como “M” por considerarse prioridad.

1. Mejora de vías de acceso externas: Los impactos más notorios se presentan en las Variaciones de flujo y visibilidad, ya que por los movimientos de tierra puede alterarse la escorrentía superficial y durante el invierno, los trabajos pueden interrumpirse debido a las lluvias intensas o a la neblina; como mitigación, la construcción del drenaje pluvial resolverá en problema del flujo, y para evitar demoras en el avance por las condiciones del clima, deberá consultarse periódicamente el pronóstico del tiempo.
2. Desmonte y descapote del sitio: Se detectan impactos en el uso potencial del suelo, las variaciones de flujo y la salud y seguridad. En el primer caso, debido a la necesidad de realizar esta y otras actividades de manejo de tierra, se modificará la estabilidad del terreno, en cuyo caso dichas actividades no podrán evitarse; las variaciones de flujo ya fueron tratadas en el numeral anterior, y en el caso de la salud y seguridad por tratarse de un proyecto de manejo integral de residuos sólidos, con la implementación del equipo básico para las actividades respectivas, se protegerá la integridad física de los trabajadores.
3. Construcción de obras de protección: Se detecta como prioridad el uso potencial del suelo, cuyo análisis ya fue discutido; sin embargo, si se

siguen los controles respectivos a dicha actividad, se podrán evitar accidentes. Ahora, con menor relevancia también se identifica la agricultura en relación a los actuales cultivos existentes en el lugar, para lo cual aunque si se detecta un impacto, dicha actividad obligadamente deberá cancelarse por completo.

4. Construcción de vías de acceso internas: La actividad generadora de impactos es nuevamente el uso potencial del suelo, y con menor relevancia, la agricultura y las variaciones de flujo, para las cuales ya se discutieron las medidas a tomar.
5. Construcción y preparación de terrazas: los impactos identificados relacionan el uso potencial del suelo, los hundimientos, las variaciones de flujo, el clima y la visibilidad, vectores y la salud y seguridad, en donde algunos de ellos ya fueron mencionados; en el caso de los hundimientos, sobre todo en la época de invierno, será necesario construir planchas de madera para estabilizar el vehículo recolector durante las realizaciones de las actividades, y con respecto a los vectores, con una adecuada y periódica fumigación controlada, se podrá mantener al margen el control ambiental de plagas y roedores. Además, se detecta impacto positivo en el empleo y la mano de obra, como lo muestra la segunda matriz, ya que aunque el impacto es beneficioso, no se podrá laborar en las actividades relacionada con el manejo integral de desechos y lixiviados, sin la adecuada capacitación al personal por parte de la Municipalidad (esta recomendación también es relevante para los numerales 6, 7, 8, 9 y 10).
6. Construcción de drenajes para lixiviados: La mayoría de impactos detectados ya se han analizado, quizá la calidad del agua, la erosión, el

olor, la educación y la salud y seguridad, representen los aspectos a considerar con mayor importancia. El primer caso se resuelve con monitoreo según lo establecido en la operación, de modo que el líquido pueda ser reutilizado para evitar el polvo generado por algunas actividades; en el caso de la erosión, debido a que un relleno mal construido en una zona con pendiente y con un clima subhúmedo caracterizado por lluvias intensas durante la estación lluviosa, puede generar considerable erosión durante la construcción, y posterior a la misma, dado los suelos arcillosos y los subsuelos expuestos arenosos, hasta que las laderas se estabilicen mediante la vegetación, es por eso que con estabilizar los taludes y mantener los sistemas de drenaje en buenas condiciones, se minimiza este daño. Para el olor, se deberá proporcionar mascarillas a los trabajadores y con un adecuado programa de educación tanto a los trabajadores como pobladores del Municipio, se mantendrá el relleno funcional y bajo los controles indispensables que estas actividades requieren.

7. Construcción de chimeneas: En esta actividad se detectan impactos en la calidad del agua y el aire, uso potencial del suelo, el olor, el clima, la flora natural y comercial, apariencia del aire y del agua, la educación, la salud y seguridad, entre otros. En los primeros casos, con monitoreo y consideración en los cambios climáticos, se evitaban problemas; quizá los impactos generados por los gases de relleno en la flora y apariencia del aire y agua, sean considerados más relevantes, ya que un relleno con impactos de esta clase solo demuestra una mala administración. Para evitarlos, el monitoreo sobre zonas con indicios de vegetación quemada para la construcción de más chimeneas, resolverá la situación, para lo cual lo anteriormente expuesto sobre la educación y la

seguridad, deben tomarse con interés, puesto que se debe tener conocimiento al respecto para llevar a cabo dichas actividades.

8. Disposición y tratamiento de la basura: Se detectan impactos con mayor relevancia, en los hundimientos, la calidad del agua, variaciones de flujo, entre otros que ya fueron discutidos en el numeral anterior, así como en el numeral 5 en el caso de los hundimientos y en el numeral 1 en relación con el clima y las variaciones de flujo. Además, se detecta impacto en el paisaje, ya que las variaciones de vientos pueden arrastrar la basura fuera de las celdas diarias, para ello, la construcción de cercos vivos minimizará dicho impacto.
9. Descarga y tratamiento de lixiviados: Se identifican impactos en la mayoría de puntos tratados según lo indica la matriz, donde la temperatura es la que no se ha discutido; para mantener una adecuada temperatura de los lixiviados, el monitoreo mediante mediciones, según se establece en la operación en relación al tema, ayudara a mantener el control de dicha actividad.
10. Evacuación de gases: En esta actividad la contaminación por gases de relleno, será el control a mantener bajo los términos descritos en el numeral 7. Estas medidas deben considerarse, ya que perjudican la apariencia del paisaje al presentarse una posible fuga del gas, en cuyo caso deben acatarse los controles respectivos; estos controles también deben considerarse en los numerales 7 y 8.
11. Construcción de oficina administrativa e instalaciones sanitarias: En este caso, no se detectan mayores impactos; quizá el ruido debido a la mayoría de actividades relacionadas generen incomodidades en algunos

pobladores del lugar, o turistas que visiten la laguna verde. Sin embargo, aunque no se consideran como impactos altamente molestos, se deberán tomarse algunas precauciones en la generación de ruido.

12. Estabilidad del relleno: Los impactos involucrados en esta actividad, pueden ser altamente perjudiciales para las zonas residenciales cercanas al lugar, además de los impactos al ambiente, si no se toman con prudencia los respectivos controles de monitoreo, una vez que el relleno finalice su vida útil y comience su estabilización.
13. Planificación de nuevo relleno: En esta actividad, no se detectan impactos negativo, solo positivos con algunos impactos inciertos en la calida de vida del Municipio y el medio ambiente. No obstante, como recomendación se puede mencionar, que se considere adquirir un terreno para implementar el nuevo relleno sanitario, cuando el relleno diseñado en este documento este por finalizar su vida útil aproximadamente 5 años antes. De este modo, se dará tiempo para realizar los movimientos necesarios y crear una nueva propuesta, para continuar con los controles de saneamiento ambiental en el Municipio de Apaneca.
14. Recolección y transporte: En estas actividades se detectan impactos en el olor, la educación, estilo y calidad de vida, la salud y la seguridad. Para mantener un buen control de estas actividades, es necesario preservar la salud de los trabajadores y ciudadanos, limpiando continuamente la unidad recolectora, proporcionando el equipo adecuado para la recolección a los trabajadores, y establecer programas de limpieza para que los ciudadanos adquieran la costumbre de no ensuciar la ciudad, haciendo más fácil las tareas del barrido de calles.

Con este breve análisis de los impactos debidos a las actividades consideradas, y a las mitigaciones propuestas, se espera que la Municipalidad tome en cuenta dichos análisis del PMA, para el Relleno Sanitario de Apaneca.

Finalmente, para mejorar la propuesta de las medidas de mitigación discutidas, a continuación en el cuadro 6.1 se presenta un breve resumen de las mitigaciones en función de los impactos y procedencia. Y también en el cuadro 6.2 se presenta el cronograma de monitoreo de los impactos a mitigar durante y después de la vida útil del relleno sanitario.

CUADRO 6.1 Resumen de Medidas de Mitigación		
Impacto Generado	Procedencia	Mitigación
Salud y seguridad	Recolección	Utilizar el equipo proporcionado por la Municipalidad; ver sección 5.1.6
Olor	Recolección y Transporte	Limpiar diariamente la unidad recolectora. Ver sección 5.2.4.4
Generación de polvo	Disposición final	Utilizar el agua tratada para regar los accesos y las celdas diarias sin generar lodo; ver sección 5.2.4.3
El clima	Disposición final	Consultar cuando sea necesario el pronóstico del tiempo, para evitar atrasos en las actividades
Generación de lodos	Disposición final	En los accesos se deberá agregar además del balasto, ripio en aquellos puntos que lo ameriten. Si no es suficiente, colocar planchas de madera de 3 por 3 metros para estabilizar el vehículo. Ver sección 5.1.4
Hundimientos	Disposición final	Considerar la recomendación anterior en relación a las planchas de madera
Filtración de lixiviados	Disposición final	Impermeabilizar la base de las terrazas con geomembranas; construir apropiadamente las canaletas para lixiviados
Taludes	Disposición final	Proporcionar la pendiente 3:1 (H;V) para estabilizar los taludes
Seguridad en el trabajo	Disposición final	Seguir las recomendaciones proporcionadas en la sección 5.1.6
Evacuación de gases	Disposición final	Construir las chimeneas necesarias en cada terraza, a medida avanza el relleno
Fuga de gas de relleno	Disposición final	Evaluar la zona afectada para construir más chimeneas en las esquinas de las terrazas o donde sea necesario; realizar un continuo monitoreo. Ver sección 5.2.4.6 y 5.2.4.7
Paisaje	Disposición final	Si se trata del caso anterior, seguir recomendación; si es debido al arrastre de la basura por los vientos, construir cercos vivos y seguir lineamientos de sección 5.3.3.1
Drenaje de flujos	Disposición final y construcción	Mantener limpias las canaletas de drenaje, y seguir las recomendaciones de sección 5.2.5
Movimientos de tierra	Disposición final	Ver sección 5.1.5, además programar los movimientos de tierra en época seca, para que el material este disponible en invierno
Lagunas	Tratamiento	Impermeabilizar el fondo de las lagunas con piedra grava o bien si se desea, colocar una geomembrana (opcional); ver sección 4.1.7.4 en relación al tratamiento
Infraestructura	Cierre	Ver sección 5.3.1
Agricultura y vegetación	Cierre	Todo tipo de agricultura no permanente estará prohibida, ver sección 5.3.3; la vegetación a colocar será según lo descrito en la sección 5.3.3.1
Estabilidad del relleno	Final de vida útil	Monitoreo

FUENTE: Grupo de tesis

**CUADRO 6.2. CRONOGRAMA DE MONITOREO DE LOS IMPACTOS GENERADOS A MITIGAR.
 PROYECTO: Relleno Sanitario Manual para el botadero a cielo abierto del Municipio de Apaneca.**

IMPACTOS GENERADOS A MITIGAR	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	DESPUES DE LA VIDA UTIL
Salud y seguridad												
Olor												
Generación de polvo												
El clima												
Generación de lodos												
Hundimientos												
Filtración de lixiviados												
Taludes												
Seguridad en el trabajo												
Evacuación de gases												
Fuiga de gas de relleno												
Paisaje												
Drenaje de flujos												
Movimientos de tierras												
Lagunas												
Infraestructura												
Agricultura y vegetación												
Estabilidad del relleno												

FUENTE: GRUPO DE TESIS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El sistema de recolección del Municipio de Apaneca, es muy eficiente, ya que existe una planificación técnica para la prestación del servicio, con una adecuada ruta de recolección y barrido de calles. La cobertura de recolección es de 99.90%, prácticamente es del 100% por lo cual no es necesario realizar algún tipo de modificación en dicho sistema de recolección.
2. El botadero a cielo abierto actual utilizado por la ciudad de Apaneca, no es un método sanitario para la disposición final de la basura, según el Reglamento Especial sobre el Manejo Integral de los desechos sólidos; por lo que la transición del botadero a cielo abierto a Relleno Sanitario, le dará cumplimiento a los requisitos establecidos en el artículo 107 de la Ley del Medio Ambiente promulgada por medio del Decreto Legislativo No 233, de fecha 2 de marzo de 1998.
3. En base a los estudios de suelos y permeabilidad realizados en el lugar del proyecto, las características de permeabilidad del suelo del botadero están dentro del rango aceptable, con valores de "K" de 5.3×10^{-4} y 6.7×10^{-4} cms/seg, clasificándolo como un suelo poco permeable; además el suelo limo-plástico-compresible (MH), con una consistencia que varía de suelto a muy suelto, se considera "aceptable" en cuanto a su trabajabilidad para utilizarlo como material de cobertura. Por tanto el suelo que se encuentra actualmente en el lugar cumple con las características necesarias para la implementación del Relleno Sanitario.

4. La vida útil del Relleno Sanitario podría incrementarse un poco, si se impulsan programas de reciclaje y de reducción de desechos en la población involucrada, ya que la vida útil depende de la capacidad volumétrica del Relleno Sanitario y de la cantidad de desechos generados diariamente por la población.

5. La implementación del Relleno Sanitario Manual en la ciudad de Apaneca, tendrá impactos positivos en salud pública, como por ejemplo, la reducción de enfermedades gastrointestinales y respiratorias, el mejoramiento proporcionado a la comunidad en el manejo adecuado de la basura, y teniendo en cuenta que la ciudad de Apaneca es un destino turístico, este proyecto causará un efecto positivo en factores ambientales como paisajes y turismo regional.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Municipalidad de Apaneca elaborar un sistema de captación de fondos adecuado, para la operación y mantenimiento del Relleno Sanitario.
2. El Relleno Sanitario que se ha diseñado, es para el uso exclusivo de los Municipios de Apaneca y Salcoatitan, por lo cual se recomienda no vender servicios a otras Municipalidades cercanas, ya que esto vendría a minimizar la vida útil del Relleno Sanitario.
3. En relación a la actividad de movimientos de tierra o material de cobertura, en la Operación del Relleno Sanitario, y considerando la vida útil del proyecto se recomienda invertir en la compra de un mini cargador, con el cual se corte y se acarree material de cobertura a las celdas diarias con mayor facilidad y rapidez.
4. La Municipalidad de Apaneca debe publicar e Informar a la ciudadanía en general, y en particular a las unidades de salud de los Municipios involucrados, que en el Relleno Sanitario Manual no se podrán recibir desechos peligrosos, ya que éste ha sido diseñado para la disposición final de desechos domiciliarios únicamente.
5. Se recomienda a la Municipalidad la creación de la Unidad Ambiental, la cual se encargue de la organización y del buen funcionamiento del Relleno Sanitario.

BIBLIOGRAFIA

- ⊕ Ley del Medio Ambiente de la Republica de El Salvador, 1998.
- ⊕ Reglamento Especial sobre el Manejo Integral de los desechos sólidos, 2000.
- ⊕ Serie educativa para acciones comunitarias en agua y saneamiento ambiental, cartilla N°7, MARN, 1999.
- ⊕ Planificación, transporte y disposición final de los desechos sólidos en la ciudad de Apaneca, departamento de Ahuachapán, elaborada por el Ingeniero Uwaldo Barahona Marroquín, febrero de 2002.
- ⊕ *Guía Para la Gestión del Manejo de Residuos Sólidos Municipales, Enfoque: Centroamérica* Doreen Brown Salazar, Guillermo Umaña Joram, Gil Laroj Carlos Salazar Ortiz Mario Stanley Cáceres Menajem Bessalel, AIDISCARE El Salvador PROARCA/SIGMA.
- ⊕ Organización Panamericana de la Salud: OPS/OMS VERSION FINAL 7 DE AGOSTO 2003, EVALUACIÓN REGIONAL DE LOS SERVICIOS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, *EVAL2002*.

- ✦ Base de datos del censo de 1992. DIGESTYC.

- ✦ Relleno Sanitario Manual, un estudio de Factibilidad para el Municipio de San Francisco Gotera, Departamento de Morazán. Tesis-UES, Ciudad Universitaria, febrero de 2000.

- ✦ Guía Metodológica para la Caracterización y la Composición de los desechos sólidos, ISDEM, junio de 2001.

- ✦ Manual de Fosas Sépticas, Centro Regional de ayuda Técnica, Agencia para el desarrollo internacional A.I.D., México/Buenos Aires, Agosto 1975.

- ✦ Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales, Municipalidad de Loja, Ecuador, 2002.

