

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y RECURSOS HIDRAULICOS
A NIVEL DE POST-GRADO



**"MANEJO INTEGRAL DE LOS DESECHOS
SOLIDOS EN SAN LUCAS
SACATEPEQUEZ"**

ESTUDIO ESPECIAL

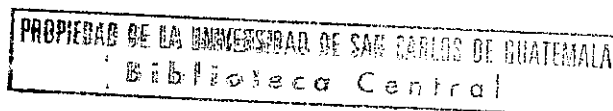
*PRESENTADO A LA ESCUELA REGIONAL
DE INGENIERIA SANITARIA Y RECURSOS HIDRAULICOS (ERIS)*

**POR LOS INGENIEROS:
VICELDA MARIA DOMINGUEZ DE FRANCO
NORIEL ALFREDO FRANCO CRUZ**

COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR POR EL GRADO ACADEMICO DE:

**MAESTRO (MAGISTER SCIENTIFICAE)
EN INGENIERIA SANITARIA**

NOVIEMBRE DE 1996.



08
+ (4035)

INDICE

TEMAS	PAGINAS
DEDICATORIAS	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	2
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. JUSTIFICACION	4
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
1.5. HIPOTESIS	5
2. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	6
2.1. UBICACION GEOGRAFICA	7
2.2. RESEÑA HISTORICA	7
2.3. ACCIDENTES OROGRAFICOS	7
2.4. ACCIDENTES HIDROGRAFICOS	8
2.5. SITIO ARQUEOLOGICO	8
2.6. CLIMA Y VEGETACION	8
2.7. INDUSTRIAS PREDOMINANTES EN EL AREA DE ESTUDIO	8
3. MARCO CONCEPTUAL	10
3.1. DESECHO SOLIDO	11
3.2. EFECTOS DE LOS DESECHOS SOLIDOS EN LA SALUD	11
3.3. EFECTOS DE LOS DESECHOS SOLIDOS EN EL MEDIO AMBIENTE	12
3.3.1. CONTAMINACION DEL AGUA	12
3.3.2. CONTAMINACION DEL SUELO	12
3.3.3. CONTAMINACION DEL AIRE	13
3.4. SISTEMAS DE TRATAMIENTO	13
3.4.1. INCINERACION	13
3.4.2. COMPOSTIFICACION	13
3.4.3. RECUPERACION	14
3.4.3.1. REUTILIZACION	14
3.4.3.2. RECICLAJE	14
3.4.3.3. USO CONSTRUCTIVO Y TRANSFORMACION	14
3.5. DISPOSICION FINAL	15
3.5.1. DEFINICION DE RELLENO SANITARIO	15
3.5.2. METODOS DE RELLENO SANITARIO	16
3.5.2.1. METODO DE TRINCHERA O ZANJA	16
3.5.2.2. METODO DE AREA	16
3.5.2.3. METODO COMBINADO	17
3.5.3. RELLENO SANITARIO MANUAL	17
4. METODOLOGIA DEL ESTUDIO	19
4.1. DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO	20
4.2. TECNICAS DEL MUESTREO	20

4.2.1.	DETERMINACION DE LA POBLACION MUESTRAL	20
4.2.2.	PERIODO DEL MUESTREO	21
4.3.	ANALISIS FISICO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS	22
4.3.1.	PRODUCCION PER CAPITA DE BASURA	22
4.3.1.1.	PROCEDIMIENTO	22
4.3.2.	PRUEBA DE DENSIDAD	22
4.3.2.1.	PROCEDIMIENTO	22
4.3.3.	PRUEBA DE COMPOSICION FISICA	23
4.3.3.1.	METODO DEL CUARTEO	23
4.3.3.2.	PROCEDIMIENTO	23
5.	RESULTADOS DEL MUESTREO	26
5.1.	DESECHOS SOLIDOS DOMICILIARES	27
5.1.1.	PRODUCCION PERCAPITA PER DIA DE BASURA	27
5.1.2.	DENSIDAD DE BASURA SUELTA	27
5.1.3.	COMPONENTES FISICOS	27
5.1.4.	ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS	28
5.1.4.1.	EVALUACION DE HUMEDAD, PERDIDA POR CALCINACION Y pH	28
5.1.4.2.	EVALUACION DE CARBONO, NITROGENO, RELACION CARBONO NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, CALCIO, MAGNESIO, COBRE, ZINC, HIERRO, MANGANESO	28
5.1.4.3.	PODER CALORICO	29
5.2.	DESECHOS SOLIDOS INDUSTRIALES	29
5.2.1.	MAQUILADORA	29
5.2.1.1.	DENSIDAD DE BASURA SUELTA	29
5.2.1.2.	COMPOSICION FISICA	29
5.2.2.	PROCESADORA DE VERDURA	29
5.2.2.1.	DENSIDAD DE LA BASURA SUELTA	30
5.2.2.2.	PESO GENERADO POR SEMANA	30
5.2.2.3.	ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS	30
5.2.2.3.1.	EVALUACION DE HUMEDAD, PERDIDA POR CALCINACION Y pH	30
5.2.2.3.2.	EVALUACION DE CARBONO, NITROGENO, RELACION CARBONO NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, CALCIO, MAGNESIO, COBRE, ZINC, HIERRO, MANGANESO	30
5.2.2.3.3.	PODER CALORICO	31
6.	RESULTADO DE ENCUESTA SOCIOECONOMICA	32
7.	ANALISIS DE ALTERNATIVAS	35
7.1.	ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS	36
7.2.	SELECCION DEL SITIO PARA AMBAS OPCIONES	36
8.	DISEÑO	42
8.1.	ALTERNATIVA 1	43
8.1.1.	LOCALIZACION Y LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	43

8.1.2.	CARACTERIZACION DEL SUELO	43
8.1.3.	PREPARACION DEL SITIO SELECCIONADO	44
8.1.3.1.	INFRAESTRUCTURA PERIFERICA	44
8.1.3.2.	INFRAESTRUCTURA DEL RELLENO	45
8.1.4.	CALCULO DE LA VIDA UTIL	47
8.1.5.	OPERACION	52
8.2.	ALTERNATIVA 2	53
8.2.1.	CALCULO DE LA VIDA UTIL DEL VERTEDERO CONTROLADO	53
8.2.2.	COMPOSTAJE	55
8.2.2.1.	DESCRIPCION GENERAL DE LA PLANTA	55
8.2.2.2.	DESCRIPCION DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA	56
8.2.2.3.	DESCRIPCION DEL PROCESO	56
9.	COSTOS	60
9.1.	ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA 1	61
9.1.1.	COSTOS DE INVERSION	61
9.1.2.	COSTOS DE OPERACION	62
9.1.3.	OTROS COSTOS DE INVERSION	64
9.1.4.	COSTO DE CLAUSURA	64
9.1.5.	COSTOS TOTALES DE INVERSION Y OPERACION, ALTERNATIVA 1	65
9.1.6.	CALCULO DE LA ANUALIDAD Y TARIFA DE LA ALTERNATIVA 1	65
9.2.	ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA 2	66
9.2.1.	COSTOS DE INVERSION DE LA PLANTA DE COMPOSTE	66
9.2.2.	COSTO DE OPERACION DE LA PLANTA DE COMPOSTE	67
9.2.3.	COSTO DE INVERSION DEL VERTEDERO CONTROLADO	68
9.2.4.	COSTOS DE OPERACION DEL VERTEDERO CONTROLADO	69
9.2.5.	COSTOS TOTALES DE INVERSION Y OPERACION, ALTERNATIVA 2	70
9.2.6.	CALCULO DE ANUALIDAD Y TARIFA DE LA ALTERNATIVA 2	71
10.	CONCLUSIONES	73
11.	RECOMENDACIONES	75
12.	GLOSARIO	76
13.	BIBLIOGRAFIA	79
14.	ANEXOS	81

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1	CLASIFICACION DE CLIMA Y VEGETACION	8
TABLA 2.2	INDUSTRIAS PREDOMINANTES EN EL AREA DE ESTUDIO Y SUS SISTEMAS DE DISPOSICION O TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS	9
TABLA 5.1	COMPONENTES FISICOS (DESECHOS SOLIDOS DOMICILIARES)	27
TABLA 5.2	RESULTADO DE LOS ANALISIS FISICOS (DESECHOS SOLIDOS DOMICILIARES)	28
TABLA 5.3	RESULTADO DE LOS ANALISIS QUIMICOS (DESECHOS SOLIDOS DOMICILIARES)	28
TABLA 5.4	COMPONENTES FISICOS (DESECHO SOLIDO INDUSTRIAL)	29
TABLA 5.5	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FISICAS (DESECHOS SOLIDO INDUSTRIAL)	30
TABLA 5.6	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS QUIMICAS (DESECHO SOLIDO INDUSTRIAL)	30
TABLA 7.1	CARACTERISTICAS DE LOS BOSQUES DE SAN LUCAS	38
TABLA 7.2	CARACTERISTICAS DE LAS PIEDRAS	39
TABLA 7.3	CARACTERISTICAS DE EL ASTILLERO	40
TABLA 8.1	POBLACION DE SAN LUCAS SACATEPEQUEZ DE 1991 A 1995	48
TABLA 8.2	PROYECCION DE: LA POBLACION, BASURA TOTAL, BASURA ORGANICA, BASURA INORGANICA	49
TABLA 8.3	VOLUMENES DE DESECHOS SOLIDOS TOTALES	51
TABLA 8.4	VOLUMENES DE RESIDUOS INORGANICOS	54
TABLA 8.5	PRODUCCION DE MATERIAL DE COMPOSTE	58
TABLA 9.1	COSTOS DE INVERSION, ALTERNATIVA 1	61
TABLA 9.2	COSTOS DE OPERACION, ALTERNATIVA 1	62
TABLA 9.3	OTROS COSTOS DE INVERSION, ALTERNATIVA 1	64
TABLA 9.4	COSTO DE CLAUSURA, ALTERNATIVA 1	64
TABLA 9.5	COSTOS DE INVERSION, ALTERNATIVA 2	66
TABLA 9.6	COSTOS DE OPERACION DE LA PLANTA DE COMPOSTE, ALTERNATIVA 2	67
TABLA 9.7	COSTOS DE INVERSION DE VERTEDERO CONTROLADO, ALTERNATIVA 2	68
TABLA 9.8	COSTOS DE OPERACION DEL VERTEDERO CONTROLADO, ALTERNATIVA 2	69

INDICE DE FIGURA

FIGURA 1	SISTEMA DE CUARTEO PARA LA CARACTERIZACION DE LOS DESECHOS SOLIDOS	25
----------	--	----

INDICE DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA 1	LOS BOSQUES DE SAN LUCAS	38
FOTOGRAFIA 2	LAS PIEDRAS	39
FOTOGRAFIA 3	EL ASTILLERO	41

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1

- PROGRAMA BASIC	81
- CIRCULAR DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPEQUEZ	82
- CIRCULAR DEL CENTRO DE SALUD DE SANTIAGO SACATEPEQUEZ	83
- BOLETA DE ENCUESTA	84

ANEXO 2 (FOTOGRAFIAS)

- VERTEDEROS CLANDESTINOS	85
- CAPACITACION PARA LOS ENCARGADOS DE REALIZAR LAS ENCUESTAS Y MANEJOS DE DESECHOS SOLIDOS	85
- INFORMACION A LOS HABITANTES DEL ESTUDIO	86
- CLASIFICACION DE DESECHOS, PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE COMPOSICION	86
- TRITURACION Y SECADO DE DESECHOS SOLIDOS DOMICILIARES E INDUSTRIALES, PARA ANALISIS	87

ANEXO 3 (RESULTADO DE ANALISIS)

- FISICO	88
- QUIMICO	89
- DE SUELOS	91

ANEXO 4 (PLANOS)

PLANO 1 UBICACION DEL PROYECTO	93
PLANO 2 PLANO TOPOGRAFICO	94
PLANO 3 UBICACION DE PLANTA DE COMPOSTAJE E INFRAESTRUCTURA INTERNA DEL PROYECTO	95
PLANO 4 DISTRIBUCION DE CELDAS Y CHIMENEAS	96
PLANO 5 DETALLE DE DRENAJE DE: LIXIVIADOS, GASES Y PLUVIAL	97
PLANO 6 PLANTA DE COMPOSTAJE	98
PLANO 7 PERFIL DEL TERRENO AL INICIO Y AL FINAL	99
PLANO 8 DIAGRAMA DE PROCESO DE PLANTA DE COMPOSTAJE	101
PLANO 9 DETALLE DE AREA DE SEPARACION DE DESECHO (MESA)	102
PLANO 10 PERFIL DE PLANTA (BATERIAS Y ENFRIAMIENTO DE COMPOSTAJE	103

DEDICATORIAS

A: Mi Querida Madre:

Griselda Mable Lecky D.

Mi Respetado Tío:

Archibold Lecky D.

Mi Amado Esposo:

Noriel Alfredo Franco C.

Toda mi familia.

Vicelda María Domínguez de Franco.

A: Mis Tres Tesoros:

KC Gisselle Franco Z.

Iriahell Tatiana Franco Z.

Noriel Alfredo Franco Z.

Mis Padres:

Agripina Cruz M.

Alfredo Franco A.

Mi Hermana:

Vielka Franco de Muñoz

Mi Amada Esposa:

Vicelda María Domínguez de Franco

Toda mi familia.

Noriel Alfredo Franco Cruz.

AGRADECIMIENTOS

Al Rey de reyes, Jehová:

*Por habernos permitido alcanzar, un
peldaño más de nuestras vidas.
Gracias, Señor.*

**Al Servicio Alemán de
Intercambio Académico
(DAAD):**

*Por habernos brindado la oportunidad de
realizar nuestros estudios de Maestría
en Ingeniería Sanitaria.*

A nuestro Asesor:

Dr. Ing. Adán Ernesto Pocasangre C.

**Al Ing. Msc. Pedro Saravia,
por todos sus valiosos
consejos.**

**Al señor Alcalde de
la Municipalidad de
San Lucas, Sacatepéquez:**

Don Marcos Cabrera

**A los promotores del
puesto de salud de
San Lucas Sacatepéquez:**

*Sr. Adán Miranda
Sra. Aura Marina Cáceres de Vega
Sra. Elba Agreda.*

**Al laboratorio de suelos
del centro de
investigaciones de la
U.S.A.C., especialmente a:**

*Ing. Hugo Rolando Bósquez
Sr. Manuel Hernández
Sr. Rómulo Francisco Marroquín*

**Al Sr. Moisés Doubon,
por toda su colaboración.**

**A todos nuestros
compañeros guatemaltecos,
especialmente a:**

*Ing. Alvaro Solano Ponciano
Ing. Rafael Morales Ochoa
Ing. Rubén Pérez Oliva
Ing. Vinicio Jadenón Cabrera.*

RESUMEN

El estudio trata sobre el manejo integrado de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez, estableciendo por medio de muestreos las características socioeconómicas de la población, densidad poblacional por vivienda, ingreso por familia, voluntad de pago, aceptación a los diferentes servicios de recolección de desechos sólidos y otros; también se realizó la caracterización de los desechos sólidos. Por otra parte se analizaron las diferentes alternativas de tratamiento y disposición de desechos sólidos, selección del sitio de disposición final y análisis de costos preliminares.

Dentro de las diferentes alternativas se seleccionaron:

1. Relleno Sanitario manual y 2. Planta de compostaje con vertedero controlado.

CAPITULO 1
INTRODUCCION

1. INTRODUCCION.

La gestión de los desechos sólidos, debe estar encaminada sobre la base del desarrollo sostenible, en términos técnicos, ambientales y socioeconómico. La gestión integral de los desechos sólidos es el enfoque más adecuado para ello, permitiendo la interacción de diferentes métodos de tratamiento que permitan la valorización de los desechos y/o su adecuada disposición final. Mediante el presente estudio de la situación en cuanto a los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez, pretendemos lograr un enfoque integrado que implique una gama de opciones de gestión capaz de abordar las diferentes operaciones que existen en los desechos sólidos. El núcleo de la gestión de los desechos sólidos, es el efectivo sistema de recolección y clasificación, que permita entregar el desecho en fracciones apropiadas para el subsiguiente tratamiento por medio de métodos apropiados al lugar.

El estudio consiste de los siguientes capítulos: Aspectos introductorios, descripción del área de estudio, marco conceptual, metodología de estudio, resultados de muestreos, resultados de la encuesta socioeconómica, análisis de alternativas, diseño y costos.

De acuerdo al análisis de las alternativas que resultaron del estudio, se seleccionaron las mejores dos opciones: 1. Relleno Sanitario; y 2. Planta de compostaje y vertedero controlado; estas alternativas ofrecen las mejores ventajas desde el punto de vista técnico, ambiental y socioeconómico a la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

1.1. ANTECEDENTES.

Entre las acciones realizadas para mejorar la situación de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez, se elaboró en 1988 un informe diagnóstico de saneamiento básico por parte del Gobierno Español y la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, en el cual entre sus conclusiones concibe como prioridad para mejorar la calidad de vida de la población, resolver el problema

de los desechos sólidos.