- ✦ Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales, Jaramillo Jorge A. Organización Panamericana de la Salud, Washington, septiembre 1994.

ANEXOS



TEMA: “DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL PARA EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL MUNICIPIO DE APANECA, DEPARTAMENTO DE AHUACHAPAN.

INTEGRANTES:
ARGUETA MENENDEZ VINICIO ENRIQUE
PEÑA MARTINEZ NORMAN ALBERTO
TOLEDO MOLINA JOSE EVELIO

ANEXO 1:
UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL MUNICIPIO DE APANECA.



TEMA: “DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL PARA EL BOTADERO A CIELO ABIERTO DEL MUNICIPIO DE APANECA, DEPARTAMENTO DE AHUACHAPAN.

INTEGRANTES:
ARGUETA MENENDEZ VINICIO ENRIQUE
PEÑA MARTINEZ NORMAN ALBERTO
TOLEDO MOLINA JOSE EVELIO

ANEXO 2:
UBICACIÓN DEL BOTADERO A CIELO ABIERTO O LUGAR DEL PROYECTO.

ANEXO 3. FOTOGRAFIAS DEL LUGAR



Anexo 3a: Vista panorámica del botadero a cielo abierto de Apaneca



Anexo 3b: Pепенadores seleccionando material reciclable



Anexo 3c: Taludes existentes en el botadero.



Anexo 3d. Camión Recolector al final de la jornada



Anexo 3e: Material de relleno y al fondo zona sin utilizar del botadero



Anexo 3f: Material reciclable seleccionado por los Pepenadores

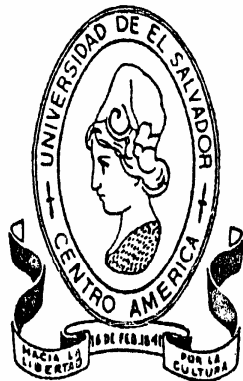
ANEXO 4
ESCRITURAS DE PROPIEDAD DEL
TERRENO DEL BOTADERO DE
APANECA

Bufete Profesional **CHAVEZ**

**JUAN MANUEL
CHAVEZ**

ABOGADO Y NOTARIO

Atiende Asuntos Jurídicos en todo El Salvador
Compra Venta de Propiedades, Poderes, Auténticas,
Autorizaciones para Viajes de Menores, Identidades,
Herencias, Divorcios, Rectificaciones de partidas de
Nacimiento, Hipotecas, Escrituración de Créditos
Bancarios, Casos Penales, Civiles, de Familia,
Mercantiles, Laborales, Tránsito y todo tipo de
Asesoría Legal.



OFICINAS EN:

1a. Calle Poriente No. 1.5 contiguo a los
Juzgados Tel. 443-1236 Ahuachapán.

No. _____



Libro _____

Año 2002

Documento

Autenticado

DE

PROMESA DE VENTA.

OTORGANTE

ENRIQUE ALBERTO MELGAR ORELLANA, CARLOS
ARNOLDO MELGAR ORELLANA, GUSTAVO ERNESTO
MELGAR ORELLANA, JOSE LUIS ORELLANA Y
ANA MARIA MELGAR DE RODRIGUEZ.

A FAVOR DE

FLORENTINO GARCIA AREVALO, quien actua en

nombre y representación y en su calidad

de Síndico Municipal de la Alcaldía Muni-



NOSOTROS: ENRIQUE ALBERTO MELGAR ORELLANA, CARLOS ARNOLDO MELGAR ORELLANA, CUSTAVO ERNESTO MELGAR ORELLANA, JOSE LUIS MELGAR ORELLANA, ANA MARIA MELGAR DE RODRIGUEZ, mayores de edad, el primero, segundo y quinta estudiantes, el tercero, Licenciado en Mercadeo y el cuarto ingeniero agrónomo, el primero, tercero, cuarto del domicilio de Apaneca, el segundo y quinta del domicilio de San Salvador y FLORENTINO GARCIA AREVALO, mayor de edad, empleado agrícola, del domicilio de Apaneca, portadores de nuestras cédulas de identidad personal números once- cero ocho- cero cero cero seis mil trescientos treinta y cuatro, cero uno- cero uno- doscientos noventa y ocho mil setecientos ochenta y dos, once- cero ocho- cero cero cero seis mil trescientos treinta y tres, once- cero ocho- cero cero cero ocho mil ciento treinta y uno, cero uno- cero uno- trescientos dieciseis mil quinientos sesenta y dos y once- ocho- cero cero cero ochocientos noventa y uno, con números de identificación tributaria cero cero catorce- ciento cincuenta y un mil ciento setenta y tres- cero cero tres- tres, cero cero catorce- ciento treinta mil cuatrocientos sesenta y cuatro- cero cero uno- cuatro, cero cero seiscientos catorce- cero cuarenta mil ciento setenta y uno- cero cero tres- cero, cero seiscientos catorce- ciento ochenta y mil seiscientos sesenta y dos- cero cero uno- nueve, cero seiscientos catorce- doscientos noventa y un mil doscientos sesenta y siete- cero cero dos- dos, y cero ciento dos- ciento cuarenta y un mil ciento cuarenta y uno- cero cero uno- seis, el último actuando en nombre y representación de la Alcaldía Municipal de Apaneca, cuya personería al final diré, que por medio del presente documento, OTORGAMOS: 1) Que celebramos el presente contrato de PROMESA DE VENTA, de un derecho proindiviso que nos corresponde sobre un inmueble de naturaleza rústica, situado en el lugar llamado Nejapa, jurisdicción de Apaneca, departamento de Ahuachapán, que mide CIENTO VEINTITRES

AREAS, de terreno entre plano y quebrado, cultivado todo de café en buen estado, y que linda: AL ORIENTE Y SUR: con terrenos de la sucesión de NORBERTO PEREZ, AL NORTE: con terreno de la sucesión de don JOSE MARIA RODRIGUEZ, que antes fueron de JULIO MATA, AL PONIENTE: con terrenos de los herederos de MARTIN ASCENCIO, anteriormente y hoy del señor GABINO VELASQUEZ.- Inscrito bajo el matrícula número UNO CINCO CERO TRES SEIS CINCO UNO CERO- CERO CERO CERO CERO CERO, del Centro Nacional de Registros de la Segunda Sección de Occidente en este departamento.- II) La promesa de venta se somete a las siguientes condiciones: a) el valor de dicho inmueble es por la cantidad de CIENTO TREINTA Y SIETE MIL QUINIENTOS COLONES, de los cuales recibo en este acto la cantidad de SESENTA Y DOS MIL QUINIENTOS COLONES y el resto que es la cantidad de SETENTA Y CINCO MIL COLONES, los cancelará al vencimiento del plazo o sea el día de de dos mil , b) en caso de no realizarse la escrituración al momento que se cancele el resto de que son SETENTA Y CINCO MIL COLONES, se dará por terminado entre ambas partes el presente contrato, lo mismo de no realizarse la escrituración al momento que sea cancelado en su totalidad el dinero restante, se dará por terminado entre ambas partes el presente contrato, y los primeros cinco de nosotros nos obligamos a devolver el dinero recibido más los intereses legales del cinco por ciento mensual hubiere devengado dicho dinero a partir de esta fecha.- III) Los primeros cinco de nosotros DECIMOS: Que aceptamos la promesa de venta en los términos antes expuestos, comprometiéndonos a firmarle la correspondiente escritura de compra venta al momento que sea cancelada en su totalidad, es entendido que no podran vender o ceder los derechos sobre dicho inmueble sin permiso previo y escrito del último de nosotros.- El último de nosotros, en el carácter en que actúo digo que acepto la promesa de venta



antes relacionada, dándome por recibido de la tenencia material del inmueble descrito como cuerpo cierto que se me entrega; serán por mi cargo los gastos de este instrumento y cuantos otros hiciere los primeros cinco de nosotros.- Que para los efectos judiciales y extrajudiciales que se deriven de este contrato nos sometemos a los tribunales competentes de la ciudad de Ahuachapán, con la formalidades que señala el artículo seiscientos cincuenta y siete del código de procedimientos civiles, y renunciamos al derecho de apelar del decreto, de embargo sentencia de remate u otra resolución alzable que pronunciare en el juicio respectivo o cualquiera de sus incidentes.- Es entendido que los servicios faltantes a esta fecha en el terreno no serán por cuenta de los primeros cinco de nosotros.- En fe de lo anterior firmamos, en la ciudad de San Salvador, a los catorce días del mes de agosto de dos mil dos.-

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

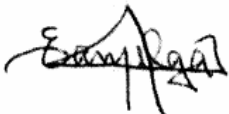
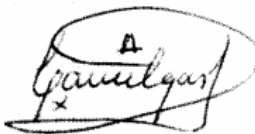


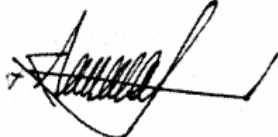
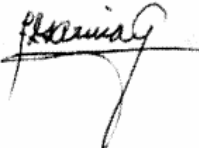

[Handwritten signature]



la ciudad de San Salvador, a las diez horas del día catorce de agosto de mil dos.- ANTE MI, JUAN MANUEL CHAVEZ, Notario, del domicilio de Ahuachapán, comparecen los señores ENRIQUE ALBERTO MELGAR ORELLANA, CARLOS ARNOLDO MELGAR ORELLANA, GUSTAVO ERNESTO MELGAR ORELLANA, JOSE LUIS MELGAR ORELLANA, ANA MARTA MELGAR DE RODRIGUEZ, quienes son de veintiocho, treinta y ocho, treinta y dos, cuarenta y treinta y cuatro años de edad, el primero, segundo y quinta estudiantes, el tercero, licenciado en Mercadeo y el cuarto ingeniero agrónomo, el primero, tercero, cuarto del domicilio de Apaneca, el segundo y quinto del domicilio de San Salvador y FLORENTINO GARCIA AREVALD, sesenta años de edad, empleado agrícola, del domicilio de Apaneca, portadores de nuestras cédulas de identidad personal números once- cero ocho- cero cero cero seis mil trescientos treinta y cuatro, cero uno- cero uno- doscientos noventa y ocho mil setecientos ochenta y dos, once- cero ocho- cero cero cero seis mil trescientos treinta y tres, once- cero ocho- cero cero cero ocho mil ciento treinta y uno, cero uno- cero uno- trescientos dieciseis mil quinientos sesenta y dos y once- cinco- cero cero cero ochocientos noventa y uno, con números de identificación tributaria cero cero catorce- ciento cincuenta y un mil ciento setenta y tres- cero cero tres- tres, cero cero catorce- ciento treinta mil cuatrocientos sesenta y cuatro- cero cero uno- cuatro, cero cero seiscientos catorce- cero cuarenta mil ciento setenta y uno- cero cero tres- cero, cero seiscientos catorce- ciento ochenta y mil seiscientos sesenta y dos- cero cero uno- nueve, cero seiscientos catorce- doscientos noventa y un mil doscientos sesenta y siete- cero cero dos- dos, y cero ciento dos- ciento cuarenta y un mil ciento cuarenta y uno- cero cero uno- seis, el último actuando en nombre y representación de la Alcaldía Municipal de Apaneca, cuya

personería al final relacionaré; Y ME DICEN: I) Que celebran el presente contrato de PROMESA DE VENTA, de un derechos proindiviso que les corresponde sobre un inmueble de naturaleza rústica, situado en el lugar llamado Nejapa, jurisdicción de Apaneca, departamento de Ahuachapán, que mide CIENTO VEINTITRES AREAS, de terreno entre plano y quebrado, cultivado todo de café el buen estado, y que linda: AL ORIENTE Y SUR: con terrenos de la sucesión de NORBERTO PEREZ, AL NORTE: con terreno de la sucesión de don JOSE MARIA RODRIGUEZ, que antes fueron de JULIO MATA, AL PONIENTE: con terrenos de los herederos de MARTIN ASCENCIO, anteriormente y hoy del señor GABINO VELASQUEZ.- Inscrito bajo el matrícula número UNO CINCO CERO TRES SEIS CINCO UNO CERO- CERO CERO CERO CERO CERO, del Centro Nacional de Registros de la Segunda Sección de Occidente en este departamento.- II) La promesa de venta se somete a las siguientes condiciones: a) el valor de dicho inmueble es por la cantidad de CIENTO TREINTA Y SIETE MIL QUINIENTOS COLONES, de los cuales recibe en este acto la cantidad de SESENTA Y DOS MIL QUINIENTOS COLONES Y el resto que son SETENTA Y CINCO MIL COLONES, los cancelará al vencimiento del plazo o sea el día de de dos mil , b) en caso de no realizarse la escrituración al momento que se cancele el resto de que son SETENTA Y CINCO MIL COLONES, se dará por terminado entre ambas partes el presente contrato, c) en caso de no realizarse la escrituración al momento que sea cancelado en su totalidad el dinero restante, se dará por terminado entre ambas partes el presente contrato, y los primeros cinco de los comparecientes se obligan a devolverle el dinero recibido más los intereses legales del cinco por ciento mensual, que hubiere devengado dicho dinero a partir de esta fecha.- III) Los primeros cinco de los comparecientes DICEN: Que aceptan la

de dos mil, y b) certificación del Libro de Actas y Acuerdos Municipales que se registra en la página número dos en el mencionado libro que lleva dicha Alcaldía a las quince horas del día tres de mayo de dos mil, en donde consta que en el acta número CATORCE, que convocó y se presidió con la asistencia del señor Alcalde OSMIN ANTONIO GUZMAN ESCOBAR, Síndico Municipal FLORENTINO GARCIA AREVALO, con la asistencia de los señores regidores propietarios de dicho consejo y secretario municipal NERY ADALID AGUIRRE MOLINA, y regidores suplentes donde se encuentra el acuerdo número DOS, en el cual reza por unanimidad acuerda: Delegar al señor Síndico Municipal FLORENTINO AREVALO GARCIA, a quien se autoriza para que en nombre y representación de dicho consejo pueda firmar la presente promesa de venta, certificación expedida el día nueve de agosto de dos mil dos, debidamente firmada y sellada, por el secretario Municipal NERY ADALID AGUIRRE MOLINA, y alcalde Municipal OSMIN ANTONIO GUZMAN ESCOBAR.- Así se expresaron los comparecientes a quienes expliqué los efectos legales de acta notarial que consta de dos hojas útiles y leído que les hubé lo escrito, en un solo acto, sin interrupción, ratifican su contenido y firma conmigo.- DE TODO DOY FE.



promesa de venta en los términos antes expuestos, comprometiéndose a firmar la correspondiente escritura de compra venta al momento que sea cancelada en su totalidad, es entendido que no podran vender o ceder los derechos sobre dicho inmueble sin permiso previo y escrito del último de los comparecientes.- El último de de los comparecientes, en el carácter en que actúa dice que acepta la promesa de venta antes relacionada, dándose por recibido de la tenencia material del inmueble descrito como cuerpo cierto que se le entrega; serán por su cargo los gastos de este instrumento y cuantos otros hiciere los primeros cinco de los comparecientes.- Que para los efectos judiciales y extrajudiciales que se deriven de este contrato se sometemos a los tribunales competentes de la ciudad de Ahuachapán, con la formalidades que señala el artículo seiscientos cincuenta y siete del código de procedimientos civiles, y renunciamos al derecho de apelar del decreto, de embargo sentencia de remate u otra resolución alzable que pronunciare en el juicio respectivo o cualquiera de sus incidentes.- Es entendido que los servicios faltantes a esta fecha en el terreno no serán por cuenta de los primeros de los comparecientes.- Y YO EL NOTARIO DOY FE: De ser legitima y suficiente la personería con que actúa el señor FLORENTINO GARCIA AREVALO, por haber tenido a la vista: a) credencial extendida por el Tribunal Supremo Electoral, en donde consta que de acuerdo al escrutinio final de las elecciones celebradas el día doce de marzo de dos mil, practicado por el Tribunal Supremo Electoral, correspondiente al Municipio de Apaneca, departamento de Ahuachapán, el compareciente resulto electo como Sindico del Consejo Municipal de Apaneca, para el periodo constitucional que inició el día uno de mayo de dos mil, y finaliza el día treinta de abril del año dos mil tres, credencial debidamente firmada y sellada por los Magistrados del Tribunal Supremo Electoral, extendida en San Salvador el día diez de abril