Otro de los esfuerzos realizados para mejorar esta situación, se encuentra en el Estudio Especial: "Estudio de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez y su aplicación al diseño de un relleno sanitario manual", presentado por la Ing. Anabella Morán Erazo, en 1992. Este estudio tiene como propósito determinar la cantidad de basura producida por la población de San Lucas Sacatepéquez y sus cinco aldeas, conocer los lugares de disposición final, el tratamiento que reciben y sugerir los cambios que se estimen necesarios para mejorar la disposición de los desechos sólidos en el lugar.

1.2. JUSTIFICACION.

El Municipio de San Lucas Sacatepéquez, con una población aproximada de 11 936 habitantes, de los cuales 8 097 residen en la cabecera municipal. La cobertura de recolección de la basura por el servicio municipal es del 12.35 % de la población, lo que indica que solo 1 000 habitantes de la cabecera reciben el servicio municipal y que solo el 8.37 % de la población total del municipio cuenta con este servicio. La frecuencia de recolección es de dos veces a la semana, siendo el resto de la población servidas por sistemas privados y otros utilizando sus propios medios para la disposición de sus desechos sólidos.

Por otra parte, en cuanto al sitio de disposición final, no existe un área puntual de disposición y tratamiento, por esta razón, han proliferado vertederos clandestinos (ANEXO 2), en nacimiento de cuencas, áreas privadas, márgenes de vías públicas y otros. (La información de población y servicio municipal del basura, fue proporcionado por el puesto de salud y La Municipalidad en abril de 1996).

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

¿Por qué no se ha podido desarrollar, el manejo integrado de los desechos sólidos, para la población de San Lucas Sacatepéquez?

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL.

Proporcionar al Municipio de San Lucas Sacatepéquez, alternativas para el manejo integral de los desechos sólidos.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Para la cabecera municipal de San Lucas Sacatepéquez:

- a. Determinar la caracterización de los residuos sólidos.
- b. Determinar la tasa de generación de residuos sólidos.
- c. Determinar de acuerdo a la caracterización de los residuos sólidos y tasas de generación, cual es la mejor alternativa para el manejo eficaz de los residuos sólidos.

1.5. HIPOTESIS.

Se debe hacer una caracterización de residuos sólidos y el estudio socio-económico de la población, para que la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez lleve un manejo integral de los residuos sólidos.

CAPITULO 2

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

2. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

2.1. UBICACION GEOGRAFICA.

San Lucas Sacatepéquez, municipio del departamento de Sacatepéquez; con una extensión territorial aproximada de 5 km². Con límites al norte con San Bartolomé Milpas Altas (Sacatepéquez); al este con Mixco (Guatemala); al sur con Santa Lucía Milpas Altas (Sacatepéquez); al oeste con San Bartolomé Milpas Altas y Antigua Guatemala (Sacatepéquez).

De acuerdo a la Dirección General de caminos en el parque de la cabecera se encuentra a 2 062.85 metros SNM. En latitud 14° 39' 24" y longitud 90° 36' 36".

Cuenta con vías de acceso que la comunican con la ciudad de Guatemala a unos 30 km y a 14 km de la ciudad de Antigua Guatemala sobre la carretera Interamericana.

2.2. RESEÑA HISTORICA.

Es uno de los poblados más antiguos del departamento de Sacatepéquez existiendo ya, cuando llegaron los españoles, quienes entre los años 1546 y 1548 lo trasladaron del sitio poco adecuado en el que estaba al actual.

En el cerro La Bandera, se libró el 29 de junio de 1871 la jornada de San Lucas, colocando Justo Rufino Barrios y Miguel García Granados la bandera de la Revolución, después de derrotar a las tropas del mariscal Vicente Cerna, franquiándose así el paso hacia la capital, donde hicieron su ingreso al día siguiente.

Según el Censo General de Población de 1950 el municipio contaba con un total de 2 229 hab. (1 298 ladinos y 931 indígenas), correspondiendo a la cabecera 1 034 y 1 195 al resto del área rural.

2.3. ACCIDENTES OROGRAFICOS.

Entre los accidentes orográficos están los cerros: Loma Larga Chinic, Chilayó, Bella Vista, Buena Vista, Faldas de San Antonio, Santa Catarina, Alux (límite con Mixco).

Loma de Manzanillo, Chinaj, Alonzo, La Bandera. Y las montañas Chimot, y El Ahorcado.

2.4. ACCIDENTES HIDROGRAFICOS.

Entre los accidentes hidrográficos están los ríos: Las Vigas, Ciénaga, Chicorín, Chiteco, Choacorral. Los riachuelos Chipablo, Chilayón, Chiquel, El Astillero, El Perol, San José, La Esperanza, La Ruca, La Ciénaga.

2.5. SITIO ARQUEOLOGICO.

El único sitio arqueológico es el Alux.

2.6. CLIMA Y VEGETACION.

De acuerdo al sistemas de jerarquía THORNTHWAITE (Tabla 2.1), se puede clasificar la vegetación y clima de la siguiente forma:

**TABLA 2.1
CLASIFICACION DE CLIMA Y VEGETACION.**

CARACTERISTICA	CLIMA Y VEGETACION
Humedad (B)	Clima humedad con vegetación natural de bosque
Precipitación (r)	Clima con estación seca bien definida
Temperatura (c)	Clima frío
Variaciones climáticas (b')	Invierno benigno

Fuente: INSIVUMEH.

Los rangos de temperatura suelen oscilar entre 8° y 22° C.

2.7. INDUSTRIAS PREDOMINANTES EN EL AREA DE ESTUDIO.

En el área de San Lucas Sacatepéquez, se encuentra una gama de industrias, que van desde pequeñas de carácter familiar, maquiladora y otros, hasta industrias de productos agroquímica, que en su gran mayoría contribuyen con sus desechos a reducir la vida útil del sitio de disposición final de La Municipalidad, como se muestra en la Tabla 2.2.

TABLA 2.2.

INDUSTRIAS PREDOMINANTES EN EL AREA DE ESTUDIO Y SUS SISTEMAS DE DISPOSICION O TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS.

NOMBRE	PRODUCCION	SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE DESECHOS SOLIDOS
Agrocentro, S.A	Formulación de Plaguicidas.	Vertedero Municipal
Aerogases	Formulación y envasado de desodorantes	Vertedero Municipal
Artes y Servicios Santiago	Impresora	Incinerador
Crow Cork de Guatemala	Corchos	Vertedero Municipal
Excelente, S.A.	Cereales	Incinerador
Farmacaps	Droguería	Incinerador
La Cereza Deportiva	Maquiladora	Vertedero Municipal
La Meseta	Empaque de Verduras	Vertedero Municipal
Verdufrex, S.A.	Empaque de Verduras de exportación	Vertedero Municipal
Cashitas	Almendras	Vertedero Municipal
Aserradero Marselli	Madera	Sus desechos son reutilizados
Aserradero Tierra Fría	Madera	Sus desechos son reutilizados
Lindotex, S.A.	Textiles	Vertedero Municipal
Maiza	Maicena	Vertedero Municipal
Textiles Río Blanco	Textiles	Vertedero Municipal
Hilcosa, S.A.	Helados	Vertedero Municipal
Alux	Hongos	Vertedero Municipal
Quesos La Italia	Productos Lácteos	Reciclaje
Inversiones Ordoñez	Empaque de verduras para exportación.	Vertedero Municipal
ILCOBA	Balanzas	Vertedero Municipal
Imprenta Santiago	Imprenta	Vertedero Municipal

Fuente: Centro de Salud de Santiago Sacatepéquez, 1996.

CAPITULO 3

MARCO CONCEPTUAL

3. MARCO CONCEPTUAL.

3.1. DESECHO SOLIDO:

"Comprende todos los residuos que provienen de actividades animales, humanas, que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles y superfluos", según George Tchobanoglous, catedrático de la Universidad de California Davis Estados Unidos de América.

3.2. EFECTOS DE LOS DESECHOS SOLIDOS EN LA SALUD:

La importancia de los desechos sólidos como mecanismo de transmisión de enfermedades no está bien determinado. Empero, se le atribuye la incidencia de la transmisión de algunas enfermedades, al lado de otros factores principales por vías directas. Estos riesgos van asociados a efectos directos a la salud, y a efectos indirectos para la misma.

Efectos directos: Estos se refieren al contacto ocasional directo con la basura, que algunas veces contiene excremento humanos, de animales y restos de otros agentes que pueden ser fuente de transmisión de enfermedades de los cuales los recolectores y personas encargadas del servicio de recolección, son los mayormente afectados.

Efectos indirectos: Estos están vinculados a la proliferación de vectores de importancia sanitaria y de molestias públicas entre los que se encuentran; vectores como la mosca, mosquitos, ratas, cucarachas que encuentran en los residuos sólidos su medio alimenticio y habitat, transmitiendo enfermedades que van desde fiebre tifoidea, salmonellosis, disenterías, intoxicaciones alimenticias, diarreas, malaria, dengue, fiebre amarilla, peste bubónica, tifus murino, leptospirosis y rabia entre otras. Por otro lado la alimentación con basura (cerdos, aves y otros), práctica inadecuada, pone en peligro el deterioro de la salud pública. Al ser consumido estos alimentos pueden causar enfermedades como la triquinosis, cisticercosis y otras en el caso del cerdo. Otro de los efectos

indirectos asociados a los desechos sólidos, son los accidentes aéreos y terrestres, causados por la poca visibilidad al producirse incendios, humo y aves en los botaderos de basura mal proyectados, ubicados cerca de aeropuertos y carreteras

3.3. EFECTO DE LOS DESECHOS SOLIDOS EN EL MEDIO AMBIENTE.

Es obvio que el efecto ambiental más prominente de los desechos sólidos al ambiente, es el deterioro estético del paisaje natural y de la ciudad; de los que mencionaremos: contaminación del agua, suelo y aire.

3.3.1. CONTAMINACION DEL AGUA.

En efecto es el más grave problema en cuanto a la contaminación ambiental por los residuos sólidos, sin embargo es el menos reconocido. En donde se ve afectado las aguas superficiales y subterráneas, por el vertido directo de las basuras a los ríos y quebradas, y por la mala disposición de líquido percolado (lixiviado) producto de los botaderos a cielo abierto, estas descargas provocan el incremento de la carga orgánica y disminuye el oxígeno disuelto; aumentando los niveles de nutrientes y algas que dan lugar al fenómeno de eutroficación en los cuerpos véricos de aguas; causando la muerte de peces, generando malos olores, deteriorando el aspecto estético y causando la pérdida del recurso agua como fuente de abastecimiento a poblados. Por otro lado las descargas de basura a las corrientes de agua o su vertido a las vías públicas trae consigo la disminución de los cauces naturales, canales, y la obstrucción de las alcantarillas; provocando inundaciones y con ello pérdida de bienes e inclusive vidas humanas.

3.3.2. CONTAMINACION DEL SUELO.

El abandono y la acumulación de desechos sólidos a cielo abierto es causa del deterioro estético y desvalorización del terreno propio, como de las áreas adyacentes. Esto es debido a la contaminación causada por distintas sustancias contenidas en la basura y sin ningún control.

3.3.3. CONTAMINACION DEL AIRE.

Es evidente el impacto negativo que causan los vertederos a cielo abierto, los incendios y el humo que reduce la visibilidad causando irritaciones nasales y de la vista, además del incremento de afecciones pulmonares, aunados a las molestias originadas por los malos olores.

3.4. SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

El tratamiento en el manejo de los desechos sólidos tiene como objetivos principales disminuir el riesgo de producir contaminación y proteger la salud.

Entre las alternativas consideradas se debe optar por la solución más adecuada a las condiciones técnicas y socioeconómicas locales, sin dejar de analizar los aspectos de contaminación.

Los principales métodos de tratamiento de basuras son: incineración, compostación o compostaje, recuperación; tienen como propósito reducir el volumen de los desechos. Sin embargo, se requiere de un relleno sanitario para disponer los residuos que se producen.

3.4.1. INCINERACION.

Con este método se logra una reducción de volumen, dejando un material inerte, alrededor del 10 por ciento del inicial, y emitiendo gases durante la combustión. La reducción es obtenida en hornos especiales en los que se puede garantizar aire de combustión, turbulencia, tiempos de retención y temperaturas adecuadas.

La técnica de la incineración, no es recomendable para los países en vías de desarrollo, y menos aún para las pequeñas poblaciones, a excepción de su utilización al tratar residuos hospitalarios.

3.4.2. COMPOSTIFICACION.

Es el sistema en el cual los componentes orgánicos de los desechos son degradados biológicamente. El producto es parecido al humus y es un excelente acondicionador de suelo, pero un

fertilizante pobre. Inicialmente, las bacterias psicrofílicas y mesofílicas (10 - 40 °C) presentes en la materia orgánica, la descomponen y generan calor. La temperatura aumenta hasta que limita el crecimiento de las bacterias mesofílicas. A continuación las bacterias termófilas (40-70 °C) descomponen aún más los desechos. Esto genera más calor hasta que la temperatura y los nutrientes limitan el crecimiento de las bacterias termófilas. Luego la temperatura empieza a descender y las bacterias mesofílicas vuelven a atacar, hasta completar la descomposición. La destrucción de los organismos patógenos se logra manteniendo la temperatura entre 60 y 70°C durante 24 horas.

3.4.3. RECUPERACION.

La recuperación puede dividirse en tres categorías:

3.4.3.1. REUTILIZACION.

Es el reuso directo de un producto o material que se ha limpiado, reparado (botellas, envases plásticos y cajas de cartón) o vuelto a armar (motores).

3.4.3.2. RECICLAJE.

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

3.4.3.3. USO CONSTRUCTIVO Y TRANSFORMACION.

Es la transformación de desechos en diferentes productos (recuperación de tierras por relleno sanitario, conversión de desechos orgánicos en composte) o en fuente de energía (biogás producido por la digestión anaeróbica de los desechos orgánicos, recuperación de calor proveniente de la incineración de las basuras).

La separación de materias existentes en la basura se hace tradicionalmente en forma manual, ya sea en el sitio de origen, en las aceras, en el vehículo recolector o en el sitio de disposición final. Este último caso es muy frecuente en casi

todos los vertederos de basura de las grandes ciudades y aún de pequeñas poblaciones en toda la región. Esta actividad la realizan normalmente personas de escasos recursos, en busca del sustento diario para sus familias, sin control alguno y en condiciones infrahumanas de trabajo, sin el mínimo de normas sanitarias y de seguridad social. Por este motivo, se debe evitar esta práctica en beneficio de un programa completo y con participación extendida a la comunidad.

3.5. DISPOSICION FINAL.

Los principales métodos de disposición final de desechos sólidos son:

- Relleno sanitario;
- Vertido a corrientes de agua o al mar;
- Vertedero a cielo abierto;
- Quema al aire libre;
- Alimentación de animales.

El relleno sanitario es el único admisible, de los métodos antes mencionados, ya que no representa mayores molestias ni peligros a la salud pública; por esta razón será el único que se definirá por cumplir con los requerimientos del método científico.

3.5.1. DEFINICION DE RELLENO SANITARIO.

"Técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia, ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación, ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola diariamente con capas de material impermeable (preferiblemente) que puede ser tierra (material de cobertura) y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno sanitario, por efecto de la descomposición de la materia orgánica", según Jaramillo (2).

3.5.2. METODOS DE RELLENO SANITARIO.

El método constructivo y la secuencia de la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la Topografía del terreno escogido, aunque también dependen de la fuente del material de cobertura y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras para construir un relleno sanitario.

3.5.2.1. METODO DE TRINCHERA O ZANJA.

Es un método comúnmente utilizado en regiones planas, el cual consiste en excavar periódicamente zanjas de 2 a 3 metros de profundidad, resaltando que existen experiencias de excavaciones para trincheras hasta de 7 metros de profundidad; la tierra que se extrae, es colocada a un lado de la zanja para ser utilizada como material de cobertura. Los desechos sólidos son depositados y acomodados dentro de la trinchera, siendo luego compactados y cubiertos con tierra. En épocas lluviosas dado, que las aguas pueden inundar las trincheras, deberán construirse canales perimetrales para captarlas y desviarlas. Las paredes longitudinales de las trincheras, tendrán que ser cortadas, de acuerdo al ángulo de reposo del suelo excavado. La excavación de las trincheras, exige condiciones favorables, en lo que se refiere a la profundidad del nivel freático y al tipo de suelo, de tal forma que terrenos con niveles freáticos altos o muy próximos a la superficie del suelo no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Por otro lado los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de la excavación para la conformación de las trincheras.

3.5.2.2. METODO DE AREA.

Este método tiene su utilidad en áreas relativamente planas, en donde no es factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, el método consiste en depositar la basura directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros. En estos casos el material de cobertura será importado, de otros

sitios, de ser posible puede ser extraído de la capa superficial del propio terreno. En ambas consideraciones, las primeras capas o celdas se construyen estableciendo una pendiente suave para evitar el deslizamiento y lograr una mayor estabilidad del terreno a medida que se eleva el relleno. El método también es adaptable para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad, en este caso el material de cobertura es extraído de las laderas del terreno, o en su defecto debe procurarse lo más cerca posible para evitar el encarecimiento en los costos de transporte.