ABONOS A TERRENO DE ANA MARIA ORELLANA DE MELGAR
TERRENO DEL BASURERO

FECHA		VALOR
20-11-02		2000.00 =
23-11-001	ANA M. M.	2285.71
12-04-002	ANA M. M.	1142.86 06-02-02
12-06-002	ANA M. M.	1714.29 12-06-02
11-07-002	ANA M. M.	400.00 09-07-02
11-07-002	ANA M. M.	1600.00 09-07-02 1000 09-09-02
9-09-002	ANA M. M.	1200.00
9-09-002	ANA M. M.	300.00 08-08-03
9-09-002	ANA M. M.	500.00 2000.00 = 09-09-02 ✓
21-09-002	ANA M. M.	1000.00 30-09-02 ✓
27-09-002	ANA M. M.	1000.00 30-09-02
12-10-002	ANA M. M.	2000.00
30-11-002	ANA M. M.	2000.00 } 20-11-02 + 23-12-02
22-12-002	GUSTAVO	1000.00 ✓
26-12-002	GUSTAVO	1000.00 ✓
25-01-003	ANA M. M.	500.00 16-01-03 ✓
19-02-003	ANA M. M.	650.00 14-01-03 ✓
10-04-003	GUSTAVO	500.00 18-3 03 + 18-03-03 ✓
14-04-003	ANA M. M.	2285.72 08-04-03
19-08-003	GUSTAVO	300.00 ✓
20-02-004	TINO	621.42

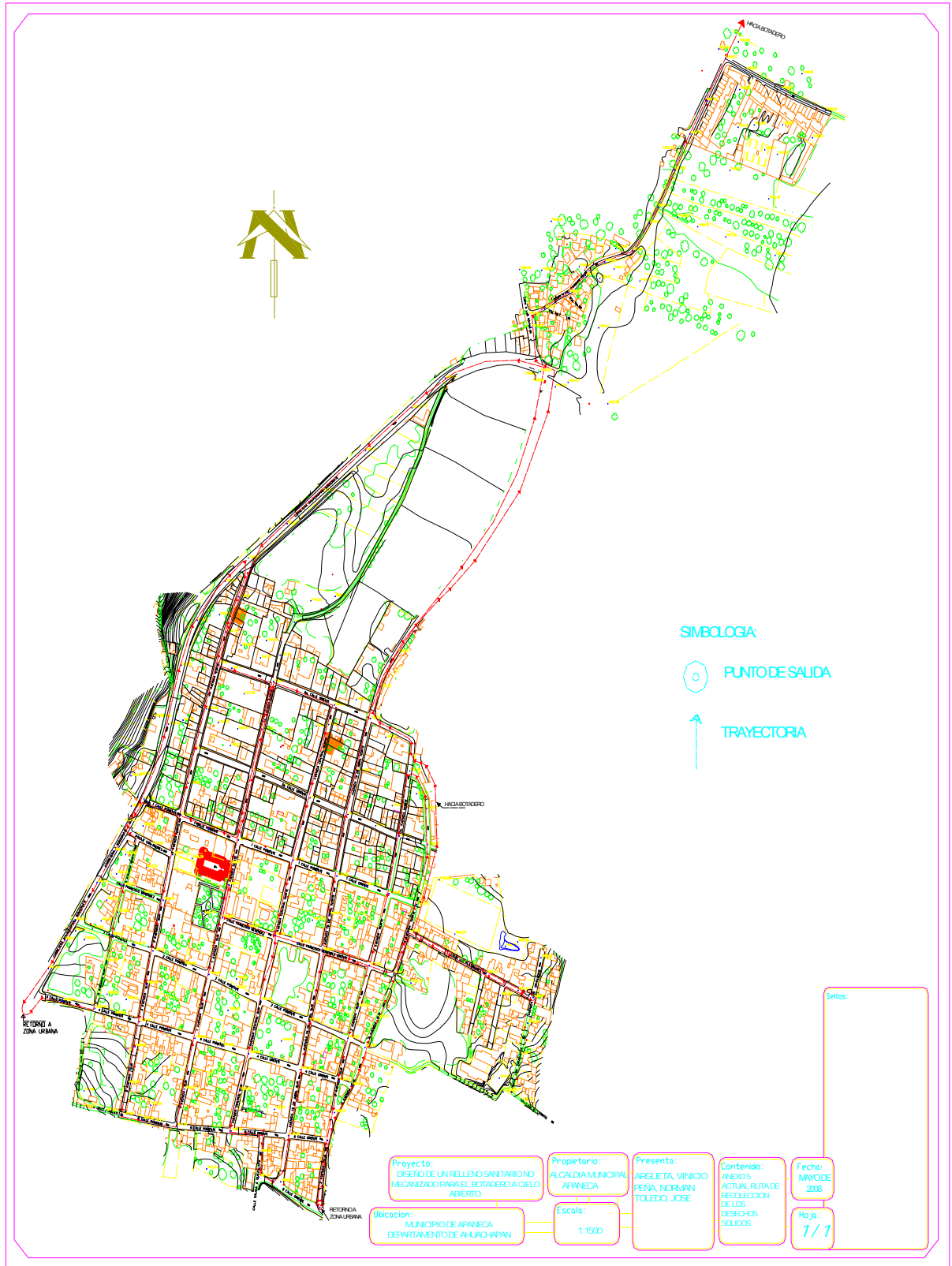
TOTAL 22000

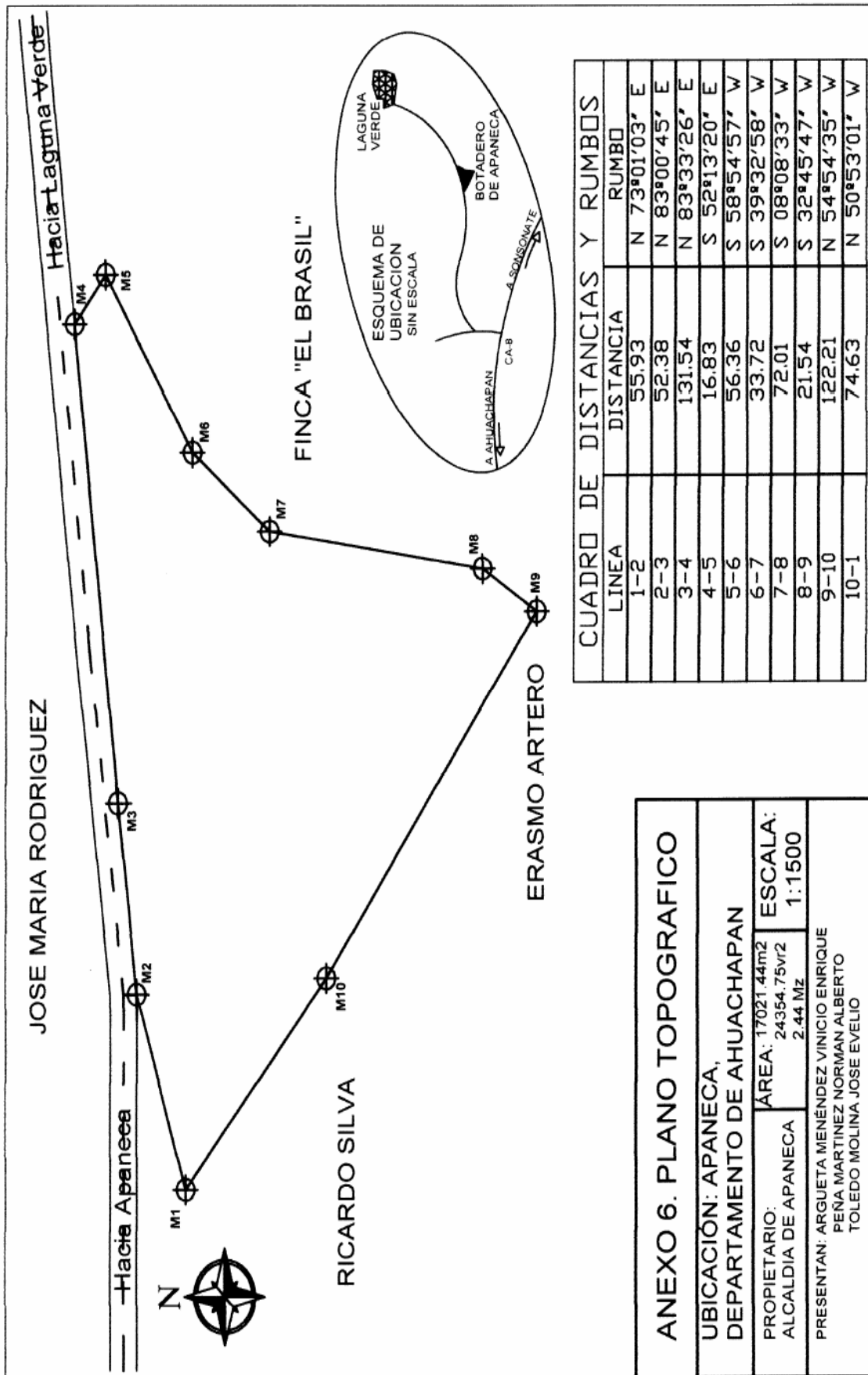
28 APR 2005

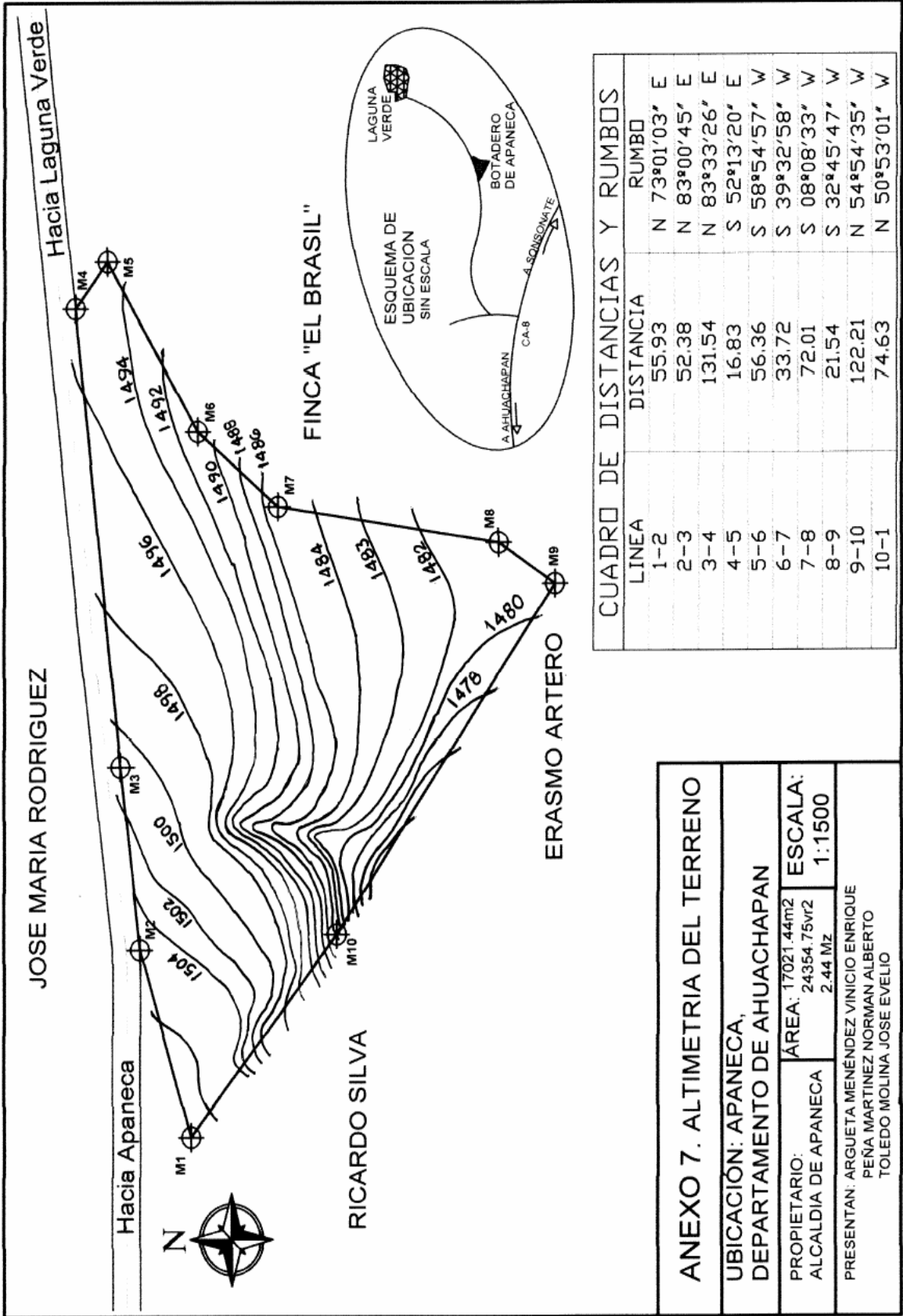


G. Rolando C. Iraheta
SECRETARIO MUNICIPAL

ANEXO 5
RUTA DE RECOLECCION DEL TREN
DE ASEO DEL MUNICIPIO DE
APANECA







CUADRO DE DISTANCIAS Y RUMBOS		
LINEA	DISTANCIA	RUMBO
1-2	55.93	N 73°01'03" E
2-3	52.38	N 83°00'45" E
3-4	131.54	N 83°33'26" E
4-5	16.83	S 52°13'20" E
5-6	56.36	S 58°54'57" W
6-7	33.72	S 39°32'58" W
7-8	72.01	S 08°08'33" W
8-9	21.54	S 32°45'47" W
9-10	122.21	N 54°54'35" W
10-1	74.63	N 50°53'01" W

ANEXO 7. ALTIMETRIA DEL TERRENO	
UBICACION: APANECA, DEPARTAMENTO DE AHUACHAPAN	
PROPIETARIO: ALCALDIA DE APANECA	ÁREA: 17021.44m ² 24354.75vr ² 2.44 Mz
ESCALA: 1:1500	
PRESENTAN: ARGUETA MENÉNDEZ VINICIO ENRIQUE PEÑA MARTINEZ NORMAN ALBERTO TOLEDO MOLINA JOSE EVELIO	

ANEXO 8. FOTOGRAFÍAS DE LA UBICACIÓN EN CAMPO DE SONDEOS SPT



Anexo 8a. Estacas con la respectiva numeración para identificación del sondeo



Anexo 8b. Colocación de Estaca en el lugar respectivo



Anexo 8c. Colocación de vara de madera junto a Estaca para mejor visualización del sondeo



Anexo 8d. Toma de coordenadas en cada punto del sondeo, con equipo GPS GARMIN

ANEXO 9
INFORME SOBRE ESTUDIO DE
SUELOS



S.A DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

FAX: 2226-76-52

San Salvador 11 de Octubre del 2006

Señores

Alcaldia Municipal de Apaneca

Presente

Señores:

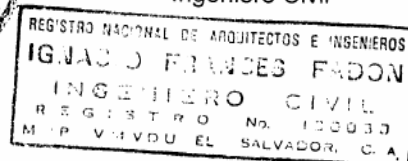
Nos dirigimos a Uds. por medio de la presente para remitirles tres copias del Informe correspondiente al estudio de suelos que realizamos en el terreno donde proyectan ubicar el relleno Sanitario de la ciudad de Apaneca y cuyo diseño estan realizando los Srs. Vinicio Enrique Argueta Menendez, Norman Alberto Peña Martinez y Jose Evelio Toledo Molina bajo la direccion del Ing. Max Hernandez en el tema "Diseño de un relleno sanitario no mecanizado para el botadero a ceilo abierto del Municipio de Apaneca, departamento de Ahuachapan".

Sin otro particular nos suscribimos de Uds. quedando a sus órdenes para cualquier ampliación a los conceptos vertidos en el presente informe:

Aténtamente



Ignacio Francés Fadón
Ingeniero Civil





S.A DE C.V.

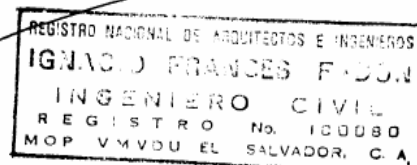
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

TEL.: 2225-16-07
2225-82-35
FAX: 2226-76-52

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

INDICE

- I INTRODUCCION
- II OBJETIVO
- III DESCRIPCION DEL LUGAR
- IV TRABAJO DE CAMPO
- V ENSAYOS DE LABORATORIO
- VI RESULTADOS OBTENIDOS
 - VI-1 Estratigrafía
 - VI-2 Correlación entre "N" y la compacidad o consistencia del suelo.
 - VI-3 Contenido de humedad.
 - VI-4 Tabulación de "N"
- VII ANALISIS DE RESULTADOS
- VIII CONCLUSIONES
- IX RECOMENDACIONES
- X ANALISIS DE CIMENTACION
- XI PLANO Y PERFILES ESTRATIGRAFICOS
- XII ANEXOS



I INTRODUCCION

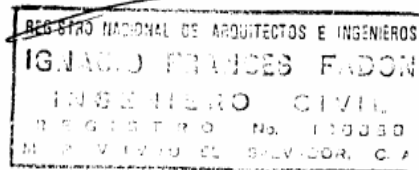
Presentamos por este medio los resultados de la Investigación del sub-suelo realizada en terrenos propiedad de la Alcaldía Municipal de Apaneca ubicados en el Canton Palo verde finca Nejapa en la calle que conduce a la Laguna Verde en la jurisdicción de Apaneca departamento de Ahuachapan donde se proyecta construir un relleno sanitario no mecanizado a cielo abierto.