La operación de descarga y construcción de celdas en rellenos de este tipo deberá ser iniciado desde el fondo hacia arriba, las celdas se construyen apoyandolas a la pendiente natural del terreno, la basura es vaciada en la base del talud, se extiende y se compacta contra él, recubriéndola diariamente con una capa de tierra de 0.10 a 0.20 metros de espesor; se continúa la operación avanzando sobre el terreno manteniendo pendientes suaves de 30 grados en el talud y de 1 a 2 grados en la superficie.

3.5.2.3. METODO COMBINADO.

Debido a que los dos métodos de construcción de un relleno sanitario utilizan técnicas similares de operación, es factible la combinación de ambos con los cuales se logra un mejor aprovechamiento del terreno, del material de cobertura y rendimientos en la operación.

3.5.3. RELLENO SANITARIO MANUAL.

Dentro de las alternativas técnicas y económicas es considerado para poblaciones urbanas y rurales menores de 40 000 habitantes, al igual que para áreas marginales de ciudades que generen menos de 20 toneladas de basura diaria. Dependiendo del análisis de costo de transporte, puede resultar ventajoso la utilización de un relleno sanitario manual para dos o más poblaciones cercanas. La utilización de esta técnica de operación manual, sólo requiere la utilización de equipo pesado

Manejo Integral de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez

en las etapas de adecuación del sitio, la construcción de vías internas, y excavación de zanja o de material de cobertura, dependiendo del avance y del método de relleno. Por otro lado todos los otros trabajos pueden realizarse manualmente, lo cual permite a estas poblaciones de bajos recursos, incapacitadas de adquirir y mantener equipos pesado permanentes, disponer adecuadamente de sus basuras utilizando la mano de obra de la propia comunidad.

CAPITULO 4
METODOLOGIA DEL ESTUDIO

4. METODOLOGIA DEL ESTUDIO.

4.1. DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO.

Para realizar el estudio de una manera representativa, fueron consideradas, los siguientes estratos: área de mayor densidad poblacional y con nivel socio económico medio (centro del municipio), área de desarrollo urbanístico programado y con nivel socioeconómico medio alto (Urbanizaciones Residenciales: Los Alpes, Las Marías y Montezuma); y un área de nivel socioeconómico bajo (Barrio Chichorín).

4.2. TECNICAS DEL MUESTREO.

Generalmente la cantidad y la composición de la basura llevada al sitio de disposición final difieren considerablemente de las basuras generadas y/o recolectadas debido a la actividad de recuperación de materiales, tales como: papeles, cartón, tela, vidrios y metales. Debido a que existe esta recuperación de material desde la fuente de generación, recolección, transporte y disposición final, es necesario seleccionar la etapa más apropiada para la toma de la muestra teniendo en cuenta el tipo y motivo del análisis. En algunos casos cuando se trate de determinar el volumen necesario de recipientes para basura domiciliar o identificar el potencial de industrialización de la basura, se debe analizar en el punto de generación. Esto es posible mediante el muestreo en las fuentes. En cambio, cuando se pretende determinar la capacidad de los camiones recolectores y los rellenos es mejor tomar la muestra llevada al sitio de disposición final.

Como uno de los objetivos de la presente investigación es identificar el potencial de industrialización de los residuos sólidos antes de ser tratados en el sitio de disposición final; se analizará la basura actualmente generada en la fuente.

4.2.1. DETERMINACION DE LA POBLACION MUESTRAL.

En un programa de evaluación por muestreo la primera y más importante interrogante a responder es la referente al tamaño de la muestra. De tal manera que si la muestra es muy grande, los

recursos se gastan innecesariamente y, si por el contrario es muy pequeña, los resultados son de escasa utilidad. Por lo que es necesario fijar un tamaño de muestra tal que los resultados a obtener reflejen con cierto grado de confianza y reduciendo porcentajes de error las condiciones prevaletientes en el universo poblacional.

Existen técnicas estadísticas para la determinación del tamaño adecuado de la muestra, según los requerimientos en cada caso. En este caso utilizamos, un programa de Basic (ANEXO 1) para la determinación del espacio muestral de la población universal de San Lucas Sacatepéquez (1543 casas). Obteniendo una muestra de 80 casas con un porcentaje de error muestral del 10 %. La cual fue distribuida en los diferentes estratos en los que se dividió el área de estudio.

4.2.2. PERIODO DEL MUESTREO.

El programa de muestreo contó con la colaboración de la Municipalidad y del Centro de Salud de Santiago Sacatepéquez, de las cuales se obtuvieron circulares (ANEXO 1), para informar sobre el estudio y solicitar colaboración.

El programa de muestreo se realizó durante 8 días consecutivos decartando la muestra del primer día de recolección.

Debido a la irregularidad en la recolección en San Lucas Sacatepéquez en particular, se tomaron nueve días de muestreo de los cuales se desecharon dos, ya que no existe; un tren de recolección definido y educación de la población en cuanto a una recolección periódica de la basura; lo que conlleva a un almacenamiento en la fuente por varios días.

El estudio se inicio capacitando a las encargadas de realizar las encuestas socioeconómicas y a los encargados del manejo de los desechos sólidos. Luego de ser capacitados, se procedió a levantar la encuesta socioeconómica, a la vez que se entregó una bolsa plástica debidamente identificada explicando, a cada persona que el método consistiría en el intercambio de la bolsa con basura del día anterior por una bolsa nueva la cual

sería recogida al día siguiente. Siguiendo con el procedimiento, esta bolsa es llevada por un camión abierto hasta el depósito en donde se realizarán los análisis físicos de caracterización de la basura (ANEXO 2).

4.3. ANALISIS FISICO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

4.3.1. PRODUCCION PER CAPITA PER DIA DE BASURA (PPC).

Se mide el peso de la basura utilizando una balanza de 400 libras.

4.3.1.1. PROCEDIMIENTO:

Se pesan todas las bolsas debidamente identificadas, por sector, determinando la PPC de la manera siguiente:

$$PPC \text{ (kg/hab/día)} = 1/7 * [(A1/B1)*P1 + (A2/B2)*P2 + (A3/B3)*P3] / [P1 + P2 + P3]$$

donde:

P_1, P_2, P_3 = Número de habitantes en los estratos medio alto, medio y bajo.

A_1, A_2, A_3 = Peso de la muestra de la semana completa de los diferentes estratos.

B_1, B_2, B_3 = Número de habitantes correspondiente a la muestra de cada estrato.

4.3.2. PRUEBA DE DENSIDAD:

La densidad de la basura latinoamericana es superior a la de los países industrializados por su menor contenido de papeles y plásticos.

4.3.2.1. PROCEDIMIENTO:

- a. Se prepara un tambor de alrededor 121 litros y la balanza de 400 libras.
- b. Se pesa el tambor y se mide su volumen.
- c. Se pone la basura en el tambor, sin hacer presión y se remece de manera que se llenen los espacios vacíos del mismo.
- d. Se pesa una vez lleno y por diferencia de peso se obtiene el peso de la basura.
- e. Se obtiene la densidad de la basura al dividir su peso en kilogramos entre el volumen del tambor (m^3).

DENSIDAD DE LA BASURA, D (kg/m³) = Peso de la basura en kg/Volumen del tambor en m³

f. El número de muestras debe ser tan grande como sea posible para reducir errores.

4.3.3. PRUEBA DE COMPOSICION FISICA.

4.3.3.1. METODO DEL CUARTEO (FIGURA 1).

Se rompen bolsas y se cortan los cartones y maderas contenidas en la basura hasta conseguir un tamaño de 15 cm por 15 cm o menos. Se homogeniza la muestra mezclándola toda, se amontona, dividiéndola en cuatro partes y se escogen dos partes opuestas para formar otra muestra representativa más pequeña. La muestra menor se vuelve a mezclar y se divide en cuatro partes, luego se escoge dos opuestas y se forma otra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener la cantidad de muestra necesaria, entre 250 a 350 kg de basura aproximadamente.

4.3.3.2. PROCEDIMIENTO.

A. Llevando esta muestra a un lugar pavimentado en donde se inicia la clasificación en los siguientes grupos:

- a. Materia orgánica (restos de alimento, madera, follaje, papel higiénico usado, tierra).
- b. Papeles y cartones.
- c. Plástico, cauchos y cueros.
- d. Metales.
- e. Vidrios.
- f. Textiles.

Se han seleccionado estos componentes puesto que ellos dan una visión lo suficientemente completa de la calidad y cantidad de la basura generada en San Lucas Sacatepéquez y permite realizar, sobre una base cierta el estudio sobre la mejor solución para el manejo de los residuos sólidos.

B. La clasificación se realiza manualmente, colocando cada componente en un tambor preseleccionado de 50 litros.

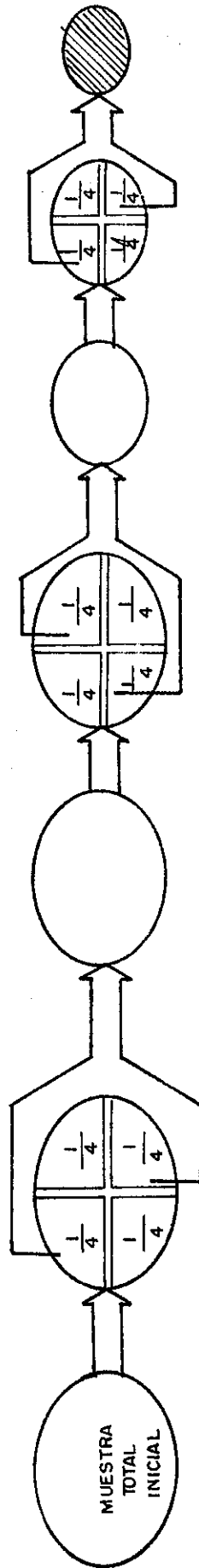
C. Se pesan los tambores antes de empezar la clasificación utilizando una balanza.

D. Una vez terminada la clasificación se pesa cada tambor con los diferentes componentes y por diferencia se obtiene el peso de cada componente.

E. Se saca el porcentaje de cada componente teniendo los datos del peso total y el peso de cada clase.

F. Debe efectuarse toda la labor de terreno con la mayor rapidez posible (durante el mismo día), ya que durante la operación la basura pierde humedad. En consecuencia, un menor tiempo da como resultado una mayor exactitud en las mediciones.

FIGURA # I
 SISTEMA DE CUARTEO PARA LA
 CARACTERIZACION DE LOS DESECHOS SOLIDOS



MUESTRA FINAL
 250 A 300 KG



MUESTRA TOTAL FINAL DE
 250 A 300 KG DE DONDE
 SE HACE LA SEPARACION PARA
 LA CARACTERIZACION DE LOS
 DESECHOS SOLIDOS

ESTUDIO ESPECIAL
ELABORADO POR
NORIEL FRANCO Y
VICELDA DOMINGUEZ

CAPITULO 5
RESULTADOS DEL MUESTREO

5. RESULTADOS DEL MUESTREO.

El muestreo se realizó durante el 19 de junio al 27 de junio de 1996.

5.1. DESECHOS SOLIDOS DOMICILIARES.

Por no contar con datos exactos de la población por zonas, se decidió tomar como medida, determinar la PPC, densidad, componentes físicos y químicos; en función de la población total, y tomando en consideración los diferentes estratos poblacionales, arriba mencionados. Obteniendo los siguientes resultados.

5.1.1. PRODUCCION PER CAPITA PER DIA DE BASURA.

$$PPC = 0.446 \text{ Kg/hab/día} \approx 0.45 \text{ Kg/hab/día}$$

5.1.2. DENSIDAD DE BASURA SUELTA.

$$DENSIDAD = 270.226 \text{ Kg/m}^3 \approx 270 \text{ Kg/m}^3$$

5.1.3. COMPONENTES FISICOS.

**TABLA 5.1
COMPONENTES FISICOS.**

COMPONENTES	CANTIDAD (%)
MATERIA ORGANICA	85.69
Cartón y papel	5.50
Plástico	3.53
Vidrios	2.23
Textiles	1.54
Metales	1.51
TOTAL	100

5.1.4. ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS.

5.1.4.1. EVALUACION DE HUMEDAD, PERDIDA POR CALCINACION Y pH (Analizados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería Universidad de San Carlos Guatemala, ANEXO 3).

Las muestras fueron tomadas el 24, 25 y 26 de junio de 1996, las cuales fueron llevadas directamente al laboratorio. Los resultados se muestran en la tabla siguiente.

TABLA 5.2
RESULTADO DE LOS ANALISIS FISICOS.

FECHA DE MUESTREO	pH	HUMEDAD	PRUEBA POR CALCINACION
24-06-96	5.62	42.06	82.16
25-06-96	7.88	48.28	80.25
26-06-96	5.61	35.06	80.12

5.1.4.2. EVALUACION DE CARBONO, NITROGENO, RELACION CARBONO, NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, CALCIO, MAGNESIO, COBRE, ZINC, HIERRO, MANGANESO (Analizados en el Laboratorio de Suelo y Agua de la Facultad de Agronomía, ANEXO 3).

La muestra para análisis fue tomada el 25 y 26 de junio de 1996, pero llevó un proceso de trituración y secado al aire libre (ANEXO 2), por consiguiente el análisis fue realizado en julio de 1996. Los resultados se muestran en la tabla siguiente.

TABLA 5.3
RESULTADO DE LOS ANALISIS QUIMICOS.

FECHA	PORCENTAJES (%)							PPM			
	C	N	C:N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
25-06-96	20.28	1.61	18:1	0.19	2.00	1.81	0.21	25.00	170.00	3025	150
26-06-96	20.66	1.38	21:1	0.31	2.00	2.56	0.19	15.00	140.00	2575	130

5.1.4.3. PODER CALORICO (Analizado en el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, ICAITI).

Al realizar el análisis de poder calórico se mezclaron las muestras del 25 y del 26 de junio, a solicitud de los técnicos del ICAITI, además la muestra se trituró y se secó al aire libre, por lo que su análisis fue realizado el 2 de Agosto de 1996.

El valor del Poder Calórico es de 3 612.00 cal/g.

5.2. DESECHOS SOLIDOS INDUSTRIALES.

Debido a que la mayor producción de desechos sólidos industriales son generados por industrias del tipo: Maquiladora o fábrica de ropa y procesadoras de verduras, el estudio toma en consideración una industria de cada tipo.

5.2.1. MAQUILADORA (INDUSTRIA TEXTIL).

5.2.1.1. DENSIDAD DE BASURA SUELTA.

$$DENSIDAD = 109.702 \approx 110 \text{ Kg/m}^3$$

5.2.1.2. COMPOSICION FISICA.

**TABLA 5.4
COMPONENTES FISICOS.**

COMPONENTES	CANTIDAD (%)
Tela	80.62
Papel	8.54
Cartón	5.60
Plástico	4.99
Vidrios	0.25
TOTAL	100

5.2.2. PROCESADORA DE VERDURAS.

Se resalta que los desechos de esta industria están básicamente constituidos por verduras.

5.2.2.1. DENSIDAD DE LA BASURA SUELTA.

DENSIDAD = 409.47 Kg/m³ ≈ 410 Kg/m³

5.2.2.2. PESO GENERADO POR SEMANA.

PESO MAXIMO = 26206 Kg

PESO MINIMO = 7862 Kg

5.2.2.3. ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS.

5.2.2.3.1. EVALUACION DE HUMEDAD, PERDIDA POR CALCINACION Y pH (Analizado en el Centro de Investigaciones de Ingeniería Universidad de San Carlos Guatemala, ANEXO 3).

Las muestra fue tomada el 25 de junio de 1996. Los resultados se muestran en la tabla siguiente.

TABLA 5.5

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FISICAS.

FECHA	pH	HUMEDAD	PRUEBA POR CALCINACION
25-06-96	5.18	44.04	99.53

5.2.2.3.2. EVALUACION DE CARBONO, NITROGENO, RELACION CARBONO NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, CALCIO, MAGNESIO, COBRE, ZINC, HIERRO, MANGANESO (Analizados en el Laboratorio de Suelo y Agua de la Facultad de Agronomía, ANEXO 3).

La muestra para análisis fue tomada el 25 de junio de 1996, pero llevó un proceso de trituración y secado al aire libre, por consiguiente el análisis fue realizado en julio de 1996. Los resultados se muestran en la tabla 5.6.

TABLA 5.6

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS QUIMICAS.

FECHA	PORCENTAJES (%)							ppm			
	C	N	C:N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
25-06-96	34.01	4.68	7:1	0.32	4.40	0.81	0.17	15.00	55.00	1100	50

5.2.2.3.3. PODER CALORICO (Analizado por el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, ICAITI).

La muestra para análisis fue tomada el 25 de junio de 1996, pero llevó un proceso de trituración y secado al aire libre, por consiguiente el análisis fue realizado el 2 de agosto de 1996.

El valor del Poder Calórico es de 4 225.54 cal/g.

CAPITULO 6
RESULTADO DE ENCUESTA SOCIOECONOMICA

6. RESULTADO DE ENCUESTA SOCIOECONOMICA.

Para realizar un estudio más a fondo, se tomó en cuenta el estado socio-económico de la población por lo que se realizó una encuesta (ANEXO 1); con los siguientes resultados (encuesta realizada en junio de 1996).

Resultados de Las Encuestas Domiciliarias (Casas encuestadas 78).

1. Ingreso Promedio Domiciliar.....	Q1	217.50
2. Mensualidad Promedio que se paga, por la recolección de la basura.....	Q	15.50
3. Disponibilidad de pago por la recolección de la basura.....	Q	13.15
4. Porcentaje (%) de viviendas con sistema de recolección.....		45.20
5. Porcentaje (%) de viviendas sin sistema de recolección.....		54.80
6. Porcentaje (%) de viviendas que queman la basura.....		17.80
7. Porcentaje (%) de viviendas que entierran la basura.....		16.45
8. Porcentaje (%) de viviendas que la recogen y la disponen en el vertedero.....		20.55
9. La comunidad considera que el actual Servicio de Recolección Municipal es:		
BUENO (%).....		58.82
REGULAR (%).....		17.65
DEFICIENTE (%).....		23.53
10. La comunidad considera que el Servicio de Recolección Privado es:		
BUENO (%).....		43.75
REGULAR (%).....		31.25
DEFICIENTE (%).....		25.00

11. Las personas están de acuerdo a que el servicio de recolección de desechos sólidos sea brindado por el servicio:	
a. Municipal (%).....	65.75
b. Privado (%).....	17.81
c. Micro Empresa (%).....	2.74
d. Ninguno (%).....	13.70
12. Porcentaje de personas con conocimiento sobre reciclaje.....	30.14
13. Porcentaje de personas que separan la basura.....	21.92

CAPITULO 7
ANALISIS DE ALTERNATIVAS

7. ANALISIS DE ALTERNATIVAS.

7.1. ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS.

De acuerdo a la caracterización de los desechos sólidos y a las posibilidades socioeconómicas y culturales de San Lucas Sacatepéquez, se propone un sistema en donde se combinen las técnicas experimentadas en algunas localidades nacionales y latinoamericanas, adaptándolas previamente a las condiciones propias de la localidad en estudio. El estudio propone dos alternativas tecnológicas.

a. **ALTERNATIVA 1:** Un sistema de disposición final, por medio de un relleno sanitario manual.

b. **ALTERNATIVA 2:** Un sistema de tratamiento y disposición final, por medio de compostaje (debido a que el 85.69% de los residuos sólidos es material orgánico) y vertedero controlado.

El estudio también ha tomado en cuenta otras alternativas tecnológicas de tratamiento, como lo es la incineración y producción de energía, y la recuperación de materiales; de los cuales el estudio ha considerado descartar por los siguientes motivos:

- **La incineración,** por el alto costo, la mano de obra especializada y por los problemas ambientales que se pueden originar de esta actividad.

- **Recuperación y reciclaje de materia inorgánica:** A pesar de que es uno de los objetivos principales de un sistema integrado de manejo de desechos sólidos, para reducir el volumen de los desechos; por ser solo el 14.31 % del total de los desechos sólidos; no es una actividad rentable, pero sí será implementada en el sitio de tratamiento y disposición final, con el propósito de aumentar la vida útil del mismo por encima del valor diseñado.

7.2. SELECCION DEL SITIO PARA AMBAS OPCIONES.

Se visitaron tres sitios (Los Bosques de San Lucas, Las Piedras y El Astillero), para seleccionar el que mejor condiciones físicas reúne, para el tratamiento y disposición

final de los desechos sólidos. Observando las siguientes características en los diferentes sitios:

a. Los Bosques de San Lucas: Terreno Privado, de aproximadamente 2.5 Ha de área.

TABLA 7.1

CARACTERISTICAS DE LOS BOSQUES DE SAN LUCAS.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Gran capacidad volumétrica.	1. Sitio Privado (compra).
2. Vía de acceso (terracería).	2. Completamente forestado.
3. Se encuentra a 15 minutos del centro.	3. Ubicado dentro de un área de desarrollo urbanístico.
	4. No cuenta con material de cobertura.
	5. Nacimientos de manantiales que pueden ser captados como fuente de abastecimiento de agua potable.



FOTOGRAFIA 1

Los Bosques de San Lucas.

b. Las Piedras: Terreno Municipal, de aproximadamente 1.5 Ha de área.

TABLA 7.2
CARACTERISTICAS DE LAS PIEDRAS.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Terreno Municipal (no hay que comprarlo).	1. Completamente forestado.
2. Vía de acceso (terracería).	2. Colinda con el río Las Vigas.
3. Se encuentra aproximadamente a 20 minutos del centro.	3. Área superficial reducida.
4. Cuenta con material de Cobertura.	4. Ubicado dentro de un área de desarrollo urbanístico.



FOTOGRAFIA 2

Las piedras.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

c. **El Astillero:** Terreno municipal de 2.67 Ha de área.

TABLA 7.3

CARACTERISTICAS DE EL ASTILLERO.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Terreno Municipal. (no hay que comprarlo).	1. Pequeño nacimiento intermitente (se forma para época lluviosa).
2. La mayor parte del terreno se encuentra deforestado.	2. Alto potencial paisajístico.
3. Cuenta con una barrera natural de arboles.	
4. Area de 2.67 Ha, que proporciona una vida útil de duración razonable.	
5. No pasa río.	
6. Vías de acceso, en buenas condiciones.	
7. Se encuentra aproximadamente a 25 minutos del centro.	
8. Cuenta con material de cobertura.	



FOTOGRAFIA 3
EL ASTILLERO.

7.2.1. TERRENO SELECCIONADO.

*Analizadas las condiciones físicas, ventajas y desventajas de los 3 sitios visitados, se selecciona preliminarmente el lugar denominado, **El Astillero.***

CAPITULO 8

DISEÑO

8. DISEÑO.

8.1. ALTERNATIVA 1 (RELLENO SANITARIO MANUAL).

8.1.1. LOCALIZACION Y LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO:

a. **LOCALIZACION (PLANO 1, ANEXO 4):** El terreno se encuentra ubicado, en el cerro El Astillero, a una distancia aproximada del centro de San Lucas Sacatepéquez de 4.5 km y a un tiempo de recorrido aproximado de 25 minutos. Influenciado por las corrientes de los vientos dirigidas a 330 ° noroeste, no representa molestias en cuanto a transporte de olores, además de estar el terreno protegido por una barrera natural ya existente; resaltando que un relleno sanitario bien planificado y manejado adecuadamente, no debe presentar problemas de olor, ni vectores.

En cuanto a la vía de acceso principal al sitio, desde la carretera interamericana vía a La Antigua, hasta donde se inicia el área de estudio es transitable todo el año, conformada de pavimento de concreto asfáltico.

b. **LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO:** El terreno consta con un área de 2.67 Ha., con niveles de referencia que van del nivel 50 al nivel 110 metros, con curvas de nivel a cada metro (PLANO 2 ANEXO 4).

8.1.2. CARACTERIZACION DEL SUELO: De acuerdo a estudios de suelos realizados por el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (ANEXO 3). Según el Perfil Estratigráfico, el terreno consta de la superficie a una profundidad de 0.75 metros de arcilla color café oscuro; de 0.75 metros a 4.90 metros con arcilla limo arenoso color café y de 4.90 a 5.5 metros con arcilla limo arenoso color café claro. No encontradonse hasta esta profundidad el nivel freático.

Según los límites de Atterberg se tiene, desde la superficie hasta una profundidad de 2.50 metros un limo de alta compresibilidad, color café. De 2.50 a 4.00 metros un limo de baja compresibilidad, color café.

8.1.3. PREPARACION DEL SITIO SELECCIONADO.

8.1.3.1. INFRAESTRUCTURA PERIFERICA (PLANO 3, ANEXO 4).

a. Vía de acceso externa.

Consistirá en realizar cortes, conformación de cunetas y compactación de suelo natural, en 97 m de longitud con 6 m de ancho de vía que van desde la vía de acceso principal hasta la garita de entrada al relleno sanitario.

b. Vía de acceso interna.

Consistirá en realizar corte, conformación de cunetas y compactación de suelo natural en 362.25 m de longitud por 4 m de ancho, desde la garita de entrada hasta la primera celda del relleno sanitario.

c. Drenaje Pluvial.

Interceptar y desviar el escurrimiento del agua de lluvias fuera del relleno sanitario, contribuye significativamente a reducir el volumen de lixiviados por percolación y también a mejorar las condiciones de operación. Por consiguiente, se diseñará un canal trapezoidal.

Diseño del Drenaje Pluvial.

Se utilizará la ecuación de Talbot que corresponde al área de la Meseta Central de Guatemala, para un ocurrencia de cada 10 años, y para un tiempo de de escorrentía igual a 17 minutos, según la Dirección General de Obras Públicas.

$$i = 4\ 204 / (t + 23) \quad (\text{mm/hra}) \quad (\text{Ecuación de Talbot})$$

$$i = 105.1 \text{ mm/hra}$$

$$Q = CiA/360 \quad (\text{Fórmula racional})$$

Para un Coeficiente de escorrentía (C), para terrenos no pavimentados de 0.30 y para un área de cuenca de 2.8 Ha.

$$Q = 0.25 \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{caudal de escorrentía}).$$

El canal se trazará por la curva del nivel máximo perimetral al terreno (aproximadamente la curva 103 metros), y deberá garantizar una velocidad máxima promedio (v) de 0.5 m/seg, que no provoque erosión excesiva; el tamaño de la sección del canal se calculó con la siguiente ecuación:

$$A = Q/v \text{ (Ecuación de continuidad)}$$

$$A = 0.5 \text{ m}^2$$

Sección trapezoidal de: base de fondo 0.4 m, base superior 1.5 m y altura 0.8 m (PLANO 5, ANEXO4).

d. Cerca perimetral.

Todo el perímetro del relleno sanitario, será rodeado por 700 m en 5 hiladas de alambre de púas, con separación de 20 cm entre hiladas, se utilizará la barrera natural de árboles como soporte de la cerca.

8.1.3.2. INFRAESTRUCTURA DEL RELLENO (PLANOS 4, 5 Y 7, ANEXO 4).

La adecuación del terreno es importante para mejorar sus condiciones y facilitar las operaciones de ingreso de los desechos sólidos, así como para la construcción de las celdas y las operaciones del relleno sanitario en general. Se realizarán los siguientes renglones:

a. Limpieza y desmonte.

En el área se hace necesario talar algunos árboles y arbustos, para que no constituyan un obstáculo para la operación. Esto se hará por etapas, ha medida que se avance, no será necesario talar muchos árboles, ya que la mayor parte del terreno está desforestado.

b. Tratamiento del suelo de soporte.

De acuerdo al perfil del terreno natural, se hacen cortes con inclinaciones 1.5 : 1 (H:V) para asegurar la estabilidad del terreno, debe ser la mínima inclinación que se tome si el terreno pose una buena estabilidad. Este procedimiento se utiliza para trabajar por el método de área, ya que la topografía del terreno se presta. Para realizar estas nivelaciones del suelo de soporte y canales para drenajes, se debe emplear equipo pesado. También, deben utilizarse estos equipos para la construcción de vías internas o extracción y almacenamiento del material de cobertura.

c. Nivel freático y corrientes o nacimientos de agua.

- En cuanto al nivel freático, no es considerado limitante, debido a que en la prueba de suelos, hasta 5.5 metros no se encontró el mismo.

- La única fuente de agua que se encuentra es un pequeño nacimiento intermitente; es decir que solamente tiene un caudal mínimo y este se da en época lluviosa; como factor de seguridad para no afectar las operaciones del relleno se canalizará el agua conjuntamente con la canalización pluvial.

d. Drenaje del líquido percolado.

Durante la década de 1980, la mínima precipitación pluvial ocurrida fue de 662.4 mm y la máxima de 1425.4 mm. En la década de 1990, entre 1990 y 1995, la precipitación mínima ocurrida fue de 790.4 mm, y la máxima de 1395.7 mm (Fuente: INSIVUMGH, 1980 a 1995).

Para el cálculo del caudal de infiltración se tomará como precipitación media 1425.4 mm, por ser la más crítica.

Estimándose el caudal de infiltración (Q), como el 30 % de la precipitación media por el área del proyecto (26712.573 m).

$$Q = .30 * P * Area$$

$$Q = 31.3 \text{ m}^3/\text{día}$$

El sistema de drenaje consiste en una red horizontal de zanjas en piedras, interrumpiendo el flujo continuo del percolado por medio de pantallas del mismo terreno.

Los drenes se proyectarán de la siguiente manera:

- La recolección de los lixiviados se hará mediante la construcción de tres zanjas principales, proyectadas paralelas al eje del perfil del terreno, las cuales seguirán la misma pendiente del perfil. Perpendicular a estas se construirán zanjas a cada 15 metros.

- Se excavarán las zanjas y se construirán las pantallas a cada 5 a 10 metros, con un ancho de 0.30 m. y 1.10 m de profundidad en el suelo natural. La pendiente de fondo será del

5% y un borde libre de 0.30 m. entre las pantallas y el nivel de la superficie.

- Se llenan las zanjas con piedras de 4", de manera que permitan más espacios libres, para evitar que se llenen rápido. Una vez que se tienen las zanjas llenas con piedras, se debe colocar material que permita infiltrar los líquidos y retenga la partículas finas que puedan causar obstrucción. Para evitar el uso de geotextil, se remplazará por ramas secas de helechos, pastos o hierbas.

e. Drenaje de gases.

Esta constituido por un sistema de ventilación en piedra o tubería perforada de concreto, revestidas en piedras, que funcionará a manera de chimeneas, estas atraviesan en sentido vertical todo el relleno desde el fondo hasta la superficie. Estas se construirán por etapas, a medida que va avanzando el relleno, procurando una buena compactación a su alrededor; se instalarán a radios de 50 metros, con un diámetro de 0.30 m. Se interconectarán los drenajes de lixiviados con los de gases, a fin de lograr mayor eficiencia en ambos.

8.1.4. CALCULO DE LA VIDA UTIL.

Las dos alternativas se diseñaron unicamente para desechos domiciliarios; debido a que para el estudio no se pudo obtener información por la falta de cooperación de las gerencias de las industrias, solo de algunas y es necesario un catastro completo; por otra parte no hay producción de desechos por barrido de calles, debido a que por el tipo de pavimento (adoquín) no se efectúa esta actividad.

a. Población.

Para el diseño de las diferentes alternativas se toma en consideración para la proyección de la población y producción de desechos sólidos, los censos de salud llevados a cabo anualmente por el puesto de salud de San Lucas Sacatepéquez desde el año 1991 a 1995, sin incluir el área rural como se presenta en la Tabla 8.1.

TABLA 8.1.

POBLACION DE SAN LUCAS SACATEPEQUEZ DE 1991 A 1995.

AÑO	POBLACION
1991	6735
1992	7018
1993	7376
1994	8056
1995	8097

Fuente: Puesto de salud de San Lucas Sacatepéquez.

Utilizando el método de proyección geométrica; que es ajustable al crecimiento de las poblaciones Latinoamericanas, como lo es la población de San Lucas Sacatepéquez y de acuerdo a los datos censales del puesto de salud se obtuvo que la tasa de crecimiento anual de la población es de 4.7 % (R). Calculando con estas ecuaciones la proyecciones de: población, basura total, basura orgánica y basura inorgánica. Según las ecuaciones:

- Población = $P_0(1 + R)^n$ (Crecimiento geométrico poblacional)

- Producción Total de basura = $PT = PPC * Población$

$PT = 0.45 * Población$

- Producción de basura orgánica = $PO = 85.69 \% * PT$

- Producción de basura inorgánica = $PI = 14.31 \% * PT$

TABLA 8.2

PROYECCION DE: LA POBLACION, BASURA TOTAL (PT), BASURA ORGANICA (PO), BASURA INORGANICA (PI).

AÑO	POBLACION	PT (kg)	PO (kg)	PI (kg)
1995	8097	3643.65	3122.24	521.41
1996	8478	3815.10	3269.16	545.94
1997	8876	3994.20	3422.63	571.57
1998	9293	4181.85	3583.43	598.42
1999	9730	4378.50	3951.94	626.56
2000	10187	4584.15	3928.16	655.99
2001	10666	4799.70	4112.86	686.84
2002	11167	5025.15	4306.05	719.10
2003	11692	5162.40	4423.66	738.74
2004	12242	5508.90	4720.58	788.32
2005	12817	5767.65	4942.30	825.35
2006	13420	6039.00	5174.82	864.18
2007	14050	6322.50	5417.75	904.75
2008	14711	6619.95	5672.64	947.31
2009	15402	6930.90	5939.09	991.81
2010	16126	7256.70	6218.27	1038.43
2011	16884	7597.80	6510.55	1087.24
2012	17677	7954.65	6816.34	1138.31
2013	18508	8328.60	7136.78	1191.82
2014	19378	8720.10	7472.25	1247.85
2015	20289	9130.05	7823.54	1306.51
2016	21242	9558.90	8191.02	1367.88
2017	22241	10008.45	8576.24	1432.21
2018	23286	10478.70	8979.20	1499.50
2019	24381	10971.45	9401.44	1570.01

ANO	POBLACION (hab)	PT (kg)	PO (kg)	PI (kg)
2020	25526	11487.70	10151.44	1643.75
2021	26726	12026.70	10305.68	1721.02
2022	27982	12591.90	10790.00	1801.90
2023	29298	13184.10	11297.46	1886.64
2024	30675	13803.75	11828.43	1975.32
2025	32116	14452.20	12384.09	2068.11
2026	33626	15131.70	12966.35	2165.35
2027	35206	15842.70	13575.61	2267.09
2028	36861	16587.45	14213.79	2373.66
2029	38593	17366.85	14881.65	2485.20
2030	40407	18183.15	15881.14	2602.01
2031	42306	19037.70	16313.41	2762.93
2032	44295	19932.75	17080.37	2852.38
2033	46377	20869.65	17883.46	2986.49
2034	48556	21850.20	18723.51	3126.78

b. Volumen de desechos sólidos producidos.