El trabajo se ha realizado a solicitud de la Alcaldía Municipal de Apaneca a la cual se le ha donado.

II OBJETIVO

El estudio de Mecánica de Suelos se orientó para determinar las condiciones del sub-suelo y las características físicas y mecánicas de los estratos detectados, definir la capacidad de carga del sub-suelo y dar las recomendaciones necesarias para la cimentación de las estructuras proyectadas, descapote, cota de fundación, drenajes, etc.

Para tal fin se realizaron 6 sondeos exploratorios, con equipo de



penetración estandar, distribuidos según se muestra en el esquema anexo, la máxima profundidad explorada fue de 12.0 mts.

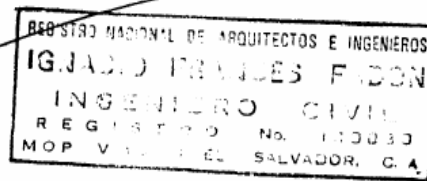
III DESCRIPCION DEL LUGAR

El sitio estudiado se encuentra en una ladera ubida a un costado del actual botadero de basura en la finca Nejapa, Canton Palo Verde sobre la calle que conduce a la Laguna Verde a aproximadamente 500 mts de la carretera CA8.

IV TRABAJO DE CAMPO

Se realizaron 6 sondeos exploratorios con equipo de Penetración Estandar, con el objeto de obtener muestras representativas y continuas para su identificación, determinar su contenido de humedad y la resistencia presentada por el suelo a la penetración de una cuchara partida de 2" (50.8 mm) de diámetro externo, hincada con un martillo de 140 lbs. (63.5 Kg.) que se deja caer desde una altura de 30" (76 cm.) contandose los golpes necesarios para penetrar un pie (30.5 cm.), según se establece en la norma ASTM D-1586 "PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR Y MUESTREO DE SUELOS CON CUCHARA PARTIDA"

V ENSAYOS DE LABORATORIO



Las muestras obtenidas se analizaron en el Laboratorio efectuandose ensayos según se describe en las Normas ASTM siguientes:

D-2216 "DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL LABORATORIO".

D-2488 "DESCRIPCION DE SUELOS, PROCEDIMIENTO VISUAL-MANUAL".

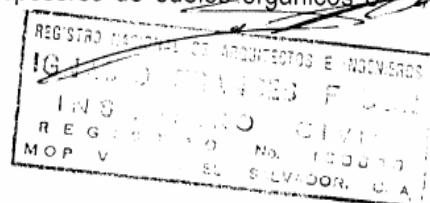
D-2487 "CLASIFICACION DE SUELOS PARA PROPOSITOS DE INGENIERIA".

VI RESULTADOS OBTENIDOS

Al estudiar los resultados obtenidos durante la exploración del sub-suelo, los datos del análisis de las muestras en el Laboratorio y la información de la inspección de campo realizada durante el proceso de sondeo; se han podido observar los siguientes aspectos importantes:

VI-1 ESTRATIGRAFIA

La estratigrafía del lugar presenta características coherentes como puede apreciarse en las columnas y perfiles estratigráficos que acompañan este informe, de las que son de señalar tanto que los suelos están constituido por limos plasticos compresibles (MH), con muy fuertes espesores de suelos orgánicos o



contaminados con organicos y de suelos sueltos o muy sueltos como los muy altos contenidos de humedad del suelo.

VI-2 CORRELACION ENTRE "N" Y LA COMPACIDAD O CONSISTENCIA DEL SUELO

En base al número de golpes de la prueba de Penetración Estandar la Consistencia o Compacidad de los suelos puede clasificarse como:

SUELOS COHESIVOS		SUELOS FRICCIONANTES	
CONSISTENCIA	N	COMPACIDAD	N
Muy blanda	0-1	Muy suelto	0-4
Blanda	2-4	Suelto	5-10
Media	4-8	Semi-suelto	11-20
Firme	9-15	Semi-compacto	21-30
Dura	16-30	Compacto	31-50
Muy dura	mas de 30	Muy compacto	mas de 50

REGISTRO NACIONAL DE ARQUITECTOS E INGENIEROS
 IGNACIO FRANCIS FADON
 INGENIERO CIVIL
 REGISTRO No. 120080
 MOP VIVIENDA EL SALVADOR, C. A.

VI-3 CONTENIDO DE HUMEDAD

Los contenidos naturales de humedad del subsuelo, en la zona estudiada, varían entre 30.9 y 104.9 por ciento detectándose los valores máximo, mínimo y promedio en cada sondeo según se detalla a continuación:

SONDEO	W máximo %	W mínimo %	W promedio %
1	91.0	35.8	66.9
2	91.9	36.6	66.9
3	92.3	30.9	68.1
4	104.9	31.9	72.9
5	93.4	34.2	64.2
6	90.3	31.7	66.2

VI-4 TABULACION DE "N"

Dada la relación que existe entre "N" y la capacidad de carga del suelo, a continuación se presenta una tabla resumen de los valores de "N" en cada sondeo, la cruz (+) indica contaminación con orgánicos, y el asterisco (*) suelos orgánicos:



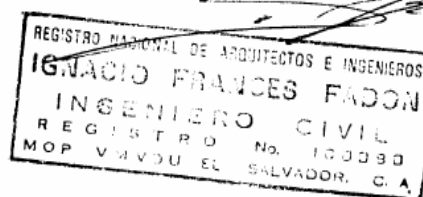
Prof	S1	S2	S3	S4	S5	S6
0.5	<u>3*</u>	<u>1*</u>	<u>6*</u>	<u>3*</u>	<u>2*</u>	<u>2*</u>
1.0	<u>4*</u>	<u>4*</u>	<u>7*</u>	<u>4*</u>	<u>3*</u>	<u>2*</u>
1.5	<u>4*</u>	<u>4*</u>	<u>4*</u>	<u>3*</u>	<u>3*</u>	<u>3*</u>
2.0	<u>4*</u>	<u>6*</u>	<u>5*</u>	<u>4*</u>	<u>2*</u>	<u>4*</u>
2.5	<u>4+</u>	<u>8+</u>	<u>6+</u>	<u>3*</u>	<u>2*</u>	<u>3+</u>
3.0	<u>5+</u>	<u>9+</u>	<u>5+</u>	<u>2*</u>	<u>5+</u>	<u>6+</u>
3.5	<u>6+</u>	<u>5+</u>	<u>4+</u>	<u>3+</u>	<u>7+</u>	<u>3+</u>
4.0	<u>9+</u>	<u>4+</u>	<u>2*</u>	<u>4+</u>	<u>6+</u>	<u>3</u>
4.5	<u>7+</u>	<u>8*</u>	<u>5*</u>	<u>6+</u>	<u>6</u>	<u>5</u>
5.0	<u>5+</u>	<u>7*</u>	<u>6*</u>	<u>5+</u>	<u>8</u>	<u>7</u>
5.5	<u>4*</u>	<u>9*</u>	<u>5</u>	<u>4+</u>	<u>5</u>	<u>7+</u>
6.0	<u>2</u>	<u>10+</u>	<u>3</u>	<u>6</u>	<u>3</u>	<u>3+</u>
6.5	<u>5</u>	<u>9</u>	<u>3</u>	<u>6</u>	<u>3</u>	<u>8</u>
7.0	<u>10+</u>	<u>10</u>	<u>4</u>	<u>6</u>	<u>5</u>	17+
7.5	<u>10+</u>	15	<u>5</u>	<u>12</u>	<u>9+</u>	20+
8.0	<u>6+</u>	32	<u>7</u>	<u>7</u>	12+	<u>11</u>
8.5	<u>8+</u>	38	<u>10</u>	<u>4</u>	11+	<u>8</u>
9.0	<u>9</u>		<u>7</u>	<u>9*</u>	12+	<u>7+</u>
9.5	<u>6</u>		<u>11</u>	<u>5</u>	16+	<u>13+</u>
10.0	20		<u>10</u>	<u>10</u>	12	<u>6+</u>
10.5			17		<u>6</u>	
11.0			21		<u>5</u>	
11.5			24		<u>6</u>	
12.0					<u>8</u>	

VII ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación se consignan los resultados obtenidos en el campo y en la pruebas de laboratorio:

VII-1 Existe en el área explorada una zona en estado suelto con baja capacidad de carga, además de un estrato superficial contaminado con orgánicos.

Todo lo cual se detalla en el cuadro siguiente:



NUMERO DE SONDEO	Profundidad del estrato contaminado con organicos		Profundidad del estrato suelto	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
1	0+0.0	0-8.5	0+0.0	0-9.5
2	0+0.0	0-6.0	0+0.0	0-7.0
3	0+0.0	0-5.0	0+0.0	0-9.0
4	0+0.0	0-5.5	0+0.0	→
	0-8.5	0-9.0		
5	0+0.0	0-4.0	0+0.0	0-7.5
			0-10.0	→
6	0+0.0	0-3.5	0+0.0	0-6.5
	0-5.0	0-7.5		
	0-8.5	→		

VII-2 Los estratos de limos plasticos compresibles detectados son susceptibles a la erosion, socavacion y a disminuir rapidamente su capacidad de carga cuando se saturan asi como una desproporcionada capacidad de retener agua.

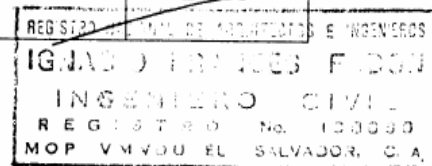
VII-3 En los suelos contaminados con organicos no puede considerarse la compacidad o consistencia presentada al momento de la prueba como permanente ya que con el tiempo según la fase orgánica se ~~vaya~~ descomponiendo en agua, gases y un muy pequeño residuo mineral, se

incrementará el volumen de vacíos y la deformabilidad a la vez que se reducirá la capacidad de carga.

VII-4 Los contenidos naturales de humedad de suelo, se encuentran dentro de lo que podría considerarse como MUY ALTOS aun para el tipo de suelo detectado presentandose contenidos de humedad promedio que oscilan entre 64.2 y 72.9 %.

VII-5 Para los estratos detectados, siempre que no estén contaminados con orgánicos, se pueden tomar los siguientes parámetros para el análisis numérico de sus propiedades:

SUELOS FRICCIONANTES		SUELOS COHESIVOS	
Φ ángulo de fricción interna	"N"	q_u Kg/cm ²	"N"
29	5-10*	0.6-1.2	5-10*
30	11-15	1.2-1.9	10-15
31	16-20	1.9-2.5	15-20
32	21-25	2.5-3.1	21-25
33	26-30	3.1-3.7	25-30



*** NOTA:**

Bajo circunstancias inferiores a las señaladas será necesario considerar la posibilidad de "falla local" con los siguientes valores:

$$\Phi' = \text{Arc.tg}(\frac{2}{3}\text{tg}\Phi)$$

$$c' = \frac{2}{3}c$$

VIII CONCLUSIONES

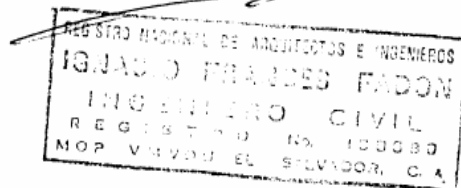
De los resultados obtenidos en el campo, en las pruebas de Laboratorio, que se practicaron en las muestras obtenidas, y en la inspección realizada en el campo, durante el proceso de sondeo, podemos concluir:

VIII-1 SUELO ORGANICO

Los suelos organicos o contaminados con organicos se han detectado en forma continua hasta a profundidades que varian entre los 3.5 y 5.5 mts, apareciendo lentes organicas aun bajo estos niveles.

VIII-2 SUELO SUELTO

Los suelos superficiales presentan una cmompacidad **MUY SUELTA** hasta a profundidades importantes y en conjunto los suelos cuya compacidad



se puede definir como suelta o muy suelta alcanzan profundidades que se ubican entre los varian entre 7 y 12 mts.

VIII-3 CONTENIDO DE HUMEDAD

Los contenidos naturales de humedad del suelo se pueden definir como MUY ALTOS ya que en un alto porcentaje exceden del limite liquido del suelo de lo que podemos concluir que tenderan a licuarse total o parcialmente bajo condiciones sismicas.

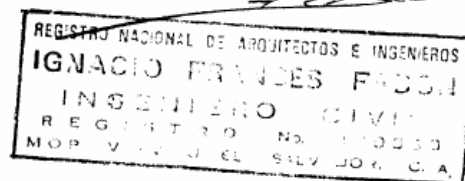
VIII-4 NIVEL FREATICO

IX RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en las pruebas de Campo y Laboratorio así como las conclusiones de ellas deducidas nos permitimos recomendar lo siguiente:

IX-1 RESTITUCION DE SUELOS

Debido al estado muy suelto, saturado y orgánico de los estratos superficiales del suelo, se deberá efectuar una restitución



recompactacion de suelo bajo los pisos de los estanques para estabilizarlos y controlar sus deformaciones.

El tipo de suelo detectado limo-plastico-compresible (MH) tiende a sufrir grandes deformaciones con los cambios de contenido de humedad al grado de presentar notables agrietamientos al perder humedad.

IX-2 DRENAJES

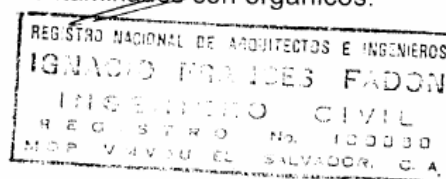
Durante el proceso constructivo deberán evitarse empozamientos y filtraciones de agua en la superficie del terreno y especialmente en las excavaciones.

Las tuberías deberán ser de material flexible y asentarse sobre una capa de suelo recompactado preferiblemente cementado con un ancho y alto equivalente a 1.5 veces el diámetro de la tubería pero no menor de 0.4 mts.

X ANALISIS DE CIMENTACION

Para la solución de los estanques de lixiviados debido a:

- 1) Los espesores de suelo MUY SUELTO y SUELTO
- 2) Los espesores de suelos organicos o contaminados con organicos.

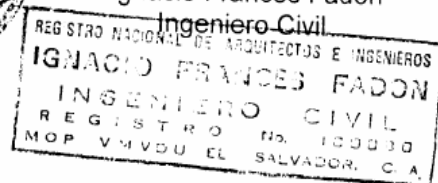


- 3) Los MUY ALTOS contenidos de humedad del suelo.
- 4) El tipo de suelo: limos-plasticos-compresibles.
- 5) El MUY ALTO % de material que pasa la malla 200.
- 6) La tendencia de estos tipos de suelo a sufrir gaves contracciones y expansiones con los cambios de contenido de humedad.