Volumen de desechos sólidos estabilizados = VE

Según Jorge Jaramillo, autor de la Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 1991.

$$VE = 365 \times \text{PESO DIARIO DE LA BASURA TOTAL (PT)} / \text{DENSIDAD DE LA BASURA ESTABILIZADA (600 kg/m}^3\text{)}$$

Volumen del Relleno sanitario = VRS

$$VRS = 1.25 \times VE$$

Volumen acumulado del Relleno sanitario = VRS_{acum}

$$VRS_{acum} = \sum VRS$$

Se proyecta iniciar la operación del relleno sanitario en 1997.

El cálculo de volúmenes de desechos sólidos por año y la vida útil del relleno, se presentan en la tabla siguiente.

TABLA 8.3
VOLUMENES DE DESECHO SOLIDOS TOTALES.

AÑO	PT (kg)	VE (m³)	VRS (m³)	VRS_{acuo} (m³)	vida útil
1997	3994.20	2429.81	3037.26	3037.26	0
1998	4181.85	2543.96	3179.95	6217.21	1
1999	4378.50	2663.59	3329.49	9546.70	2
2000	4584.15	2788.69	3485.86	13032.56	3
2001	4799.70	2919.82	3649.78	16682.34	4
2002	5025.15	3056.97	3821.21	20503.55	5
2003	5162.40	3140.46	3925.58	24429.13	6
2004	5508.90	3351.25	4189.06	28618.19	7
2005	5767.65	3508.65	4385.81	33004.00	8
2006	6039.00	3673.73	4592.16	37596.16	9
2007	6322.50	3846.19	4807.74	42403.90	10
2008	6619.95	4027.14	5033.93	47437.83	11
2009	6930.90	4216.30	5270.38	52708.21	12

c. Capacidad Volumétrica del terreno.

La capacidad volumétrica del sitio es el volumen total disponible del terreno para recibir y almacenar basura y el material de cobertura que conforma el relleno sanitario. Para este propósito se divide el plano topográfico (curvas de nivel) en trapecios con inclinación 1.5:1 (H:V), estos trapecios corresponden a las diferentes celdas del relleno sanitario. Donde el volumen de cada trapecio corresponde a:

$$\text{Volumen de trapecio} = d/3 (A)$$

A = Area del trapecio

d = Profundidad de la celda.

En el plano de curvas de nivel del área en estudio, se definieron nueve trapecios; de estos se obtuvo un volumen total de 44974.5 m³, que es aproximadamente el volumen o capacidad volumétrica del sitio. Procediendo a comparar el volumen del sitio (44974.5 m³) con los de la tabla de volúmenes de desechos sólidos totales, columna 4, en la que aparecen los volúmenes acumulados del relleno, hasta encontrar un valor similar, el cual resulta ser 42403.90 m³, lo cual corresponde a una vida útil de 10 años.

8.1.5. OPERACION.

La basura será descargada en el frente de trabajo, esparcida por los trabajadores sobre el talud de las celdas ya terminadas en capas sucesivas de 0.30 m diarios empleando para ello un rastrillo de 8 dientes, se nivela la superficie superior y se compacta con el rodillo, a diferencia de las superficies laterales que son compactadas por medio de apisonadores manuales hasta darle una relativa uniformidad. El esparcimiento y compactación se realizará en capas horizontales o inclinadas con una pendiente de 1:3 (altura:longitud). Teniendo en cuenta que al inicio de la construcción, siempre se debe proporcionar contención al relleno, se deberá apoyar cada celda en un talud de terreno natural o paredes de trinchera, y durante el avance sobre la celda ya terminada.

a. Cobertura.

Al concluir la celda, ésta es cubierta con una capa de tierra de 0.20 m de cobertura diaria; se esparce con la ayuda de palas y azadones se compacta empleando el rodillo y apisonadores manuales de mano siguiendo el mismo procedimiento empleado con la basura, esta cobertura debe ser aplicada como mínimo, una vez por cada día de recolección, evitando que al terminar cada jornada queden desechos sólidos expuestos, y menos aún al finalizar la semana. La cantidad de material de cobertura necesario, deberá ser de 1 m³ de tierra por cada 4 a 5 m³ de

desechos sólidos. La cobertura final deberá ser de 0.60 m en dos capas, cada una de 0.30 m compactadas y con un intervalo de aproximadamente un mes para tratar de cubrir los asentamiento que se produzcan en la primera capa.

b. Personal.

El relleno, será operado por tres obreros, quienes estarán a cargo del esparcido, compactación y construcción de drenajes; un supervisor. Además contará con cuatro celadores encargados de la vigilancia del proyecto, divididos en tres turnos.

8.2. ALTERNATIVA 2 (VERTEDERO CONTROLADO Y PLANTA DE COMPOSTAJE).

De los puntos analizados, para la alternativa 1 de relleno sanitario manual, varían para el vertedero controlado: 1. La vida útil, debido a que solamente recibirá algunos residuos inorgánicos, por consiguiente se espera un aumento considerable; 2. Por el tipo de desecho a recibir no requiere de un sistema de drenaje de lixiviado y de gases, por consiguiente el personal de operación para el vertedero controlado consistirá en un obrero, quien esparcirá y compactará los residuos inorgánicos.

En cuanto a la planta de compostaje la operación se ejecutará con tres obreros encargados de seleccionar los residuos, tres obreros encargados del volteo del composte y del cribado del mismo, y un encargado de planta que también tendrá bajo su responsabilidad la supervisión del vertedero. Además la planta contará con dos celadores.

8.2.1. CALCULO DE LA VIDA UTIL DEL VERTEDERO CONTROLADO.

En la Tabla 8.4, se presentan los pesos de los desechos sólidos inorgánicos; de la manera descrita en la parte a y b del inciso 8.1.4; los volúmenes del relleno sanitario para materia inorgánica y sus correspondientes vidas útiles.

TABLA 8.4

VOLUMENES DE RESIDUOS INORGANICOS.

AÑO	VU (años)	PI (kg)	VE (m ³)	VRS (m ³)	VRS _{acum} (m ³)
1997	0	571.57	347.70	434.63	434.63
1998	1	598.42	364.03	455.04	889.67
1999	2	626.56	381.16	476.45	1366.12
2000	3	655.99	399.06	498.83	1864.95
2001	4	686.84	417.83	522.29	2387.27
2002	5	719.10	437.45	546.81	2934.05
2003	6	738.74	449.40	561.75	3495.80
2004	7	788.32	479.56	599.45	4095.25
2005	8	825.35	502.09	627.61	4722.86
2006	9	864.18	525.71	657.14	5380.00
2007	10	904.75	550.39	687.99	6067.99
2008	11	947.31	576.28	720.35	6788.34
2009	12	991.81	603.35	754.19	7533.53
2010	13	1038.43	631.71	789.64	8323.17
2011	14	1087.24	661.40	826.75	9149.92
2012	15	1138.31	692.47	865.59	10015.51
2013	16	1191.82	725.02	906.28	10921.79
2014	17	1247.85	759.11	948.49	11870.68
2015	18	1306.51	794.79	993.49	12864.17
2016	19	1367.88	832.13	1040.16	13904.33
2017	20	1432.21	871.26	1089.08	14993.41
2018	21	1499.50	912.20	1140.25	16133.66
2019	22	1570.01	955.09	1193.86	17327.52
2020	23	1643.75	999.95	1249.94	18577.46
2021	24	1721.02	1046.95	1308.69	19886.15
2022	25	1801.90	1096.16	1370.20	21256.35

AÑO	VU (años)	PI (kg)	VE (m ³)	VRS (m ³)	VRS _{acum} (m ³)
2023	26	1886.64	1147.61	1434.64	22690.99
2024	27	1975.32	1201.65	1502.06	24193.05
2025	28	2068.11	1258.10	1572.63	25765.68
2026	29	2165.35	1317.25	1646.57	27412.24
2027	30	2267.09	1379.15	1723.94	29136.18
2028	31	2373.66	1443.98	1804.98	30941.16
2029	32	2485.20	1511.83	1889.89	32830.95
2030	33	2602.01	1582.87	1978.61	34809.56
2031	34	2762.93	1680.79	2100.98	36910.54
2032	35	2852.38	1735.20	2169.00	39079.54
2033	36	2986.49	1816.78	2270.98	41350.52
2034	37	3126.78	1902.12	2377.65	43728.17

De acuerdo al volumen calculado del sitio (44974.5 m³), el cual es comparado con el volumen proyectado de residuos sólidos acumulados hasta el 37^{avo} año (43728.17 m³), nos demuestra que tiene capacidad de albergar los residuos sólidos hasta el año 2034, utilizando la alternativa tecnológica de vertedero controlado y compostaje. Por otro lado nos demuestra también que utilizando la alternativa relleno sanitario manual, el terreno tendrá capacidad de albergar los residuos sólidos hasta el año 10 de su implementación el cual corresponderá al año 2007.

8.2.2. COMPOSTAJE.

8.2.2.1. DESCRIPCION GENERAL DE LA PLANTA (PLANO 6, ANEXO 4).

La planta se ubicará en un área de 1260 m², contando en su primera fase con 792 m² de construcción en donde se ubicará un área de administración con instalaciones sanitarias, una sección de almacenamiento de materiales recuperados, un área de aseo personal con duchas, inodoros, lavamanos y vestidores; un área de pesado y triturado (opcional), dos baterías de 6 cámaras cada una, y un patio de enfriamiento, cribado y pesado.

8.2.2.2. DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA.

- **Caseta de pesado y oficina de seguridad, en la entrada del proyecto:** Construcción de bloque rústico reforzado y techo de lámina de zinc, con un área construida de 3 * 3 metros (incluye instalaciones sanitarias) (PLANOS 6 Y 8, ANEXO 4).

- **Caseta de selección manual y almacenaje de objetos recuperados y de material de rechazo:** Consiste en un área techada de 7 * 18 metros, constituida por armaduras de madera, piso de concreto y techo de lámina de zinc. Muros de bloque rústico reforzado. Se colocará una mesa de trabajo para la separación manual de los residuos (PLANO 6, ANEXO 4).

- **Baterías de cámaras de compostaje:** El proyecto cuenta con dos baterías con 6 cámaras de 3.6 * 12.5 metros, cada una es decir dos edificios de 18 * 24 metros cada uno con divisiones internas que conforman las cámaras. La construcción será de bloque rústico reforzado, de 2.5 metros de alto, rematado con forro de zinc en la parte alta hasta alcanzar 5 metros de altura. Techo con armaduras de metal y forro de lámina de zinc. Piso de concreto con zanjas de 25 * 30 cm para aireación y recolección de lixiviados. Las cámaras estarán dotadas de 2 compuertas de madera en la entrada y dos a la salida. En la parte más alta del techo se colocarán chimeneas con el propósito de extraer el aire caliente (PLANO 8, ANEXO 4).

- **Área de enfriamiento, pesado y cribado:** El sitio consistirá, en un área techada de 5 * 18 * 2.50 m, conformada por columnas de bloque reforzado y estructura de madera.

8.2.2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

a. **Recepción y separación de los desechos:** Los desechos serán transportados a la mesa, donde se separará el material orgánico del inorgánico. El material orgánico pasará a las cámaras de composte, mientras que el material inorgánico recuperado, será almacenado para su posterior venta.

b. **Deposición de los desechos inorgánicos no recuperables:** Los desechos inorgánicos, deberán ser depositados en recipientes,

transportados por medio de carretillas al relleno sanitario, en donde se le dará disposición final.

c. **Trituración (opcional):** Los desechos orgánicos pasarán de forma manual a una máquina trituradora, con el objetivo de lograr partículas de desecho con diámetro de 3 cm, obteniéndose de esta manera una disminución del 26 % del material entrante a la trituradora (Tabla 8.5), (Fuente: Proyecto de composte y tratamiento de desechos sólidos de la ciudad de Masaya, Nicaragua, 1994).

d. **Baterías de cámaras de compostaje (PLANO 10, ANEXO 4):** La planta tendrá dos baterías cada una con 6 cámaras de compostaje cada una. Cada cámara tendrá una capacidad de 68 m³ con las dimensiones siguientes 12.50 * 3.00 * 1.50 m, la cual será cubierta, con 8 días, sucesivamente el material será transportado a las cámaras restantes hasta completar la última cámara de la primera batería, en un período aproximado de 45 a 50 días, momento en el cual se procederá a dar el primer volteo en la primera cámara, el cual consiste en pasar los residuos de esta a la primera cámara de la segunda batería, en donde permanecerá igual período de tiempo que en la primera cámara de la primera batería, hasta lograr un material estabilizado, transcurrido este tiempo es pasado al área de enfriamiento en donde pasará de 1 a 2 meses para ser cribado, obteniendo una granulometría de 1 a 2 mm; el material retenido por el cribado, será transportado al vertedero controlado. El material de composte será empacado en sacos y pesado para la venta.

En la Tabla 8.5 se presenta la producción de composte por año.

TABLA 8.5
PRODUCCION DE MATERIAL DE COMPOSTE.

AÑO	VU	PO (kg/día)	VOLUMEN (m ³ /año)	MT (kg/día)	QUINTALES DE COMPOSTE/AÑO
1997	0	3422.63	3423.90	2532.75	9629.7
1998	1	3583.43	3584.72	2651.74	10082.0
1999	2	3751.94	3753.32	2776.43	10556.2
2000	3	3928.16	3929.62	2906.84	11052.1
2001	4	4112.86	4114.39	3043.52	11571.7
2002	5	4306.05	4307.65	3186.48	12115.3
2003	6	4423.06	4424.69	3273.06	12444.4
2004	7	4720.58	4722.33	3493.23	13281.5
2005	8	4942.30	4944.13	3657.30	13905.4
2006	9	5174.82	5176.74	3829.37	14559.6
2007	10	5417.75	5419.76	4009.14	15243.7
2008	11	5672.64	5674.74	4197.75	15960.2
2009	12	5939.08	5941.29	4394.93	16709.9
2010	13	6218.27	6220.57	4601.52	17495.4
2011	14	6510.55	6512.96	4817.81	18317.7
2012	15	6816.54	6819.06	5044.24	19178.6
2013	16	7136.78	7139.43	5281.22	20079.7
2014	17	7472.25	7475.02	5529.47	21023.5
2015	18	7823.54	7826.44	5789.42	22011.9
2016	19	8191.02	8194.05	6061.35	23045.8
2017	20	8576.24	8579.42	6346.42	24129.6
2018	21	8979.20	8982.64	6644.69	25263.7
2019	22	9401.44	9404.93	6957.07	26451.4
2020	23	10151.44	10155.21	7512.07	28561.5
2021	24	10305.68	10309.49	7626.20	28995.4
2022	25	10790.00	10793.99	7984.60	30358.1
2023	26	11297.46	11301.64	8360.12	31785.9

Manejo Integral de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez

ANO	VU	PO (kg/día)	VOLUMEN (m ³ /año)	MT (kg/día)	QUINTALES DE COMPOSTE/ANO
2024	27	11828.43	11832.81	8753.04	33279.8
2025	28	12384.09	12388.64	9164.20	34843.1
2026	29	12966.35	12971.15	9595.10	36481.4
2027	30	13575.61	13580.64	10045.95	38195.6
2028	31	14213.79	14219.05	10518.20	39991.1
2029	32	14881.65	14887.16	11012.4	41870.1
2030	33	15581.14	15586.91	11530.04	43838.2
2031	34	16313.41	16319.45	12071.92	45898.4
2032	35	17080.37	17086.69	12639.47	48056.3
2033	36	17883.46	17890.08	13233.76	50315.9
2034	37	18723.51	18730.45	13855.40	52679.4

donde:

VU = Vida útil (años)

PO = Producción de desechos sólidos orgánicos
por día.

MT = Producción de desechos sólidos orgánicos
triturados por día

$$MT = 0.26 * PO$$

VOLUMEN = Volumen de MT

$$VOLUMEN = MT * 365/270$$

$$qq \text{ DE COMPOSTE/ANO} = VOLUMEN * 180/64$$

CAPITULO 9

COSTOS

9. COSTOS.

9.1. ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA 1.

9.1.1. COSTOS DE INVERSION.

Entre los costos de inversión se encuentran: estudios y diseño, adquisición del terreno y preparación del terreno y obras complementarias.

a. Costo de estudios y diseños preliminares.

Se consideran cero, debido a la existencia del presente estudio especial.

b. Adquisición del terreno.

Se considera cero, el terreno a utilizar es el cerro El Astillero, propiedad de la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

c. Preparación del terreno y obras complementarias.

**TABLA 9.1
COSTOS DE INVERSION, ALTERNATIVA 1.**

No	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO(Q) UNITARIO	COSTO(Q) TOTAL
1	DESMONTE	26712.573	m ²	0.61	16294.67
2	VIA DE ACCESO INTERNA Y EXTERNA (ALQUILER DE TRACTOR DE ORUGA)	48	horas	250.00	12000.00
3	PREPARACION DE TERRENO PARA CELDAS Y DREN. DE PERCOLADO (ALQUILER DE RETROEXCAVADORA)	48	hora	200.00	9600.00
4	DRENAJE PERIMETRAL (ALQUILER DE RETROEXCAVADORA)	16	hora	200.00	3200.00
5	CASETA (CON INSTALACIONES SANITARIAS Y TANQUE SEPTICO)	1	unidad		18000.00

No	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO(Q) UNITARIO	COSTO(Q) TOTAL
6	CERCA PERIMETRAL. - ALAMBRE PUA	3500	m	0.34	1190.00
	- GRAPAS	50	libras	2.00	100.00
	- 1 OBRERO	3	días	25.00	75.00
7	CARTEL DE IDENTIFICACION	2	unidad	900.00	1800.00
8	BODEGA Y AREA DE ADMINISTRACION (CON 2 INODOROS, 2 LAVAMANOS, 1 DUCHA CON TANQUE SEPTICO Y FILTRD PERCOLADOR)	1	unidad		30000.00
TOTAL					92259.67

9.1.2. COSTOS DE OPERACION

a. Mano de obra.

TABLA 9.2

COSTOS DE OPERACION, ALTERNATIVA 1.

No	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO(Q) UNITARIO	COSTO(Q) TOTAL
1	CELADORES	4	mes	780.00	3120.00
2	OBREROS	3	mes	780.00	2340.00
1	SUPERVISOR	1	mes	1300.00	1300.00
SUBTOTAL ANUAL					102960.00
PRESTACIONES (0.4 DEL SUBTOTAL)					41184.00
TOTAL					144144.00

b. Herramientas.

<i>No</i>	<i>DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>COSTO(Q) UNITARIO</i>	<i>COSTO(Q) TOTAL</i>
1	PALA	6	año	30.00	180.00
2	PIOCHA	6	año	48.00	288.00
3	ORQUILLA	6	año	46.00	276.00
4	RASTRILLO	6	año	52.00	312.00
5	AZADON	6	año	35.00	210.00
6	CARRETILLA	6	año	150.00	900.00
7	APISONADOR MANUAL	6	año	100.00	600.00
8	RODILLO MANUAL COMPACTADOR	2	año	1500.00	3000.00
TOTAL					5776.00

c. Elementos de protección.

<i>No</i>	<i>DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>COSTO(Q) UNITARIO</i>	<i>COSTO(Q) TOTAL</i>
1	PAR DE GUANTES	72	año	80.00	5760.00
2	PAR DE BOTAS	6	año	120.00	720.00
3	VESTIDO	18	año	140.00	2520.00
TOTAL					9000.00

9.1.3. OTROS COSTOS DE INVERSION.

a. Drenaje de gases.

TABLA 9.3

OTROS COSTOS DE INVERSION, ALTERNATIVA 1.

No	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO(Q) UNITARIO	COSTO(Q) TOTAL
1	PIEDRA No 4	74	m ³	74.80	5535.20
2	ALAMBRE CEDAZO DE ARNERO	1147.35	m ²	15.85	18185.56
3	MADERA DE 4"*2"	1164	pie	4.07	4737.48
4	TUB. DE CONCRETO DE 4"	98	m	17.00	1666.00
TOTAL					30124.24

e. Drenaje de lixiviados.

No	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO(Q) UNITARIO	COSTO(Q) TOTAL
1	PIEDRA No 4	435.24	m ³	74.80	32555.95

9.1.4. COSTO DE CLAUSURA.

Se considera unicamente la colocación de grama en el sitio.

TABLA 9.4

COSTO DE CLAUSURA.

No	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO(Q) UNITARIO	COSTO(Q) TOTAL
1	CUBIERTA VEGETAL Y ENGRANADO	26712.57	m ²	3.85	102843.41

9.1.5. COSTOS TOTALES DE INVERSION Y OPERACION, ALTERNATIVA 1.

COSTO TOTAL DE INVERSION = CI

COSTO TOTAL DE OPERACION = CO

**CI = COSTO DE INVERSION + COSTOS DEL PRIMER AÑO DE OPERACION +
COSTO DE DRENAJE DE GASES + COSTO DE DRENAJE DE LIXIVIADO**

CI = Q313859.86

**CO = COSTO DE MANO DE OBRA + COSTO DE HERRAMIENTAS + COSTO DE
ELEMENTOS DE PROTECCION**

CO = Q158920.00

9.1.6. CALCULO DE LA ANUALIDAD Y TARIFA DE LA ALTERNATIVA 1.

CAUE = COSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE.

**CAUE = 313859.86 [A/P, 13%, 10] + 158920 +
102843.40 [A/F, 13%, 10]**

CAUE = Q222344.60

De la Guía para el diseño, construcción y operación de
rellenos sanitarios manuales de Jorge Jaramillo;

TARIFA = CAUE/12Fcs

Fcs = 1691 (Total de usuarios para 1997).

**Cobertura del servicio del 65.75% (Valor tomado de la encuesta
socioeconómica realizada).**

TARIFA = Q16.67 (mensual por vivienda).

9.2. ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA 2.

9.2.1. COSTOS DE INVERSION DE LA PLANTA DE COMPOSTE.

Se consideran los estudios y diseños preliminares, y adquisición del terreno, igual que para la alternativa 1.

a. Construcción de edificaciones.

TABLA 9.5
COSTOS DE INVERSION, ALTERNATIVA 2.

No	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO(Q) UNITARIO	COSTO(Q) TOTAL
1	MOVIMIENTO DE TIERRA (ALQUILER DE TRACTOR DE DRUGA)	16	horas	250.00	4000.00
2	CONSTRUCCION DE: AREA ADMINISTRATIVA, DE MATERIAL RECUPERABLE Y ASEO PERSONAL.	126	m ²	380.00	47885.00
3	GALERA PARA SELECCION MANUAL	126	m ²	253.37	31924.00
4	CAMARA DE COMPOSTAJE	450	m ²	380.00	171018.00
5	CONSTRUCCION DE DRENAJE DE LIXIVIADOS Y AEREACION DE CAMARAS	20	m ²	150.00	3000.00
6	AREA DE ENFRIAMIENTO Y CRIBADO	90	m ²	253.37	22803.00
7	INSTALACIONES SANITARIAS				14431.59
	INODOROS INSTALADOS	3	unidad	374.21	1122.63
	LAVAMANOS INSTALADOS	3	unidad	336.32	1008.96
	DUCHAS INSTALADAS	2	unidad	90.00	180.00
	TANQUE SEP. Y POZO DE ABSORCION	1	unidad	12000.00	12000.00
8	INST. DE AGUA Y LUZ				7680.00
9	BASCULA DE PIE	1	unidad	1200.00	1200.00
10	OTROS COSTOS				4000.00
TOTAL					307941.59

9.2.2. COSTO DE OPERACION DE LA PLANTA DE COMPOSTE.

a. Mano de obra.

TABLA 9.6
COSTOS DE OPERACION DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE.

No	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO(Q) UNITARIO	COSTO(Q) TOTAL
1	ENCARGADO DE LA PLANTA Y VERTEDERO CONTROLADO	1	mes	1300.00	1300.00
2	SELECCIONADORES	3	mes	780.00	2340.00
3	ENCARGADOS DE VOLTEAR Y CRIBAR	3	mes	780.00	2340.00
4	CELADORES	2	mes	780.00	1560.00
SUBTOTAL ANUAL					90480.00
PRESTACIONES (0.4 DEL SUBTOTAL)					36192.00
TOTAL ANUAL					126672.00

b. Protección de personal.

No	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO(Q) UNITARIO	COSTO(Q) TOTAL
1	PAR DE GUANTES	96	año	80.00	7600.00
2	PAR DE BOTAS	8	año	120.00	960.00
3	VESTIDO	24	año	140.00	3360.00
	TOTAL				11920.00

9.2.3. COSTO DE INVERSION DEL VERTEDERO CONTROLADO.

TABLA 9.7

COSTOS DE INVERSION DEL VERTEDERO CONTROLADO.

No	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO(Q) UNITARIO	COSTO(Q) TOTAL
1	LIMPIEZA	26712.53	m ²	0.61	16294.67
2	VIA DE ACCESO INTERNA Y EXTERNA (ALQUILER DE TRACTOR DE ORUGA)	48	horas	250.00	12000.00
3	PREPARACION DEL TERRENO PARA CELDAS (ALQUILER DE RETROEXCAVADORA)	24	horas	200.00	4800.00
4	DRENAJE PERIMETRAL (ALQUILER DE RETROEXCAVADORA)	16	horas	200.00	3200.00
5	CASETA (CON INST. SANITARIAS Y TANQUE SEP. Y POZO)	1	unidad		18000.00
6	CERCA PERIMETRAL (mismo del relleno sanitario)				1365.00
7	CARTEL DE IDENTIFICACION	2	unidad	900.00	1800.00
TOTAL					57459.67

9.2.4. COSTOS DE OPERACION DEL VERTEDERO CONTROLADO.

a. Mano de obra.

TABLA 9.8

COSTOS DE OPERACION DEL VERTEDERO CONTROLADO.

No	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO(Q) UNITARIO	COSTO(Q) TOTAL
1	TRABAJADOR	1	mes	780.00	780.00
SUBTOTAL ANUAL					9360.00
PRESTACIONES (0.4 DEL SUBTOTAL)					3744.00
TOTAL					13104.00

b. PROTECCION DEL TRABAJADOR.

No	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO(Q) UNITARIO	COSTO(Q) TOTAL
1	PAR DE GUANTES	12	año	80	960.00
2	PAR DE BOTAS	1	año	120	120.00
3	VESTIDO	3	año	140	420.00
TOTAL					1500.00

c. Herramientas.

No	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO(Q) UNITARIO	COSTO(Q) TOTAL
1	PALA	2	unidad	30.00	60.00
2	PIOCHA	2	unidad	48.00	96.00
3	HORQUILLA	2	unidad	46.00	92.00
4	AZADON	2	unidad	35.00	70.00
5	CARRETILLA	2	unidad	150.00	300.00
6	APISONADOR MANUAL	2	unidad	100.00	200.00
7	RODILLO MANUAL COMPACTADOR	2	unidad	1500.00	1500.00
TOTAL					2318.00

9.2.5. COSTOS TOTALES DE INVERSION Y OPERACION, ALTERNATIVA 2.

COSTO TOTAL DE INVERSION = CI

COSTO TOTAL DE OPERACION = CO

CI = (TOTAL DE CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES DE LA PLANTA DE COMPOSTE + COSTOS DE OPERACION DEL PRIMER AÑO DE LA PLANTA DE COMPOSTE + COSTO DE INVERSION DEL VERTEDERO CONTROLADO + COSTOS DE OPERACION DEL PRIMER AÑO DEL VERTEDERO CONTROLADO) + 5 % DEL TOTAL DE ESTOS COSTOS (POR IMPREVISTOS).

CI = Q546961.02

CO = COSTOS DE OPERACION DE LA PLANTA DE COMPOSTE + COSTOS DE OPERACION DEL VERTEDERO CONTROLADO.

CO = Q155514.00

9.2.6. CALCULO DE LA ANUALIDAD Y TARIFA DE LA ALTERNATIVA 2.

El estudio solo contempla la caracterización de los desechos sólidos, tratamiento y disposición final de modo que las tarifas calculadas solo contemplan el costo de estos servicios, no así los sistemas de recolección y transporte.

$$CI = Q546961.02$$

$$CO = 155514.00$$

$i = 13\%$ (Tasa de interés para proyectos estatales).

$n = 37$ años (Vida útil).

GMC = Ingresos por la producción de composte para el primer año Q83076, se proyecta que el costo del composte incrementa 3% por año.

GMR = Ingresos por venta de material inorgánico recuperado para el primer año Q113182, se proyecta que el costo del material recuperado incrementa 1% por año (precios obtenidos de tabla de costos de materiales recuperados del proyecto Alameda Norte).

El estudio proyecta dos opciones:

1. Que se logre el 50% de la venta del material de composte anual y que no se venda el material inorgánico recuperado.

$$G1 = GMC * 0.03 * 0.50 \text{ (Incremento en la venta del composte)}$$

$$G1 = Q1246.14/\text{AÑO}$$

$$CAUE = -546961.02[A/P, 13\%, 37] - 155514.00 + 83076*0.5 + 1246.14[A/G, 13\%, 37] \text{ (COSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE)}$$

$$CAUE = - Q176988.58$$

De la Guía para el Diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales de Jorge Jaramillo:

$$TARIFA = CAUE/12Fcs$$

$$Fcs = 1691 \text{ (Total de usuarios para 1997).}$$

Cobertura del servicio del 65.75% (tomado de la encuesta socioeconómica, realizada en junio de 1996).

$$TARIFA = Q13.27 \text{ (mensual por vivienda)}$$

2. Que se logre el 90% de la venta del material de composte anual y que se venda el 90% de material inorgánico recuperado.

Manejo Integral de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez

$G1 = GMC * 0.03 * 0.90$ (Incremento en la venta de composte)

$G1 = Q2243.05$

$G2 = GMC * 0.01 * 0.90$ (Incremento en la venta de material inorgánico recuperado)

$G2 = Q1018.64$

$CAUE = -546961.02[A/P, 13\%, 37] - 155514 + 83076*0.9 +$
 $2243.05[A/G, 13\%, 37] + 113182*0.9 + 1018.64[A/G, 13\%, 37]$
(COSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE).

$CAUE = Q-27213.11$

$TARIFA = CAUE/12Fcs$

$Fcs = 1691$

Cobertura del servicio del 65.75 %.

$TARIFA = Q2.04$

10. CONCLUSIONES.

1. El estudio encontró como limitación la poca cooperación de las administraciones de las diferentes industrias, por tal razón se profundizó en la caracterización, tratamiento y disposición final de desechos sólidos domiciliarios.
2. La Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, no cuenta con una metodología de tratamiento y sitio de disposición final de sus desechos sólidos.
3. De acuerdo a los porcentajes de composición física de los desechos sólidos domiciliarios, el 85.69% es materia orgánica, lo que sugiere como posible tratamiento una planta de compostaje.
4. La relación C:N de los desechos sólidos domiciliarios es un promedio de 19.5:1, que está por debajo de los niveles óptimos (entre 25 y 50) para el compostaje aerobio, lo que puede producir emisiones de amoníaco e impedir la actividad biológica durante el proceso.
5. La humedad de los desechos sólidos domiciliarios en promedio es de 41.8%, se encuentra dentro de los valores óptimos (entre el 40 y 60%), para que se de la actividad biológica.
6. El pH de los desechos sólidos domiciliarios en promedio es de 6.37, no se encuentra dentro del rango óptimo (entre 7 y 7.5) para lograr una descomposición aerobia óptima.
7. Para incinerar los desechos sólidos sin combustible auxiliar, se requiere un poder calórico mínimo de 1000 cal/g; y para recuperar energía 1500 cal/g, comparando con el de los desechos domiciliarios de San Lucas, de 3612 cal/g, estos se pueden incinerar, sin combustible auxiliar y también sirven para recuperar energía; sin embargo por su alto costo y mano de obra especializada, el estudio recomienda, no utilizarlo como sistema de tratamiento de desechos sólidos de esta municipalidad.
8. De acuerdo a la encuesta socioeconómica se ha podido determinar que la disponibilidad de pago por la recolección de la basura es de Q13.15, el 65.75% de los habitantes están de acuerdo con un servicio de recolección municipal, 30.14% de la población

tiene conocimiento sobre reciclaje y el 21.92% separa la basura.

9. Para este estudio preliminar, el sitio escogido para la disposición, cumple con las características deseables para un relleno sanitario.

10. El 14.31% de los desechos sólidos es material inorgánico, por lo que no es una actividad rentable, su venta.

11. No existe un tren de aseo y recolección definida en San Lucas Sacatepéquez.

12. Comparando las dos alternativas seleccionadas, el sitio escogido tendrá una vida útil de 10 años para la alternativa 1 (relleno sanitario); y de 37 años para la alternativa 2 (planta de compostaje y vertedero controlado).

13. Del análisis económico se puede concluir que: con la alternativa 1, la tarifa mensual es Q16.67 por vivienda y con la alternativa 2, la tarifa mensual mínima que se puede lograr es Q2.04.

11. RECOMENDACIONES.

1. Las industrias deben tratar y disponer de sus desechos.
2. El estudio, determinó la utilización de cualquiera de las dos alternativas. Además de la realización de un estudio de ruta de recolección y transporte.
3. Realizar el estudio de impacto ambiental para las dos alternativas.
4. De seleccionar la alternativa 1, se debe estudiar y escoger el mejor método para el tratamiento de los lixiviados.
5. De seleccionar la alternativa 1, inmediatamente se deben realizar estudios para la determinación o ubicación de otro lugar donde tratar y disponer los desechos sólidos del relleno sanitario proyectado, al finalizar la vida útil del mismo.
6. De seleccionar la alternativa 2, se recomienda la utilización del diseño proyectado, aumentando la relación carbono:nitrógeno, con la adición de material vegetal, como pueden ser recortes de parques y otros.