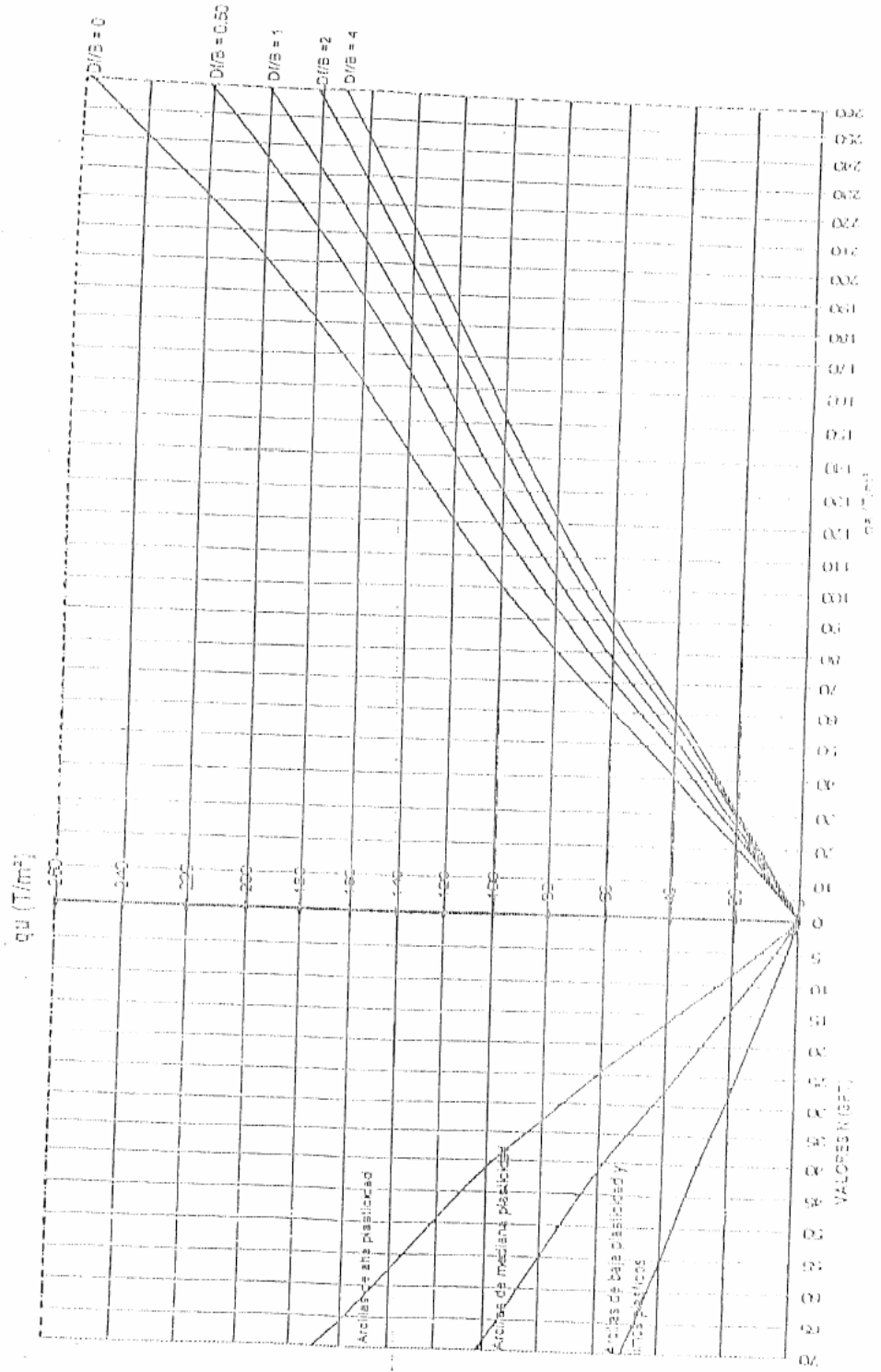
Hacen que no recomendemos el uso de tanques de concreto reforzado o mampostería de bloque de concreto, debido al costo que representaría su cimentación y estructura, recomendando el trabajar esta zona del proyecto mediante estanques de tierra recubiertos con película flexible, debiéndose tomar en cuenta que para la construcción de bermas de tierra se deberá mejorar la granulometría y disminuir la plasticidad del suelo mediante su mezcla con suelos no plásticos tipo arena-limosa (SM) lo que ayudaría a controlar la tendencia a contraerse evitando la aparición de fuertes grietas en las bermas que conformen el perímetro de los estanques.

Sin otro particular, quedamos a sus apreciables órdenes para cualquier consulta o ampliación sobre los conceptos vertidos en el presente informe.

Atentamente:



NOMOGRAMA SOWERS - PECK



Zapatatas en arena

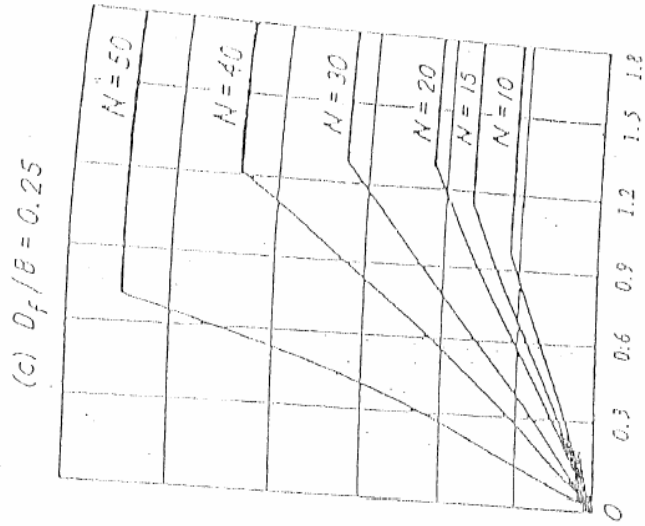
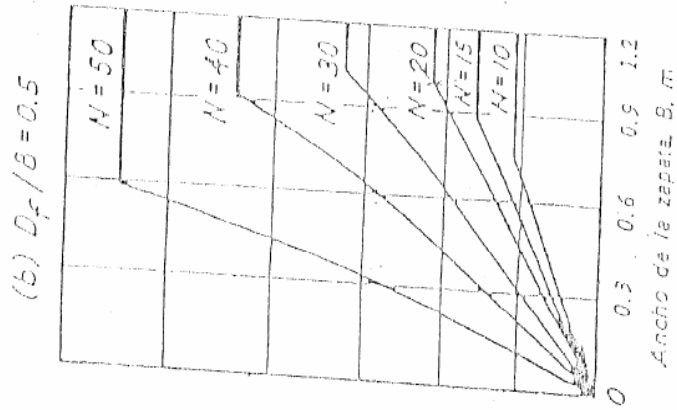
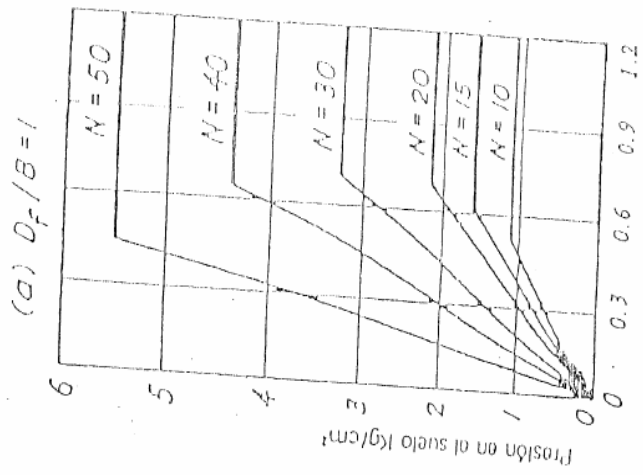
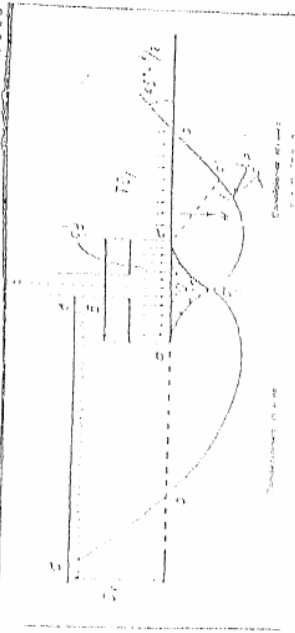


Diagrama de proyecto para determinar las dimensiones de zapatas poco profundas proyectadas en arena.





S.A. DE C.V. TEL.: 25 - 18 - 07

DISEÑO/SUPERVISION/CONSULTORIA/LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 pasaje las victorias # 29 colonia layco/ san salvador, el salvador

DIVISIONES PRINCIPALES		REPRESENT. GRAFICA.	NOMBRES TIPICOS
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS MAS DEL 50% ES RETENIDO EN LA MALLA 200	GRAVAS 50% O MAS DE LA FRACCION GRUESA SE RETIENE EN LA MALLA No 4	GW	GRAVAS BIEN GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVAS Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS.
		GP	GRAVAS MAL GRADUADAS MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS.
		GM	GRAVAS LIMOSAS MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO.
	ARENAS MAS DEL 30% DE LA FRACCION GRUESA PASA LA MALLA No 4	GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA ARENA Y ARCILLA.
		SW	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCO O NADA DE FINOS.
		SP	ARENAS MAL GRADUADOS, ARENA CON GRAVA, CON POCO O NADA DE FINOS.
SUELOS DE GRANO FINO 50% O MAS PASA LA MALLA 200	ARENAS CON FINOS	SN	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO.
		SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y ARCILLA.
	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO DE 50% O MENOR	ML	LIMOS INORGANICOS, ARENAS MUY FINAS POLVO DE ROCA, LIMOS ARENOSOS O ARCILLOSOS LIGERAMENTE PLASTICOS
		CL	ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD, ARCILLAS CON GRAVA ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS
		OL	LIMOS ORGANICOS, ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD.
	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50%	MH	LIMOS INORGANICOS, LIMOS MICACEOS Y DIATOMACEOS, LIMOS ELASTICOS
CH		ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS FRANCCAS	
OH		ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD, LIMOS ORGANICOS DE MEDIA PLASTICIDAD.	
SUELOS CON ELEVADA PROPORCION DE MATERIA ORGANICA		PI	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICO



F.C.S.A. DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

TEL.: 2225-16-07
2225-82-35
FAX: 2226-76-52

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

Inspector	I. F. F.	Proyecto	Sondeo 1
Elevacion		Ubicacion	RELLENO SANITARIO
Peso Martillo	140 lbs Caída 30"	Fecha	22/23 Y 25/09/06
		Cuadrilla	1-2-3

Profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion		% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	consistencia o compacidad		
0.5	10	1	3	Muy Suelto	41.7	Limo plastico compresible organico color café oscuro
		2				
1.0	15	1	4	Muy Suelto	35.8	"
		2				
		3				
1.5	20	4	4	Muy Suelto	72.0	"
		2				
		2				
2.0	24	4	4	Muy Suelto	60.5	"
		2				
		2				
2.5	45	4	4	Muy Suelto	72.2	Limo plastico compresible contaminado con organicos color café
		2				
		2				
3.0	60	3	5	Suelto	72.7	"
		2				
		2				
3.5	47	3	6	Suelto	71.1	"
		2				
		2				
4.0	46	4	9	Suelto	77.3	"
		2				
		2				
4.5	41	4	7	Suelto	74.2	"
		2				
		2				
5.0	44	6	5	Suelto	58.6	"
		2				
		2				
5.5	35	2	4	Muy Suelto	55.1	Limo plastico compresible organico color café oscuro
		2				
		2				
6.0	31	3	2	Muy Suelto	40.6	Limo inorganico de alta plasticidad color café
		1				
		1				



S.A DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

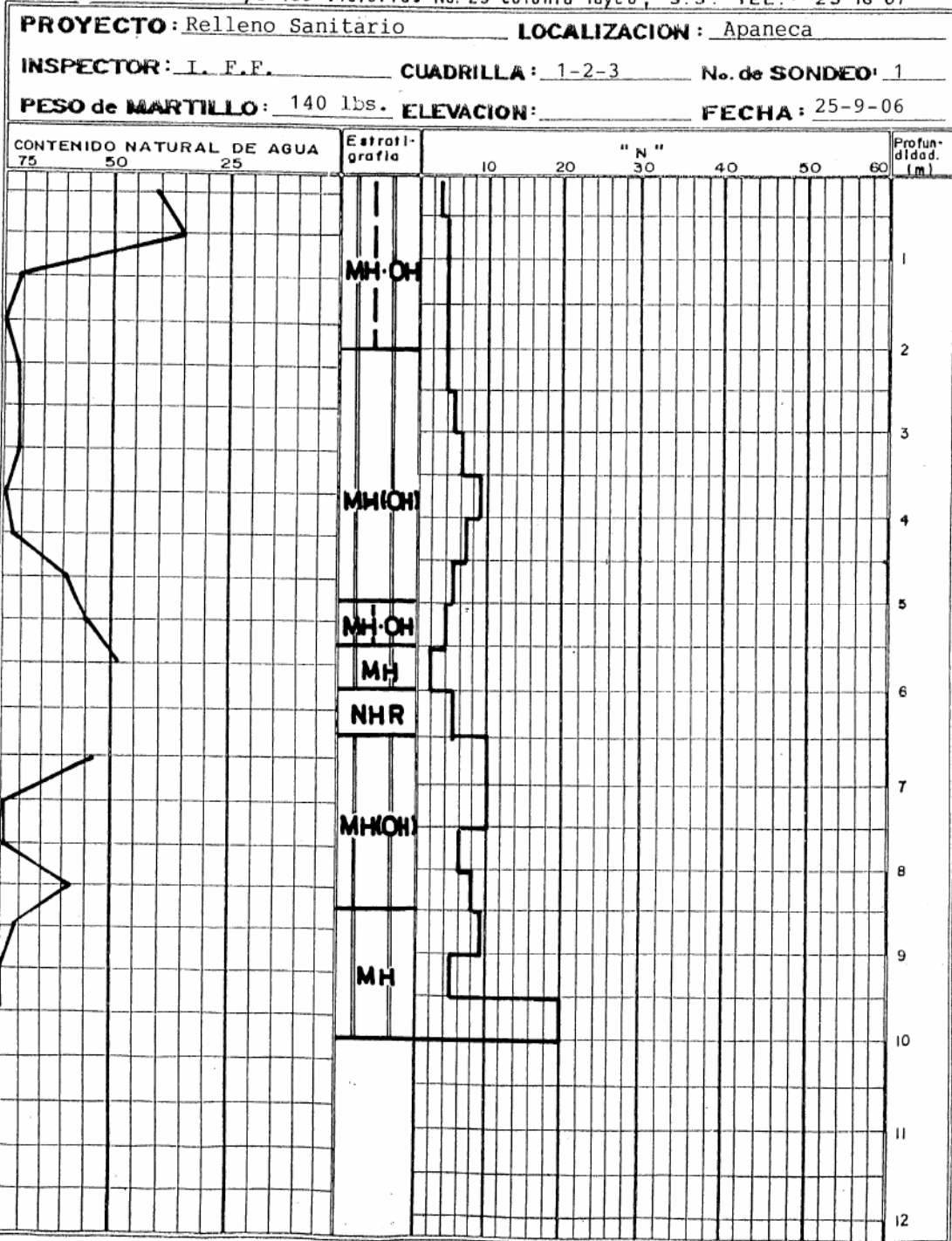
FAX: 2226-76-52

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

Sondeo 1

Inspector:	I. F. F.	Proyecto:	RELLENO SANITARIO
Elevacion:		Ubicacion:	APANECA
Peso Martillo:	140 lbs	Caída:	30"
		Fecha:	22/23 Y 25/09/06
		Cuadrilla:	1-2-3

Profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion		% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N		
6.5	NHR	2		5	Suelto	No hubo recuperacion
		2				
		3				
7.0	45	4		10	Suelto	Limo plastico compresible contaminado con organicos color café
		4				
		6				
7.5	47	7		10	Suelto	" "
		5				
		5				
8.0	44	4		5	Suelto	" "
		3				
		3				
8.5	46	5		3	Suelto	" "
		4				
		4				
9.0	45	6		9	Suelto	Limo inorganico de alta plasticidad color café
		4				
		5				
9.5	47	2		6	Suelto	" "
		3				
		3				
10.0	50	6		20		
		7				
		13				
10.5						
11.0						
11.5						
12.0						





S.A DE C.V.
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

TEL.: 2225-16-07
 2225-82-35
 FAX: 2226-76-52

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

Inspector: _____ I. F. F. _____ Proyecto: **Sondeo 2**
 Elevacion: _____ Ubicación: **RELLENO SANITARIO**
 Peso Martillo: **140 lbs** Caída: **30"** Fecha: **APANECA**
 Cuadrilla: **22/23 Y 25/09/06**
 1-2-3

profundidad Mts	Recuperación Cms	# de golpes	Penetración		% de humedad	Clasificación visual
			equivale lencia	N		
0.5	10	0		1	Muy Suelto	36.7
		0				
		1				
1.0	24	1		4	Muy Suelto	36.6
		2				
		4				
1.5	16	2		4	Muy Suelto	66.5
		2				
		3				
2.0	17	3		6	Suelto	84.1
		3				
		4				
2.5	27	4		8	Suelto	85.9
		4				
		4				
3.0	36	6		9	Suelto	91.9
		5				
		4				
3.5	50	5		5	Suelto	65.5
		5				
		3				
4.0	48	4		4	Muy Suelto	56.5
		4				
		4				
4.5	43	4		8	Suelto	54.5
		4				
		4				
5.0	47	3		7	Suelto	61.5
		4				
		4				
5.5	44	4		9	Suelto	80.5
		5				
		7				
6.0	42	4		10	Suelto	76.3
		6				
		6				



S.A DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

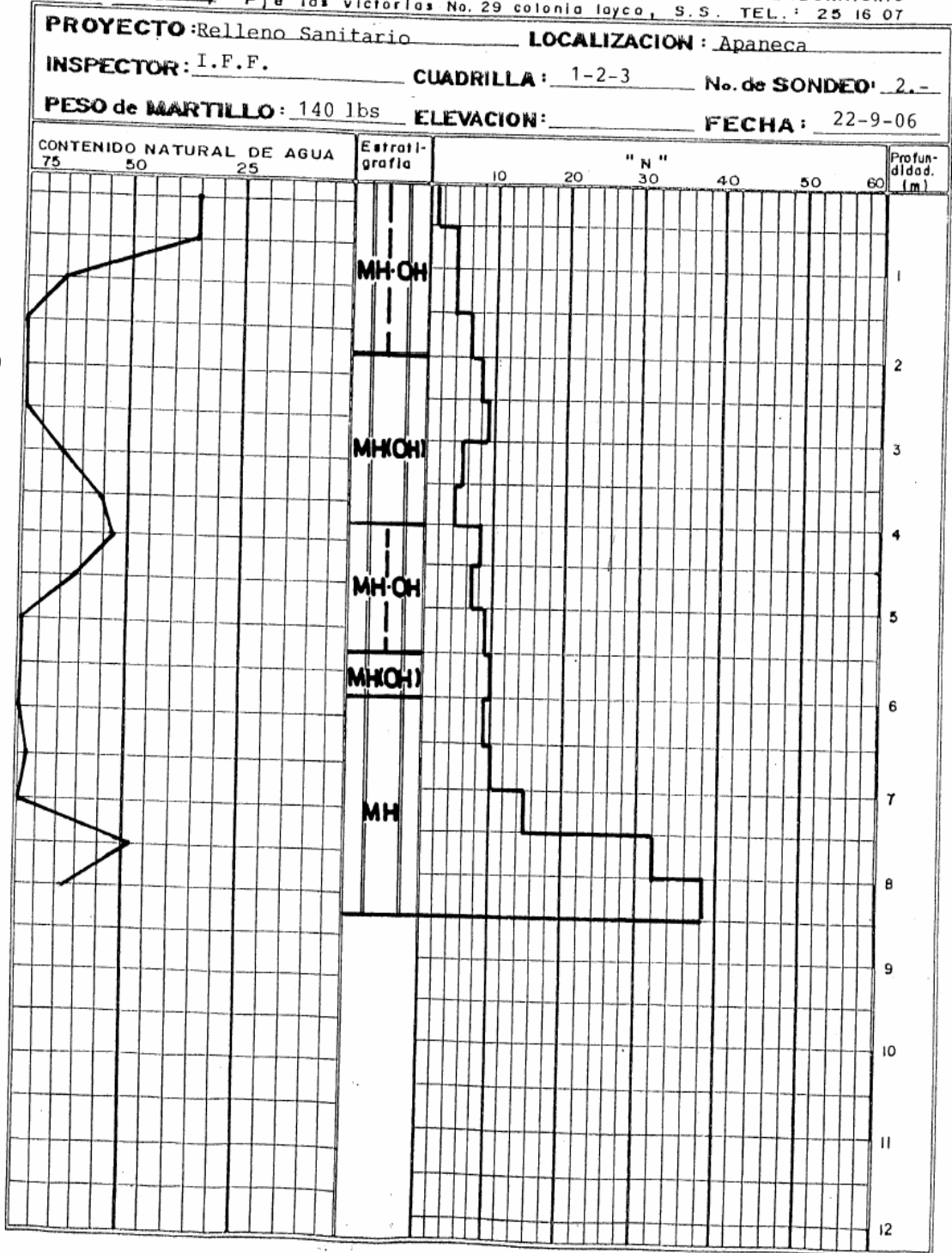
FAX: 2226-76-52

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

Inspector: I. F. F. Proyecto: Sondeo 2
 Elevacion: _____ Ubicacion: RELLENO SANITARIO
 Peso Martillo: 140 lbs Caída: 30" Fecha: 22/23 Y 25/09/06
 Cuadrilla: 1-2-3

profundidad mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion		% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N consistencia o compacidad		
6.5	50	4		9	75.3	Limo inorganico de alta plasticidad color café
		4				
		5				
7.0	40	6		10	74.3	" "
		5				
		5				
7.5	44	6		15	78.0	" "
		5				
		10				
8.0	45	10		32	48.3	" "
		12				
		14				
8.5	4'	17		38	64.6	" "
		16				
		22				
9.0						
9.5						
10.0						
10.5						
11.0						
11.5						
12.0						





S.A DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

FAX: 2226-76-52

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

Sondeo 3

Inspector:	I. F. F.	Proyecto:	RELLENO SANITARIO
Elevacion:		Ubicacion:	APANECA
Peso Martillo:	140 lbs	Fecha:	22/23 Y 25/09/06
Caida:	30"	Cuadrilla:	1-2-3

profundidad fms	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N	consistencia o compacidad		
0.5	34	2		6	Suelto	30.9	Limo plastico compresible organico color café oscuro
		3					
		3					
1.0	46	3		7	Suelto	34.2	" "
		4					
		3					
1.5	45	3		4	Muy Suelto	47.2	" "
		2					
		2					
2.0	47	3		5	Suelto	50.4	" "
		2					
		3					
2.5	50	3		6	Suelto	79.1	Limo plastico compresible contaminado con organicos color café
		2					
		3					
3.0	80	4		5	Suelto	87.1	" "
		2					
		3					
3.5	50	3		4	Muy Suelto	86.6	" "
		2					
		2					
4.0	50	1		2	Muy Suelto	85.8	Limo plastico compresible organico color café oscuro
		1					
		3					
4.5	49	2		5	Suelto	59.0	" "
		3					
		3					
5.0	50	4		6	Suelto	89.2	" "
		3					
		3					
5.5	50	5		5	Suelto	78.8	Limo inorganico de alta plasticidad color café
		2					
		3					
6.0	50	2		3	Muy Suelto	89.7	" "
		2					
		1					



S.A DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

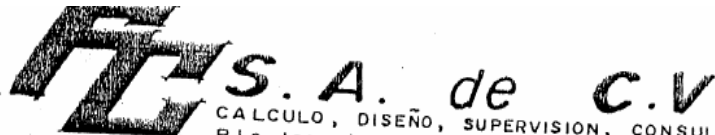
FAX: 2226-76-52

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salva

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

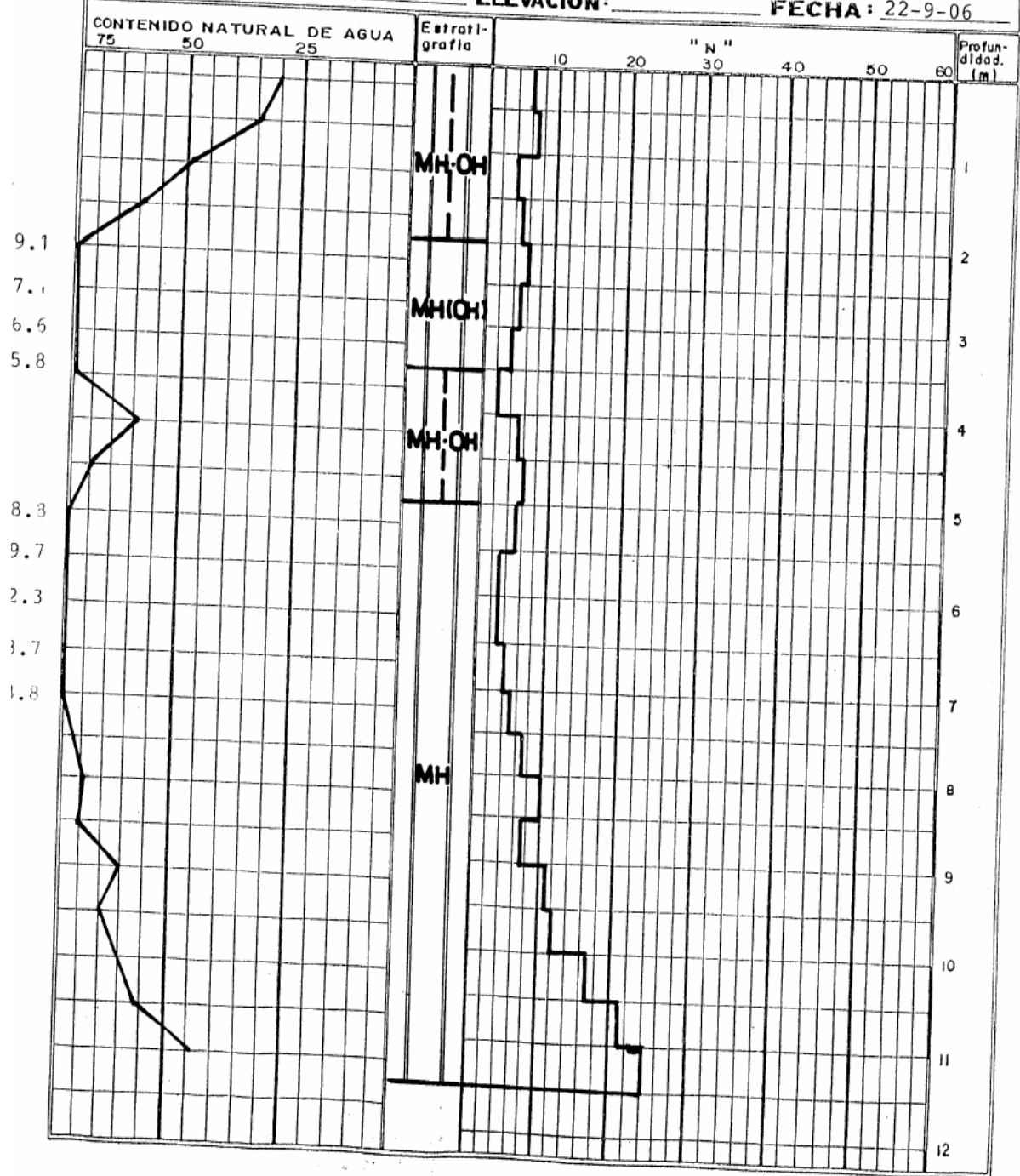
Inspector: I. F. F. Proyecto: Sondeo 3
Elevacion: _____ Ubicacion: RELLENO SANITARIO
Peso Martillo: 140 lbs Caída: 30" Fecha: 22/23 Y 25/09/06
Cuadrilla: _____ Clasificación: 1-2-3

profundidad fms	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion		% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N		
6.5	44	2		3	Muy Suelto	92.3
		1				
		2				
7.0	49	3		4	Muy Suelto	89.7
		2				
		2				
7.5	50	3		5	Suelto	76.2
		3				
		2				
8.0	50	4		7	Suelto	73.3
		4				
		3				
8.5	50	5		10	Suelto	69.5
		5				
		5				
9.0	50	5		7	Suelto	70.1
		4				
		3				
9.5	47	4		11	Semi-Suelto	61.0
		4				
		7				
10.0	49	6		10	Suelto	65.3
		4				
		6				
10.5	50	9		17		60.4
		7				
		10				
11.0	50	8		21		56.1
		10				
		11				
11.5	45	15		24		44.3
		13				
		11				
12.0						



CALCULO, DISEÑO, SUPERVISION, CONSULTORIA Y LABORATORIO
 Pje las victorias No. 29 colonia Ioyco, S.S. TEL.: 25 16 07

PROYECTO: Relleno Sanitario LOCALIZACION: Apaneca
 INSPECTOR: I .F.F. CUADRILLA: 1-2-3 No. de SONDEO: 3.
 PESO de MARTILLO: 140 lbs. ELEVACION: _____ FECHA: 22-9-06





S.A. DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

FAX: 2226-76-52

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

Sondeo 4

RELLENO SANITARIO

Inspector	I. F. F.	Proyecto:	RELLENO SANITARIO
Elevacion		Ubicacion:	APANECA
Peso Martillo	140 lbs Carda 30"	Fecha	22/23 Y 25/09/06
		Cuadrilla	1-2-3

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			ecuivalencia	N	consistencia o compacidad		
0.5	19	1		3	Muy Suelto	31.9	Limo plastico compresible organico color café oscuro
		2					
		1					
1.0	31	1		4	Muy Suelto	36.5	" "
		2					
		2					
1.5	26	2		3	Muy Suelto	70.8	" "
		2					
		1					
2.0	34	1		4	Muy Suelto	93.5	" "
		1					
		1					
2.5	50	1		3	Muy Suelto	104.9	" "
		1					
		1					
3.0	46	1		2	Muy Suelto	66.0	" "
		1					
		1					
3.5	41	1		3	Muy Suelto	66.0	Limo plastico compresible contaminado con organicos color café
		2					
		2					
4.0	43	1		4	Muy Suelto	81.4	" "
		2					
		2					
4.5	45	3		6	Suelto	83.6	" "
		3					
		3					
5.0	47	1		5	Suelto	80.6	" "
		1					
		1					
5.5	45	1		4	Muy Suelto	84.3	" "
		1					
		1					
6.0	30	1		6	Suelto	85.7	Limo inorganico de alta plasticidad color café
		1					
		1					



E.S.A. DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

FAX: 2226-76-52

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

Inspector: I. F. F. Proyecto: Sondeo 4
 Elevacion: RELENO SANITARIO
 Peso Martillo: 140 lbs Caída: 30" Ubicacion: APANECA
 Fecha: 22/23 Y 25/09/06
 Cuadrilla: 1-2-3

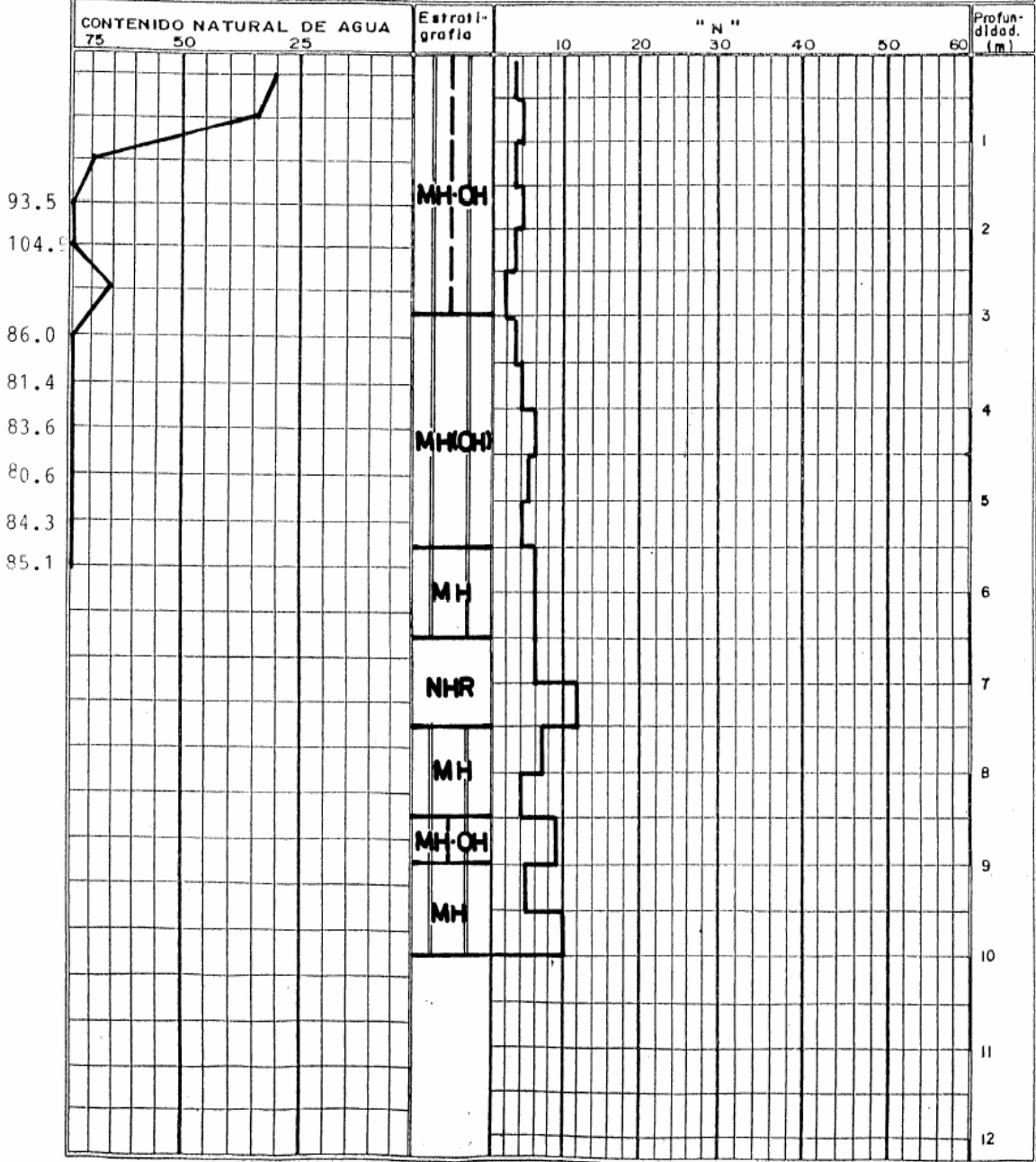
Profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N	consistencia o compacidad		
6.5	34	5		6	Suelto	38.4	Limo inorganico de alta plasticidad color café
		3					
		3					
7.0	NHR	2		6	Suelto		No hubo recuperacion
		3					
		3					
7.5	NHR	7		12	Semi-Suelto		No hubo recuperacion
		5					
		7					
8.0	46	5		7	Suelto	71.3	Limo inorganico de alta plasticidad color café
		4					
		3					
8.5	42	2		4	Muy Suelto	81.5	" " "
		2					
		2					
9.0	44	5		9	Suelto	64.8	Limo plastico compresible organico color café oscuro
		4					
		3					
9.5	50	3		5	Suelto	84.1	Limo inorganico de alta plasticidad color café
		3					
		3					
10.0	46	4		10	Suelto	76.1	" "
		4					
		6					
10.5							
11.0							
11.5							
12.0							



S.A. de C.V.