Además se debe desarrollar una campaña de: promoción y venta de material de composte.

7. Cualquiera de las 2 alternativas que sea escogida, se debe dar una intensa capacitación en educación sanitaria, específicamente en desechos sólidos, a la población en general.

12. GLOSARIO:

AGUA SUBTERRANEA: Agua debajo de la superficie de la tierra y localizada entre tierra saturada y roca. Es el agua que suministra a pozos y manantiales.

BASURA: Todo residuo sólido o semi-sólido que carece de valor para su inmediato poseedor, con excepción de excretas de origen humano o animal. Están comprendidos en la misma definición los desperdicios, desechos, cenizas, elementos de barrido de calles, residuos industriales, de establecimientos hospitalarios y de plazas de mercado, entre otros.

DISPOSICION FINAL: Es la última actividad operacional del servicio de aseo urbano, mediante la cual las basuras son descargadas en forma definitiva.

GESTION INTEGRADA DE RESIDUOS SOLIDOS: La gestión residuos sólidos basada en las siguientes consideraciones: reducción en origen, reciclado, transformación de residuos y vertido, organizadas según un orden jerárquico. El control sistemático y determinado de los elementos funcionales: generación; manipulación de residuos, separación, y procesamiento en el origen; recogida; separación y procesamiento y transformación de residuos sólidos, transferencia y transporte, y vertido asociado a la gestión de residuos sólidos desde el punto de generación a la disposición final.

LLIXIVIADO: Es el líquido que percolado a través de los desechos sólidos, acarrea materiales disueltos o suspendidos.

La infiltración de una fracción de la precipitación pluvial es el principal generador del lixiviado en los rellenos sanitarios y en los botaderos de basura. Otros contribuyentes son: el contenido de humedad propia de los desechos, el agua de la descomposición y la infiltración de aguas subterráneas.

MATERIAL BIODEGRADABLE: Un compuesto que puede ser degradado o convertido en compuestos más sencillos por microorganismos.

MATERIAL DE CUBRICION: Tierra u otro material utilizado para

cubrir residuos sólidos compactados en un vertedero controlado o relleno sanitario.

PERMEABILIDAD: Se define como la velocidad del flujo del agua en el suelo bajo un gradiente hidráulico unitario. La dimensión de la permeabilidad es la de una velocidad, ya que su dimensión es la longitud dividida por el tiempo.

PRECIPITACION: Es el agua atmosférica que cae al suelo en estado líquido o sólido, tal como la lluvia, nieve y granizo. La intensidad y frecuencia de la precipitación deben ser previstas en la construcción del relleno sanitario, para adoptar las dimensiones apropiadas de los sistemas de drenaje.

RECICLAJE: Es un proceso mediante el cual ciertos materiales de las basuras se separan, recogen, clasifican y almacenan para reincorporarlos como materia prima al ciclo productivo.

RECUPERACION: Actividad relacionada con la obtención de materiales secundarios, bien sea por separación, desempaquetamiento, recogida o cualquier otra forma de retirar de los residuos sólidos algunos de sus componentes para su reciclaje o reuso.

RESIDUO SOLIDO DOMESTICO: El que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento asimilable a éstas.

RESIDUO SOLIDO INDUSTRIAL: Aquél que es generado en actividades propias de este sector, como resultado de los procesos de producción.

REUSO: Es el retorno de un bien o producto a la corriente económica para ser utilizado en forma exactamente igual a como se utilizó antes, sin cambio alguno en su forma o naturaleza.

SANEAMIENTO: Control de todos los factores del ambiente físico del hombre que ejercen o pueden ejercer un efecto pernicioso en su desarrollo físico, su salud y su supervivencia.

SEPARACION: Dividir residuos en grupos de materias similares, como productos de papel, vidrio, residuos de comida, y metales. También se usa para describir la selección adicional de materias

en categorías más específicas, como vidrio transparente y vidrio oscuro. La separación se puede hacer manualmente o mecánicamente, con equipo especializado.

SEPARACION DE COMPONENTES: La separación o clasificación de residuos en componentes o categorías.

SEPARACION MANUAL: La separación de residuos realizada manualmente. La separación manual se hace en la casa u oficina manteniendo los residuos de comida separados de los papeles de periódicos, o en una instalación de recuperación de materiales mediante la recogida de cartón grande y otros materiales recuperables.

TRATAMIENTO: Es el proceso de transformación físico, químico o biológico de los desechos sólidos que procura obtener beneficios sanitarios económicos, reduciendo o eliminando efectos nocivos al hombre o al medio ambiente.

TRITURACION: Operaciones mecánicas utilizadas para reducir el tamaño de los residuos sólidos.

VECTORES: Son seres que actúan en la transmisión de enfermedades, llevando el agente de la enfermedad de un enfermo o un reservorio, a una persona sana.

VERTEDERO CONTROLADO: Un método de ingeniería para la eliminación de residuos sólidos en la tierra, de una forma tal que se protege la salud pública y el medio ambiente. El residuo se esparce en capas finas, compactándolo al volumen práctico más pequeño, y tapándolo con tierra u otro material apto, al final de cada día laboral.

VIDA UTIL: Es el período de tiempo en que el relleno sanitario estará apto para recibir basura continuamente. El volumen disponible por rellenar, es el que habrá entre la superficie original del terreno, después de su preparación para empezar a recibir basura, y la superficie final del proyecto.

En el cálculo de la vida útil intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto técnico y económicamente aconsejable.

12. BIBLIOGRAFIA.

1. Queiroz, Luiz; Tratamiento de Lixo; Hemus editora limitada; Brasil. 1987.
2. Jaramillo, Jorge; Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. OPS/OMS. Washington. 1991.
3. Tchobanoglous, George; Theisen, Hilary; Vigil, Samuel; Gestión integral de Residuos sólidos, volumen I y volumen II. McGraw-Hill. España. 1994.
4. Deffis, Armando; La basura es la solución. Editorial Concepto S.A. México, D.F. 1991.
5. Acurio, Guido y Gónima, Alberto; Manual de diagnóstico para instituciones de limpieza pública (documento preliminar). OPS/OMS. Washington. 1982.
6. Sakurai, Kunitoshi; Análisis de residuos sólidos. Manual de instrucción (versión preliminar). OPS/OMS. Washington. 1981.
7. Foidl, Nikolaus; Bauer, Heidi; Escobar, Elda; Cáceres, Vidal; Aguirre, Margarita; Proyecto composte. Tratamiento de desechos sólidos de la ciudad de Masaya y Análisis financiero del tratamiento de aguas residuales del matadero de Masaya. Departamento de Biomasa-UNI, Empresas Sucher & Holzer Austria. Managua. 1994.
8. Barrientos, César; Estudio del sistema de aseo urbano existente en las ciudades de Antigua Guatemala y Jocotenango y consideraciones para el manejo adecuado de los residuos sólidos. OPS/OMS. Guatemala. 1988.
9. Morán, Anabella; Estudio especial, Estudio de los desechos sólidos de San Lucas Sacatepéquez y su aplicación al diseño de un relleno sanitario manual. USAC/ERIS. Guatemala. 1992.
10. Reyes, Alcibiades; Estudio especial, Caracterización de los desechos sólidos de mercado municipal de Antigua Guatemala. USAC/ERIS. Guatemala. 1994.
11. Curso Regional de intercambio en la gestión de desechos sólidos urbanos en América Central; Proyecto. Manejo Integral de desechos sólidos (PROMIDS). Nicaragua. 1995.

12. Lineamientos para la elaboración de planes de aseo urbano, sección II. Aspectos técnico. Guatemala. 1994.
13. INGENIERIA QUIMICA; Optimismo en la industria química Catalana, los residuos en Cataluña, tratamiento de agua y residuos. Gestión del Agua. Revista mensual. Año XXVII. No. 309. Enero, 1995.
14. Blank, Leland y Tarquin, Anthony; Ingeniería Económica. McGraw-Hill. Méjico, 1992.
15. Taylor, George; Ingeniería Económica, toma de decisiones económicas. Limusa, Noriega editores. Méjico, 1994.
16. Instituto de Fomento Municipal, División de Obras Municipales, Departamento de Obra Civil, Sección de diseño y desarrollo de edificios; Hojas de integración de costos para la Municipalidad de Santiago Sacatepéquez. Agosto, 1996.

13. ANEXOS.

13.1. ANEXOS 1.

PROGRAMA BASIC

```
10 PRINT "DESEA CANTIDAD NECESARIA (C) o ERROR (E)?"
20 ANSWER$ = INPUT$(1)
30 PRINT " ", ANSWERS
40 IF ANSWER$ = "C" THEN 70 ELSE 50
50 IF ANSWER$ = "E" THEN 200 ELSE 60
60 PRINT "NO ENTIENDO, MARQUE C o E": GOTO 20
70 INPUT "MINIMO DE ELEMENTOS ", T
80 INPUT "MAXIMO DE ELEMENTOS ", P
90 I = (P-T)/5
100 INPUT " % MAXIMO DE ERROR ", D
110 INPUT "CONSTANTE (USUAL 1) ", C
120 M = T/((T*(D/100)^2) + 1)
130 PRINT "NUMERO DE ELEMENTOS TOTAL", T
140 PRINT "ELEMENTOS A ENCUESTAR ", INT (M): PRINT
150 T = T + 1
160 IF T > P THEN END ELSE GOTO 120
200 INPUT "TOTAL DE ELEMENTOS ", T
210 INPUT "ELEMENTOS ENCUESTADOS ", M
220 IF M = 0 THEN END ELSE 230
230 INPUT "CONSTANTE, (USUAL 1) ", C
240 E = SQR(1/M-C/T)
250 PRINT " ERROR % ", INT(E*100)
260 PRINT "OTRO CALCULO? " : GOTO 210
```

(Fuente: Programa elaborado por el Ingeniero Alfredo Szarata).

San Lucas Sacatepéquez, 13 de Junio de 1996.

Respetado Señ(or, ita, ora):

El objetivo de la presente es informarle que estudiantes de la Maestría de Ingeniería Sanitaria en conjunto con la Municipalidad, estarán realizando estudios sobre la disposición de la basura en esta localidad; por lo cual visitarán sus casas durante las semanas del 16 al 21 y del 24 al 28 de junio de 1996, entregándoles bolsas para que depositen su basura diariamente, la cual será recogida el día siguiente. Esta actividad no representará ningún costo a su persona, ya que su fin es investigar como resolver un problema de saneamiento que afecta la salud del vecindario.

GRACIAS POR SU COLABORACION,



MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPEQUEZ.

[Handwritten signature]

San Lucas Sacatepéquez, 13 de Junio de 1996.

Respetado Señ(or, ita, ora):

El objetivo de la presente es informarle que estudiantes de la Maestría de Ingeniería Sanitaria en conjunto con la Municipalidad, estarán realizando estudios sobre la disposición de la basura en esta localidad; por lo cual visitarán sus casas durante las semanas del 16 al 21 y del 24 al 28 de junio de 1996, entregándoles bolsas para que depositen su basura diariamente, la cual será recogida el día siguiente. Esta actividad no representará ningún costo a su persona, ya que su fin es investigar como resolver un problema de saneamiento que afecta la salud del vecindario.

GRACIAS POR SU COLABORACION,

MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPEQUEZ.

[Handwritten signature]



MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL

CENTRO DE SALUD

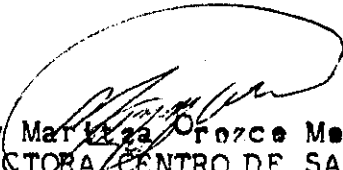
SANTIAGO SACATEPEQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPEQUEZ

Santiago Sacatepéquez, 12 de Junio de 1,996.

A QUIEN INTERESE:

Per este medio se hace constar que los señores:
Ingenieros: VICCELDA DOMINGUEZ DE FRANCO y NORIEL FRANCO
estudiantes de la Maestria en ingenieria Sanitaria de la
Universidad de San Carlos de Guatemala, (USAC.) estaran
llevando a cabo un ESTUDIO SOBRE EL MANEJO DE LA BASURA
EN EL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, Per lo cual --
solicitamos a la comunidad y a las INDUSTRIAS su colabora-
ción ya que los estaran visitando.

Atte.


Dra. Nury Maritza Orozco Montenegro
DIRECTORA CENTRO DE SALUD Y
JEFE DEL DISTRITO DE SALUD No.2.
SANTIAGO SACATEPEQUEZ

SACATEPEQUEZ
CENTRO DE SALUD
Director
SANTIAGO SACATEPEQUEZ

ENCUESTA

FECHA: _____

LUGAR: _____

1. Número de casa: _____.
2. ¿Cuántas personas residen permanentemente? _____.
3. ¿Cuántas personas residen durante días de semana (Lunes a Viernes)? _____.
4. ¿Cuántas personas residen en fin de semana? _____.
5. ¿Cuántas personas trabajan? _____.
6. ¿Cuál es el ingreso promedio familiar? _____.
7. Actualmente, ¿Cómo dispone su basura?
 - a. Quema ()
 - b. Entierra ()
 - c. Servicio de Recolección ()
 - c.1. Municipal () ¿Cuántas veces a la semana le recogen? ¿Cuánto paga?
 - c.2. Privado () () ()
 - c.3. Usted mismo ()
 - c.3.1. ¿Donde la dispone? _____.
 - d. Otros _____.
8. ¿Cómo considera el servicio de recolección?
 - a. Bueno ()
 - b. Regular ()
 - c. Deficiente ()
9. ¿Quién le agradecería que le recolectara la basura?
 - a. Municipio ()
 - b. Empresa Privada ()
 - c. Microempresa de basura ()
10. ¿Conoce usted sobre el reciclaje?

Sí () No ()
11. ¿Separa usted la basura?

Sí () No ()

Si la respuesta es No valla a la pregunta 14, si la respuesta es Sí valla a la pregunta 12.
12. ¿Cómo la separa?
 - a. Vidrio, latas, cartón-papel, residuos de alimento. ()
 - b. Otros _____.
13. ¿Qué hace con el material reciclado?
 - a. Venta ()
 - b. Regala ()
 - c. Cambia ()
 - d. Otros _____.
14. ¿Cuánto estaría usted dispuesto a pagar por un servicio eficiente de recolección de basura por mes? _____.

GRACIAS POR SU COLABORACION,
NOMBRE DEL ENCUESTADOR _____

13.2. ANEXO 2 (FOTOS).

VERTEDEROS CLANDESTINOS.



**CAPACITACION PARA LAS ENCARGADOS DE REALIZAR LAS ENCUESTAS Y
MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS.**



INFORMACION A LOS HABITANTES DEL ESTUDIO (ENCUESTA Y MUESTREO).



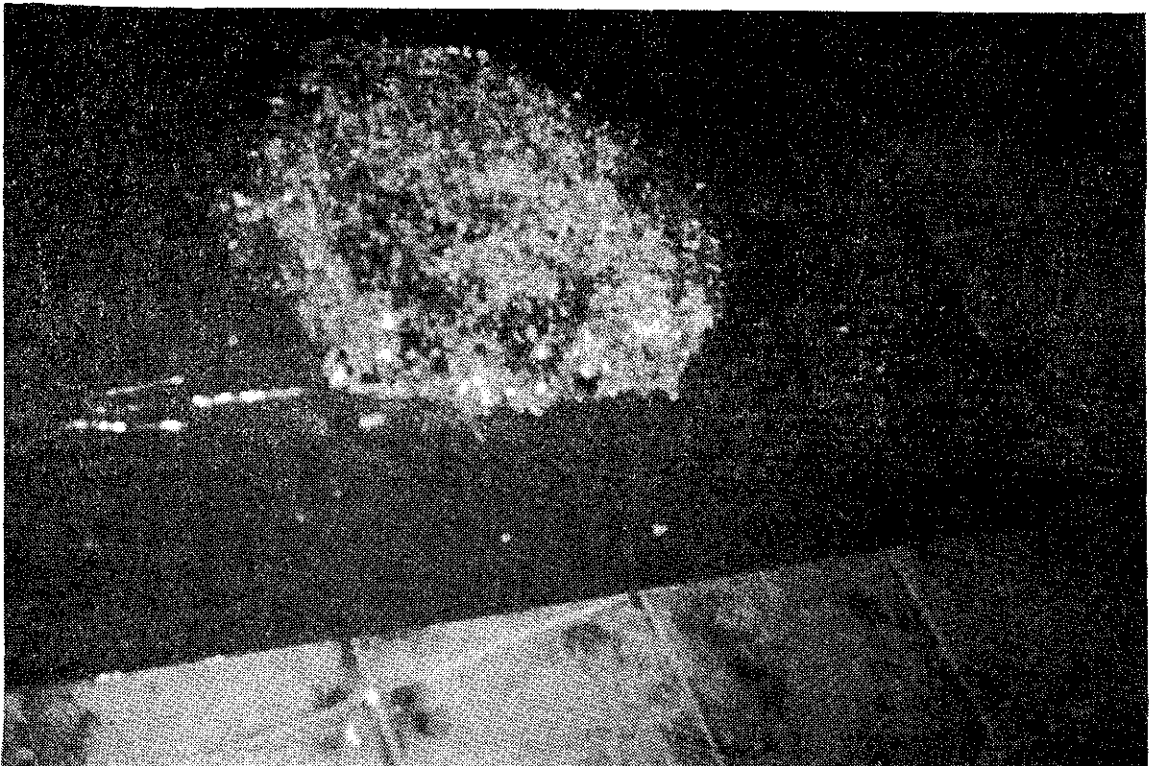
CLASIFICACION DE LOS DESECHOS, PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE COMPOSICION.