CALCULO, DISEÑO, SUPERVISION, CONSULTORIA Y LABORATORIO
 Pje las victorias No. 29 colonia layco, S.S. TEL.: 25 16 07

PROYECTO: Relleno Sanitario **LOCALIZACION:** Apaneca
INSPECTOR: I.F.F. **CUADRILLA:** 1-2-3 **No. de SONDEO:** 4.-
PESO de MARTILLO: 140 lbs. **ELEVACION:** **FECHA:** 22-9-06



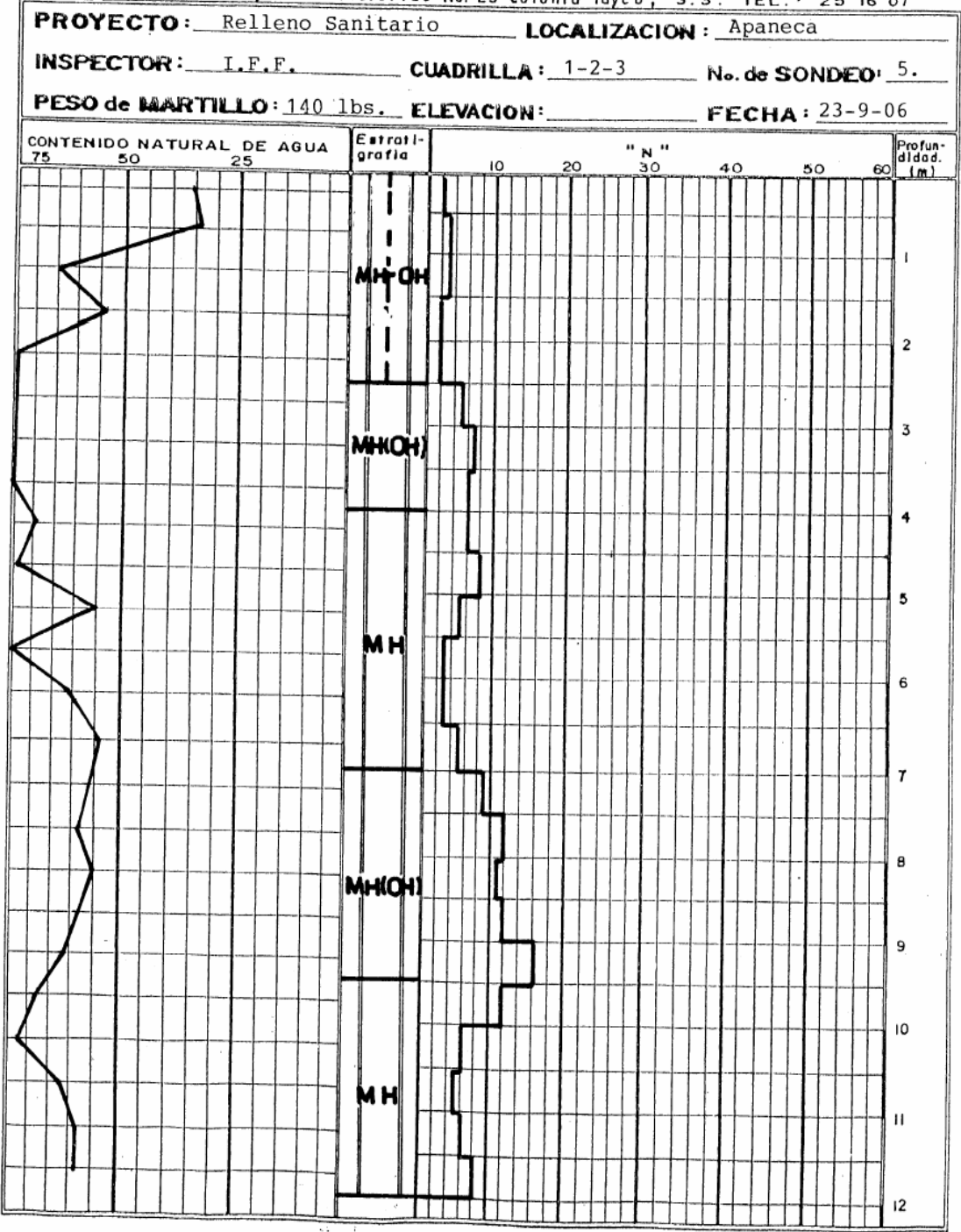
REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

Sondeo 5

RELLENO SANITARIO

Inspector	I. F. F.		Proyecto	RELLENO SANITARIO
Elevacion			Ubicacion	APANECA
Peso Martillo	140 lbs	Caida	30"	Fecha: 22/23 Y 25/09/06
			Cuadrilla	1-2-3

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N	consistencia o compacidad		
0.5	20	1		2	Muy Suelto	36.7	Limo plastico compresible organico color café oscuro
		1					
		1					
1.0	18	2		3	Muy Suelto	34.2	" "
		1					
		2					
1.5	22	2		3	Muy Suelto	64.4	" "
		2					
		1					
2.0	26	1		2	Muy Suelto	54.1	" "
		1					
		2					
2.5	25	1		2	Muy Suelto	79.6	" "
		1					
		1					
3.0	38	3		5	Suelto	93.4	Limo plastico compresible contaminado con organicos color café
		2					
		3					
3.5	50	6		7	Suelto	90.2	" "
		4					
		3					
4.0	50	4		6	Suelto	82.0	" "
		3					
		3					
4.5	50	5		6	Suelto	69.7	Limo inorganico de alta plasticidad color café
		3					
		3					
5.0	50	4		8	Suelto	74.2	" "
		3					
		5					
5.5	50	5		5	Suelto	55.8	" "
		2					
		3					
6.0	50	3		3	Muy Suelto	77.9	" "
		2					
		1					





S.A DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

FAX: 2226-76-52

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

Inspector:	I. F. F.	Proyecto:	Sondeo 5
Elevacion:		Ubicacion:	RELLENO SANITARIO
Peso Martillo:	140 lbs Caída 30"	Fecha:	22/23 Y 25/09/06
		Cuadrilla:	1-2-3

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion		% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N		
6.5	50	2		3	Muy Suelto	61.7
		1				
		2				
7.0	50	3		5	Suelto	54.0
		2				
		3				
7.5	50	3		9	Suelto	56.4
		4				
		5				
8.0	41	5		12	Semi-Suelto	57.8
		6				
		8				
8.5	45	6		11	Semi-Suelto	55.6
		5				
		8				
9.0	46	6		12	Semi-Suelto	57.9
		6				
		9				
9.5	49	8		16	Semi-Suelto	62.6
		8				
		9				
10.0	44	5		12	Semi-Suelto	68.8
		6				
		6				
10.5	35	6		6	Suelto	73.0
		3				
		3				
11.0	50	3		5	Suelto	63.2
		2				
		3				
11.5	50	4		6	Suelto	58.2
		3				
		3				
12.0	50	4		8	Suelto	58.9
		4				
		4				



S.A DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

FAX: 2226-76-52

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

Sondeo 6

Inspector: _____ I. F. F. Proyecto: **RELLENO SANITARIO**
 Elevacion: _____ Ubicacion: **APANECA**
 Peso Martillo: **140 lbs** Caída: **30"** Fecha: **22/23 Y 25/09/06**
 Cuadrilla: **1-2-3**

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion			% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N	consistencia o compacidad		
0.5	17	1		2	Muy Suelto	49.0	Limo plastico compresible organico color café oscuro
		1					
		1					
1.0	21	0		2	Muy Suelto	66.3	" "
		1					
		1					
1.5	25	2		3	Muy Suelto	52.4	" "
		1					
		2					
2.0	29	2		4	Muy Suelto	88.5	" "
		2					
		2					
2.5	39	3		3	Muy Suelto	78.6	Limo plastico compresible contaminado con organicos color café
		2					
		1					
3.0	45	3		6	Suelto	90.3	" "
		3					
		3					
3.5	42	2		3	Muy Suelto	83.2	" "
		2					
		1					
4.0	47	2		3	Muy Suelto	77.7	Limo inorganico de alta plasticidad color café
		1					
		2					
4.5	45	2		5	Suelto	58.9	" "
		3					
		4					
5.0	47	3		7	Suelto	62.9	" "
		4					
		5					
5.5	44	3		7	Suelto	61.3	Limo plastico compresible contaminado con organicos color café
		3					
		4					
6.0	41	3		3	Muy Suelto	69.3	" "
		2					
		1					



S.A DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

FAX: 2226-76-52

REGISTRO DE EXPLORACION SUB-SUPERFICIAL

Inspector

I. F. F.

Proyecto:

Sondeo 6

Elevacion:

RELLENO SANITARIO

Peso Martillo

140 lbs

Caída:

30"

Ubicacion:

APANECA

Fecha

22/23 Y 25/09/06

Cuadrilla

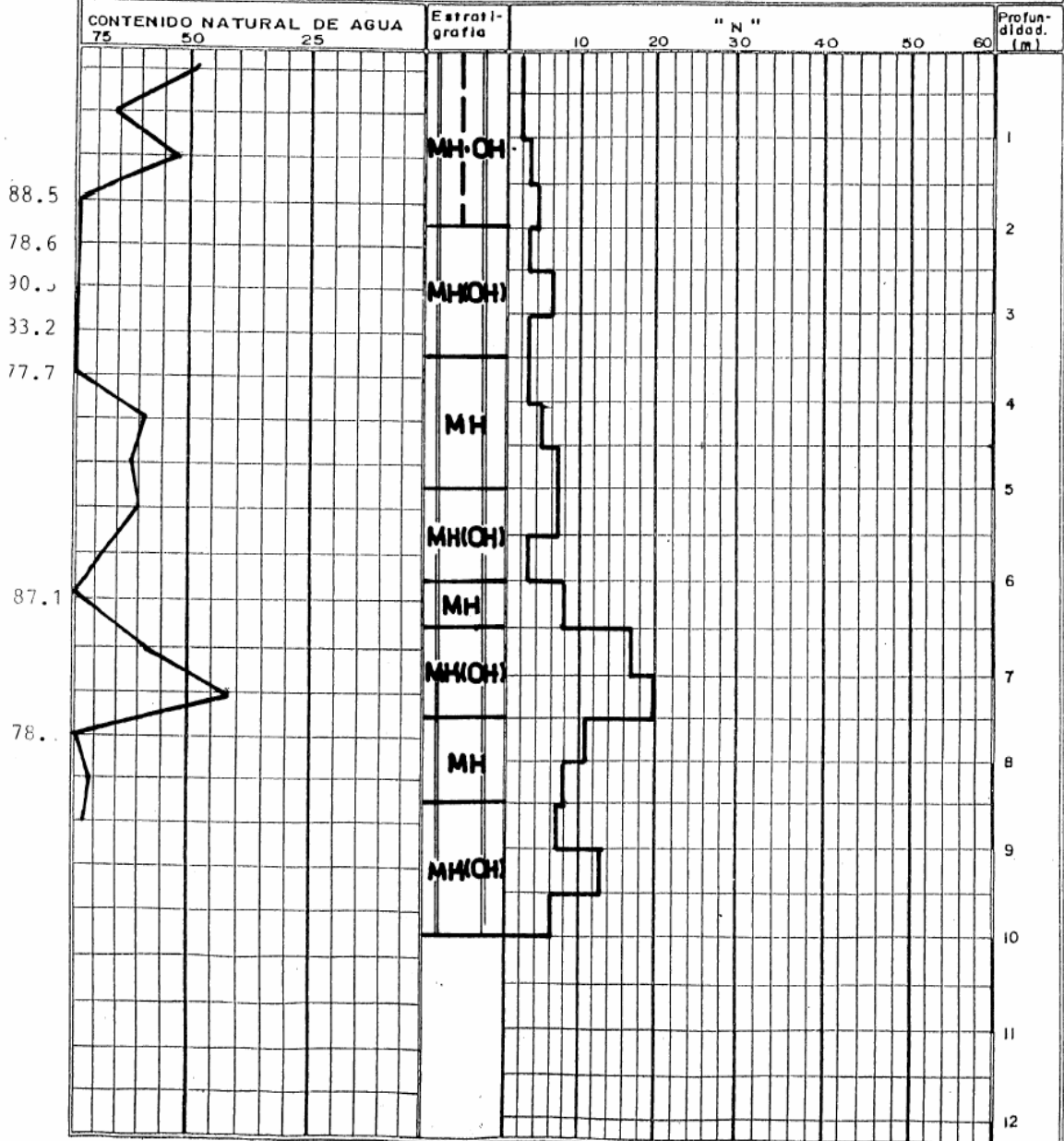
1-2-3

profundidad Mts	Recuperacion Cms	# de golpes	Penetracion		% de humedad	Clasificacion visual
			equivalencia	N		
6.5	49	8		8	Suelto	87.1
		4				
		4				
7.0	37	8		17	Semi-Suelto	58.9
		4				
		13				
7.5	46	6		20	Semi-Suelto	42.1
		8				
		12				
8.0	35	7		11	Semi-Suelto	31.7
		5				
		6				
8.5	38	7		8	Suelto	42.5
		4				
		4				
9.0	30	4		7	Suelto	79.4
		3				
		4				
9.5	42	7		13	Semi-Suelto	71.1
		5				
		8				
10.0	34	5		6	Suelto	73.0
		4				
		2				
10.5						
11.0						
11.5						
12.0						

F.S.A. de C.V.

CALCULO, DISEÑO, SUPERVISION, CONSULTORIA Y LABORATORIO
Pje las victorias No. 29 colonia layco, S.S. TEL.: 25 16 07

PROYECTO: Relleno Sanitario **LOCALIZACION:** Apaneca
INSPECTOR: I.F.F. **CUADRILLA:** 1-2-3 **No. de SONDEO:** 6.-
PESO de MARTILLO: 140 lbs. **ELEVACION:** **FECHA:** 23-9-06





E.S.A. DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

FAX: 2226-76-52

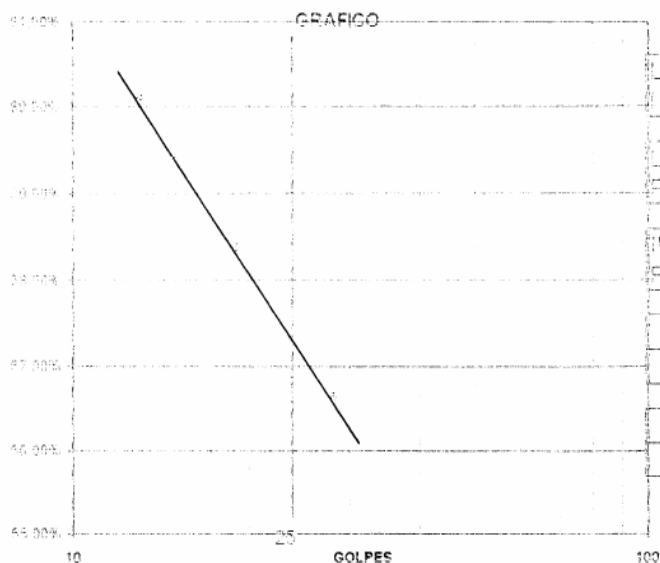
calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

PROYECTO : Botadero Apaneca	
UBICACION : Sondeo N° 1 de 2,5mts. a 4,00mts.	FECHA : Octubre / 2006
LABORATORISTA : Tec. Jorge Ivan Ponce Montoya	

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

Numero de golpes	13	19	20
Tara	1	2	3
Peso Tara	14.85	14.87	14.82
Muestra humeda + tara	27.45	26.78	26.85
Muestra seca + tara	22.72	22.39	22.50
% de humedad	60.1%	58.4%	56.6%



LIMITE LIQUIDO	56.3%
LIMITE PLASTICO	49.3%
INDICE PLASTICO	7.0%
CLASIFICACION	MH
% que pasa malla No 200	85.4%

DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO

Tara	4	5	6
Peso tara	14.78	14.93	14.91
Muestra humeda + tara	28.38	28.48	28.72
Muestra seca + tara	23.93	23.97	24.16
% de humedad	48.6%	49.9%	49.3%



S.A DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

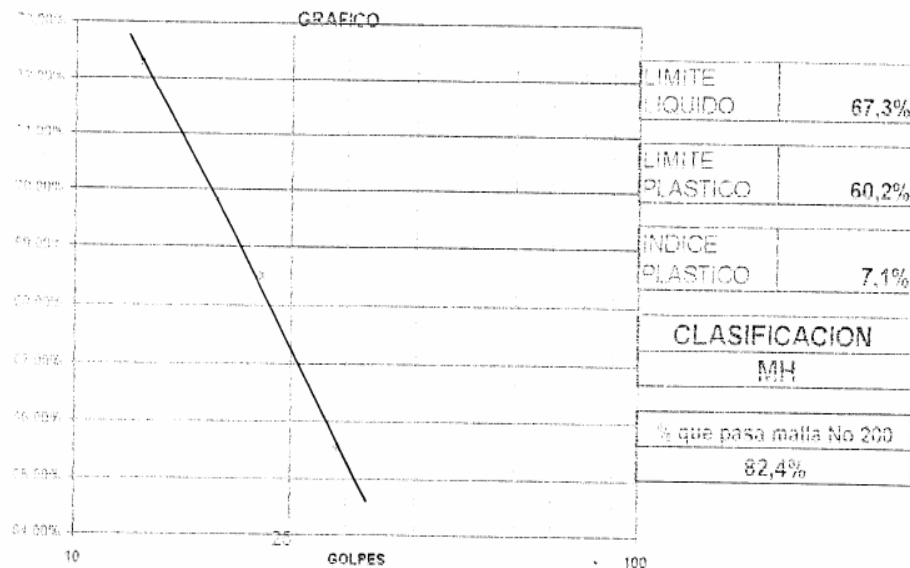
FAX: 2226-76-52

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

PROYECTO :	Botadero Apaneca		
UBICACION :	Sondeo N° 2 de 6,5Mts a 8,5Mts.	FECHA :	Octubre / 2006
LABORATORISTA :	Tec. Jorge Ivan Ponce Montoya		

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

Numero de golpes		10	21	29	
Tara		7	8	9	
Peso Tara		14,95	14,99	14,83	
Muestra humeda + tara		26,96	25,42	26,32	
Muestra seca + tara		21,92	21,18	21,77	
% de humedad		72,3%	68,5%	65,6%	



DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO

Tara		10	11	12	
Peso tara		14,96	14,95	15,25	
Muestra humeda + tara		29,22	29,47	29,76	
Muestra seca + tara		23,85	23,99	24,34	
% de humedad		60,4%	60,6%	59,6%	



S.A DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

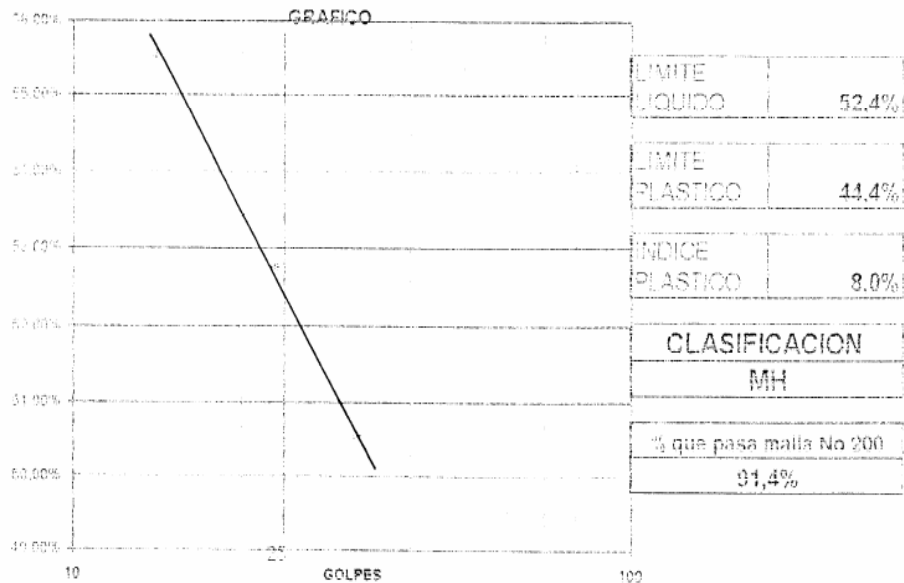
FAX: 2226-76-52

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

PROYECTO :	Botadero Apaneca		
UBICACION :	Sondeo N° 3 de 7,00Mts a 9,00Mts.	FECHA :	Octubre / 2006
LABORATORISTA :	Tec. Jorge Ivan Ponce Montoya		

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

Numero de golpes	14	23	32
Tara	13	14	15
Peso Tara	14,89	14,90	15,31
Muestra humeda + tara	26,40	25,96	27,70
Muestra seca + tara	22,29	22,14	23,54
% de humedad	55,5%	52,8%	50,6%



DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO

Tara	16	17	18
Peso tara	15,22	14,96	15,19
Muestra humeda + tara	28,90	28,73	28,31
Muestra seca + tara	24,68	24,50	24,29
% de humedad	44,6%	44,3%	44,2%



S.A DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

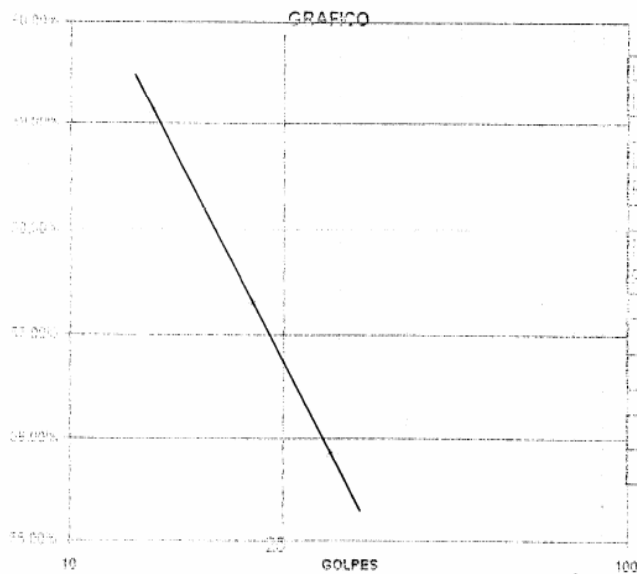
FAX: 2226-76-52

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

PROYECTO :	Botadero Apaneca		
UBICACION :	Sondeo N° 4 de 2,50Mts. a 5,50Mts.	FECHA :	Octubre / 2006
LABORATORISTA :	Tec. Jorge Ivan Ponce Montoya		

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

Numero de golpes	14	21	29
Tara	19	20	21
Peso Tara	14,98	14,93	14,89
Muestra humeda + tara	26,42	25,80	26,09
Muestra seca + tara	22,17	21,64	23,36
% de humedad	59,1%	57,3%	55,8%



LIMITE LIQUIDO	56,8%
LIMITE PLASTICO	47,0%
INDICE PLASTICO	9,8%
CLASIFICACION	MH
% que pasa malla No 200	87,1%

DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO

Tara	22	23	24
Peso tara	14,90	15,30	14,97
Muestra humeda + tara	29,28	29,57	29,45
Muestra seca + tara	24,71	24,99	24,82
% de humedad	46,6%	47,3%	47,0%



S.A DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

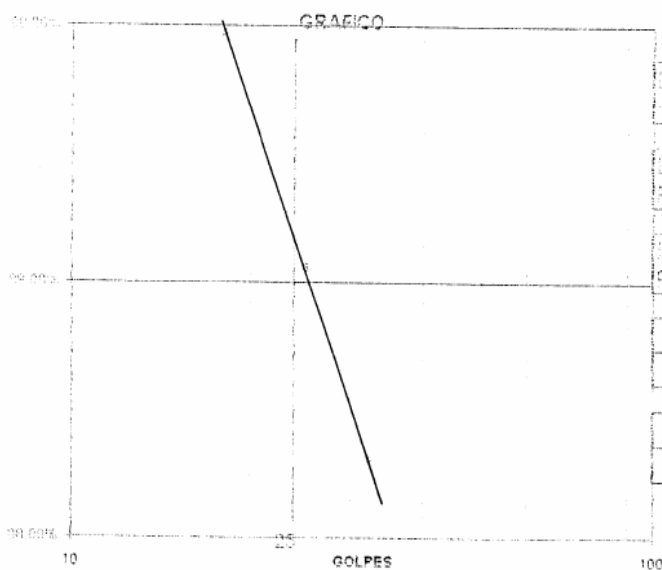
FAX: 2226-76-52

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

PROYECTO :	Botadero Apaneca		
UBICACION :	Sondeo N° 5 de 7,50Mts. a 10,00Mts.	FECHA :	Octubre / 2006
LABORATORISTA :	Tec. Jorge Ivan Ponce Montoya		

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

Numero de golpes	15	25	32
Tara	25	26	27
Peso Tara	15,19	15,15	14,92
Muestra humeda + tara	26,17	27,06	25,07
Muestra seca + tara	20,97	21,46	20,31
% de humedad	89,0%	89,1%	88,3%



LIMITE LIQUIDO	89,2%
----------------	-------

LIMITE PLASTICO	67,8%
-----------------	-------

INDICE PLASTICO	21,4%
-----------------	-------

CLASIFICACION	MH
---------------	----

% que pasa malla No 200	86,9%
-------------------------	-------

DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO

Tara	28	29	30
Peso tara	13,08	15,02	14,95
Muestra humeda + tara	28,10	28,45	28,15
Muestra seca + tara	22,81	23,04	22,82
% de humedad	68,2%	67,5%	67,7%



F.C.S.A. DE C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DISEÑO / SUPERVISION / CONSULTORIA /

calle las victorias N° 29, colonia layco / san salvador * el salvador

TEL.: 2225-16-07

2225-82-35

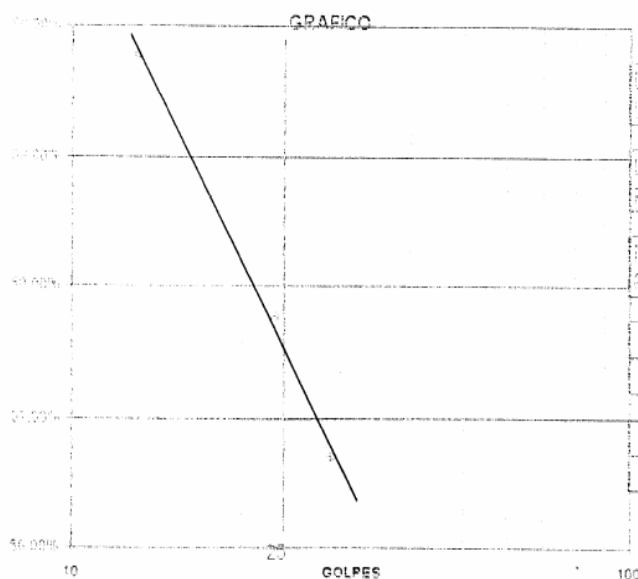
FAX: 2226-76-52

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

PROYECTO :	Botadero Apaneca		
UBICACION :	Sondeo N° 6 de 3,00Mts a 5,00Mts.	FECHA :	Octubre / 2006
LABORATORISTA :	Tec. Jorge Ivan Ponce Montoya		

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

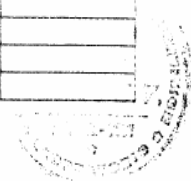
Numero de golpes	13	23	29
Tara	31	32	33
Peso Tara	15,03	15,25	14,91
Muestra humeda + tara	26,63	25,60	24,94
Muestra seca + tara	22,29	21,61	21,31
% de humedad	59,8%	57,8%	56,7%



LIMITE LIQUIDO	57,6%
LIMITE PLASTICO	51,0%
INDICE PLASTICO	6,6%
CLASIFICACION	
MH	
% que pasa malla No 200	
85,4%	

DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO

Tara	34	35	36
Peso tara	14,89	15,03	14,99
Muestra humeda + tara	28,41	28,57	28,53
Muestra seca + tara	23,83	23,98	24,00
% de humedad	51,2%	51,6%	50,3%



ANEXO 10. PROCEDIMIENTO DE CAMPO PARA LA PREPARACIÓN DE POZOS A CIELO ABIERTO, EN LA PRUEBA DE PERMEABILIDAD.



ANEXO 10a. Nivelación de superficie mientras se realiza la excavación de pozo a cielo abierto.



ANEXO 10b. Vista de pozo terminado de 30 x 30 x 40 cms con capa de arena gruesa en el fondo y perdiga de medición.



ANEXO 10c. Colocación de agua hasta la medida establecida como referencia.



ANEXO 10d. Registro de la variación de altura a intervalos de 30 minutos para la obtención de la tasa de infiltración.

ANEXO 11. FORMATO DE CAMPO PARA DIAGNOSTICO AMBIENTAL**DESCRIPCION DE FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS
DIRECTAMENTE POR ACCIONES**

LUGAR DE ESTUDIO: Botadero a cielo abierto del Municipio de Apaneca

FECHA DE EVALUACION: DEPARTAMENTO: Ahuachapan

REALIZAN: Vinicio Enrique Argueta Menéndez
Norman Alberto Peña Martínez
José Evelio Toledo Molina

COLABORACION: PAGINA 1/3

CONDICIONES DEL MEDIO AMBIENTE SUSCEPTIBLES DE ALTERARSE**AREA FISICO - QUIMICA**

FACTOR	ELEMENTOS AFECTADOS	DESCRIPCION DE LOS EFECTOS
Suelo	Uso potencial del suelo	
	Calida del suelo	
	Estabilidad	
	Erosión	
	Geomorfología	
	Sismicidad	
	Otro	
Agua superficial	Drenaje	
	Variación de flujo	
	Calidad del agua	
	Otro	
Atmósfera	Calidad del aire	
	Otro	
Procesos	Sedimentación	
	Precipitación	
	Compactación y Asentamientos	
	Métodos de tratamiento	
	Otros	

CONDICIONES DEL MEDIO AMBIENTE SUSCEPTIBLES DE ALTERARSE**AREA ECOLOGICA**

FACTOR	ELEMENTOS AFECTADOS	DESCRIPCION DE LOS EFECTOS
Flora	Vegetación	
	Otro	
Fauna	Aves	
	Animales terrestres	
	Insectos	
	Otros	

AREA CULTURAL

FACTOR	ELEMENTOS AFECTADOS	DESCRIPCION DE LOS EFECTOS
Usos del territorio	Agricultura	
	Zonas residenciales	
	Zonas comerciales e industriales	
	Otros	
Estéticos	Vistas panorámicas (paisajes)	
	Ecosistemas	
	Olor	
	Relieve topográfico	
	Otro	
Cultural	Estilos de vida	
	Salud y seguridad	
	Empleo	
	Densidad poblacional	
	Otros	

CONDICIONES DEL MEDIO AMBIENTE SUSCEPTIBLES DE ALTERARSE

AREA SOCIO - ECONOMICA

FACTOR	ELEMENTOS AFECTADOS	DESCRIPCION DE LOS EFECTOS
General	Empleo y mano de obra	
	Salud pública	
	Educación	
	Economía regional	
	Tenencia de la tierra	
	Áreas de interés científico	
	Otros	

FUENTE: GRUPO DE TESIS

ANEXO 12
PLANO GENERAL DEL DISEÑO DEL
RELLENO SANITARIO MANUAL DEL
MUNICIPIO DE APANECA