**TRITURACION Y SECADO DE MUESTRA DE DESECHOS SOLIDOS DOMESTICOS,
PARA ANALISIS.**



**TRITURACION Y SECADO DE DESECHOS SOLIDOS INDUSTRIALES, PARA
ANALISIS.**





**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS - MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA**



**ORDEN DE TRABAJO No. 8005
INFORME DE LABORATORIO No. 040**

INTERESADO: Ing. VICELDA DOMINGUEZ
Ing. NORIEL FRANCO

MUESTRA: 4 MUESTRAS DE RESIDUOS SOLIDOS

FECHA: 2 DE JULIO DE 1,996

EVALUACION DE HUMEDAD, PERDIDA POR CALCINACION Y pH DE RESIDUOS SOLIDOS.

PROCEDENCIA /	FECHA MUESTREO	R E S U L T A D O S (%)		
		pH	Humedad	P. Calcinac
DOMICILIAR	24-06-96	5.62	42.06	82.16
DOMICILIAR	25-06-96	7.88	48.28	80.25
VERDURAS	25-06-96	5.18	44.04	99.53
DOMICILIAR	26-06-96	5.61	35.06	80.12

Muestra proporcionada por el interesado

Atentamente,

[Signature]
Ing. Q. Telsa Maricela Cano Morales
JEFATURA
LABORATORIO QUIMICA INDUSTRIAL/CII

Vo.Bo.

[Signature]
Ing. Q. César Alfonso García Guerra
DIRECTOR
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE SUELO Y AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"

INTERESADO: VICCELDA DOMINGUEZ
 PROCEDENCIA: MATERIALES ORGANICOS

IDENTIFICA	%										ppm			
	C	N	CIN	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn			
2506 D. SOLIDOS	28.28	1.61	18.1	0.19	2.00	1.81	0.21	29.00	170.00	3025	150.00			
2906 D. SOLIDOS	28.66	1.38	21.1	0.31	2.00	2.58	0.19	15.00	140.00	2575	130.00			
VERDURAS	34.01	4.68	7.1	0.32	4.40	0.61	0.17	15.00	65.00	1100	50.00			

INS. AGRI. ANIBAL SACCALA



COSTA RICA
EL SALVADOR
GUATEMALA
HONDURAS
NICARAGUA

INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

ICAITI

AVENIDA LA REFORMA 4-47, ZONA 10, GUATEMALA, 01010 GUATEMALA, C. A.
APARTADO POSTAL 1582, FAX: (502) 2-317470, TEL.: (502) 2-310631 Y 2-340200
E-MAIL: GENERAL@ICAITI.ORG.GT

INFORME DE LABORATORIO

Interesado: Ing. Viccelda Dominguez de Franco Univ. San Carlos de Guatemala Escuela Regional de Ing. Sanitaria 21 Av. 32-35, Col. Sta. Elisa, z. 12 Ciudad de Guatemala	Muestra: Desechos Sólidos Condiciones de la muestra: Tal como fue entregado a ICAITI	Orden trabajo ICAITI: 96-1740 Registro ICAITI: M-157373 y M-157374 Fecha de recibo: 1996 06 25 Fecha de análisis: 1996 08 02 Fecha de entrega: 1996 08 06
---	--	---

RESULTADO:

ANÁLISIS QUÍMICO

Registro ICAITI	Descripción de la Muestra	Poder Calórico
M-157373	Desechos sólidos de la Meseta de San Lucas Sacatepequez	4,225.54 cal/g
M-157374	Desechos sólidos Domiciliar de San Lucas Sacatepequez	3,612 cal/g

OBSERVACIONES

Determinaciones por duplicado

Método: Oxigen Bomb Calorimetric (Parr)

El resultado de este informe, solo afecta a las muestras sometidas al análisis.
No deberá reproducirse total ni parcialmente, sin la aprobación por escrito del Director de ICAITI.

LABORATORIO:
QUÍMICA GENERAL


JEFE DE LABORATORIO
LIC. TOMÁS PRIETO



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS - MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA



INFORME No. 1011-S.-

D.T. No. 008112.-

INTERESADO: Ing. Noriel Franco

FECHA: 5-Sept.-1996

ASUNTO: Ensayo de Limites de Atterberg

NORMA AASHTO T-89 y T-90

PROYECTO: Tesis

UBICACION: San Lucas Sacatepéquez

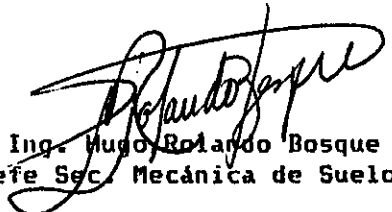
RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL (%)	IP (%)	CSU *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	Prof.me. 2.5	66.6	29.1	MH	Limo Alta compresibilidad, color café
2	Prof.me. 4.00	39.6	10.8	ML	Limo color café

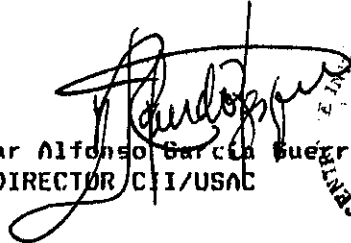
(*) CSU = Clasificación Sistema Unificado

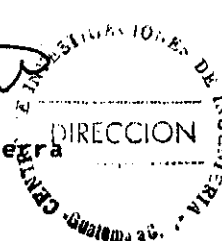
OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.-

Atentamente,


Ing. Hugo Rolando Bosque
Jefe Sec. Mecánica de Suelos

Vo.Bo.

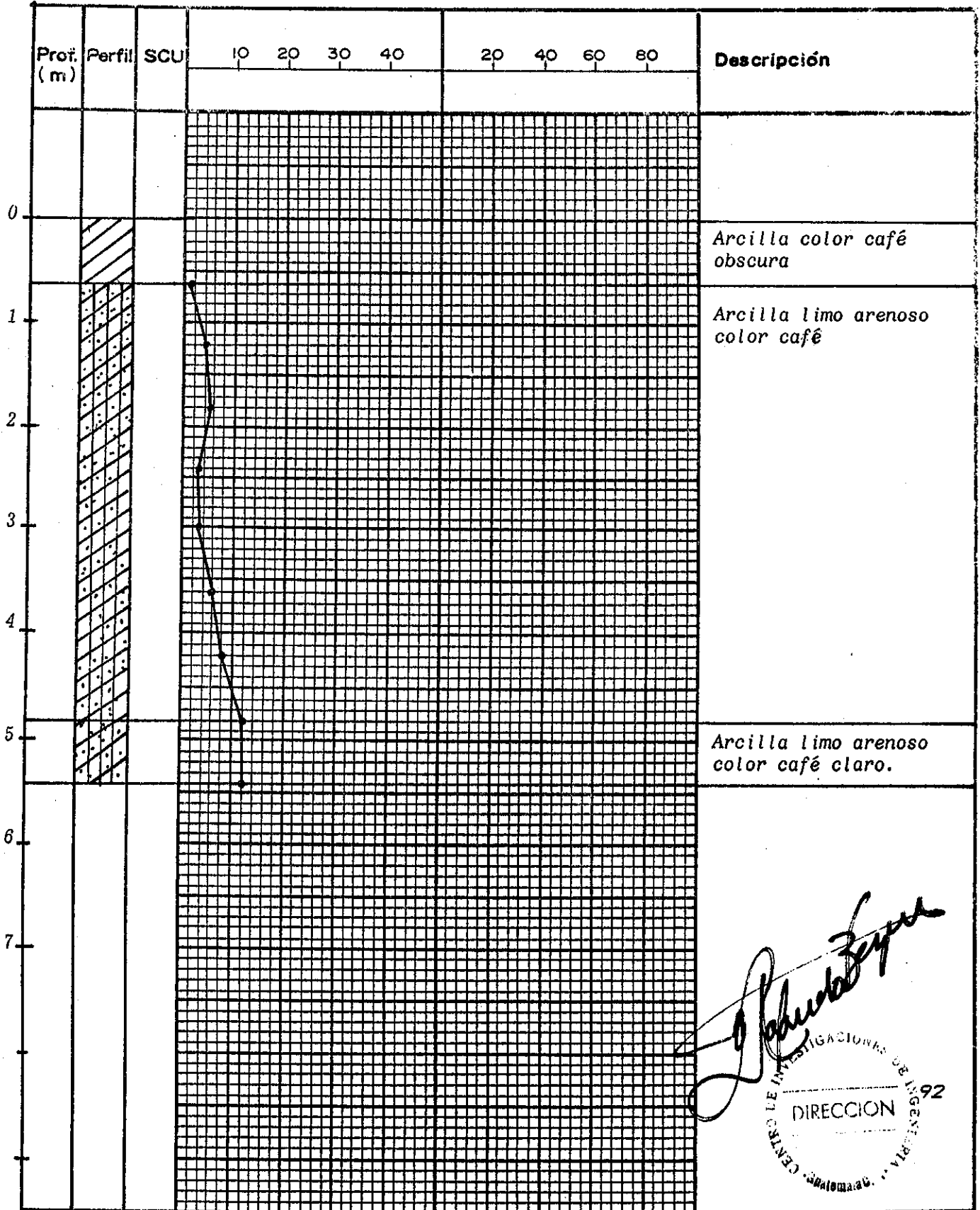

Ing. César Alfonso García Suárez
DIRECTOR C.I./USAC

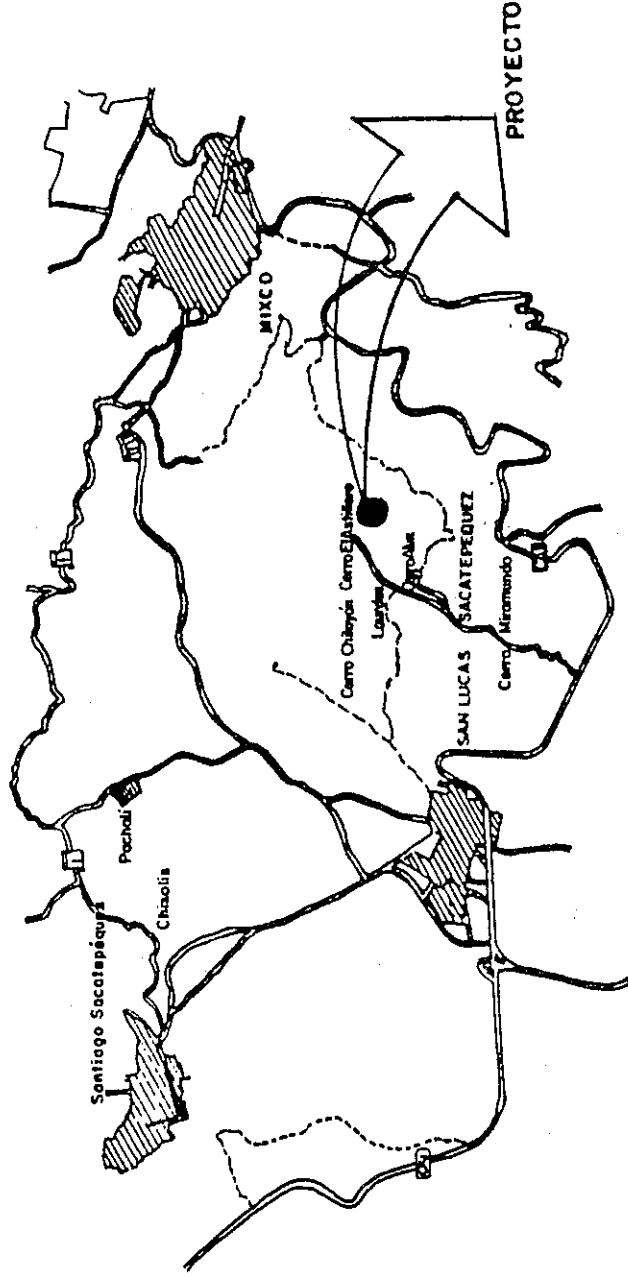


91



PERFIL ESTRATIGRAFICO





**ESTUDIO ESPECIAL: MANEJO INTEGRADO DE RESIDUOS SOLIDOS
DE SAN LUCAS SACATEPEQUEZ**

ELABORADO POR: Ings. NORIEL FRANCO Y VICCELDA DOMINGUEZ

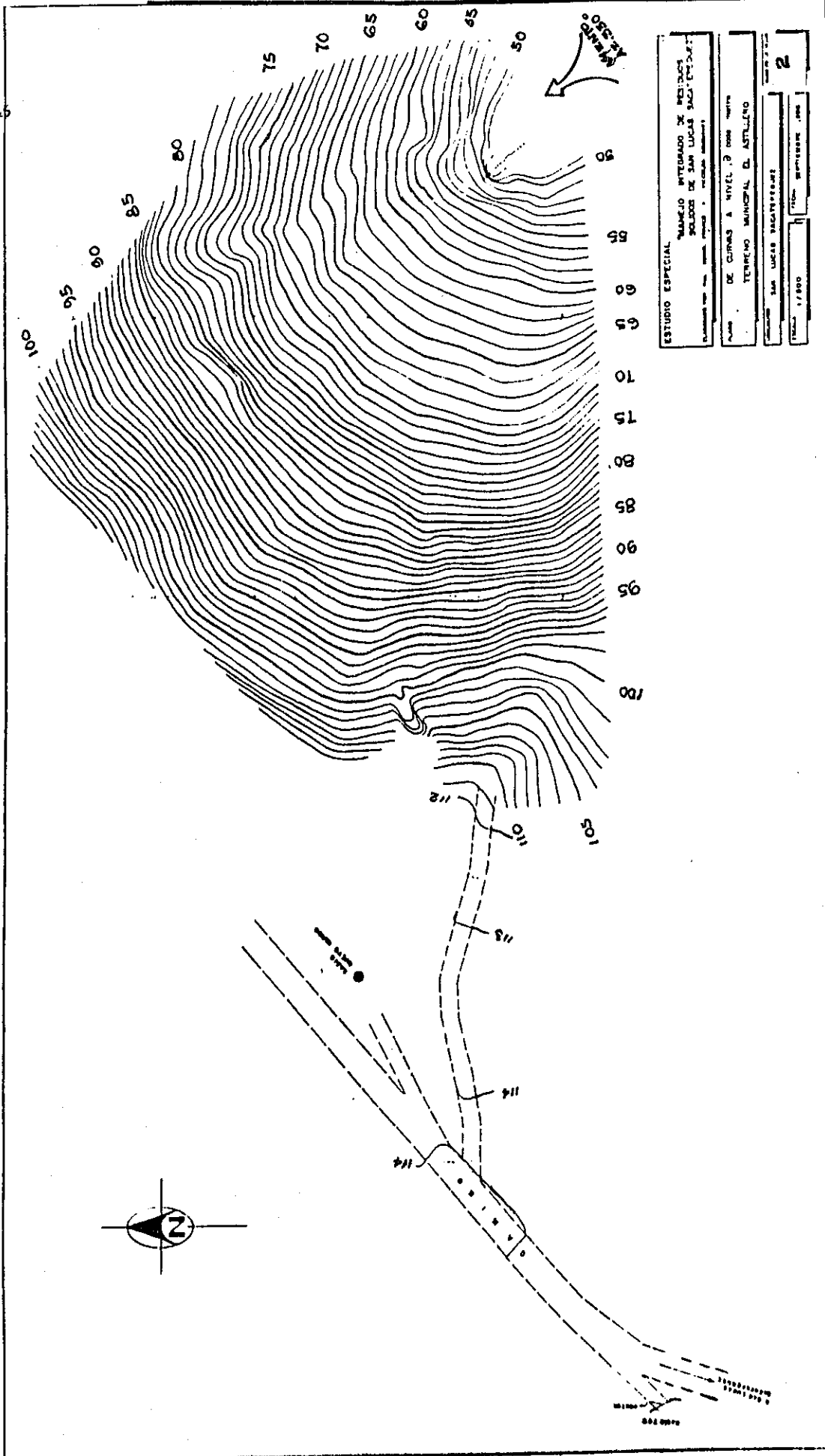
PLANO DE: **UBICACION DEL SITIO DEL PROYECTO**

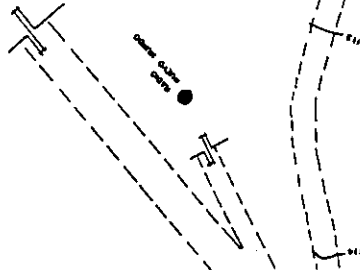
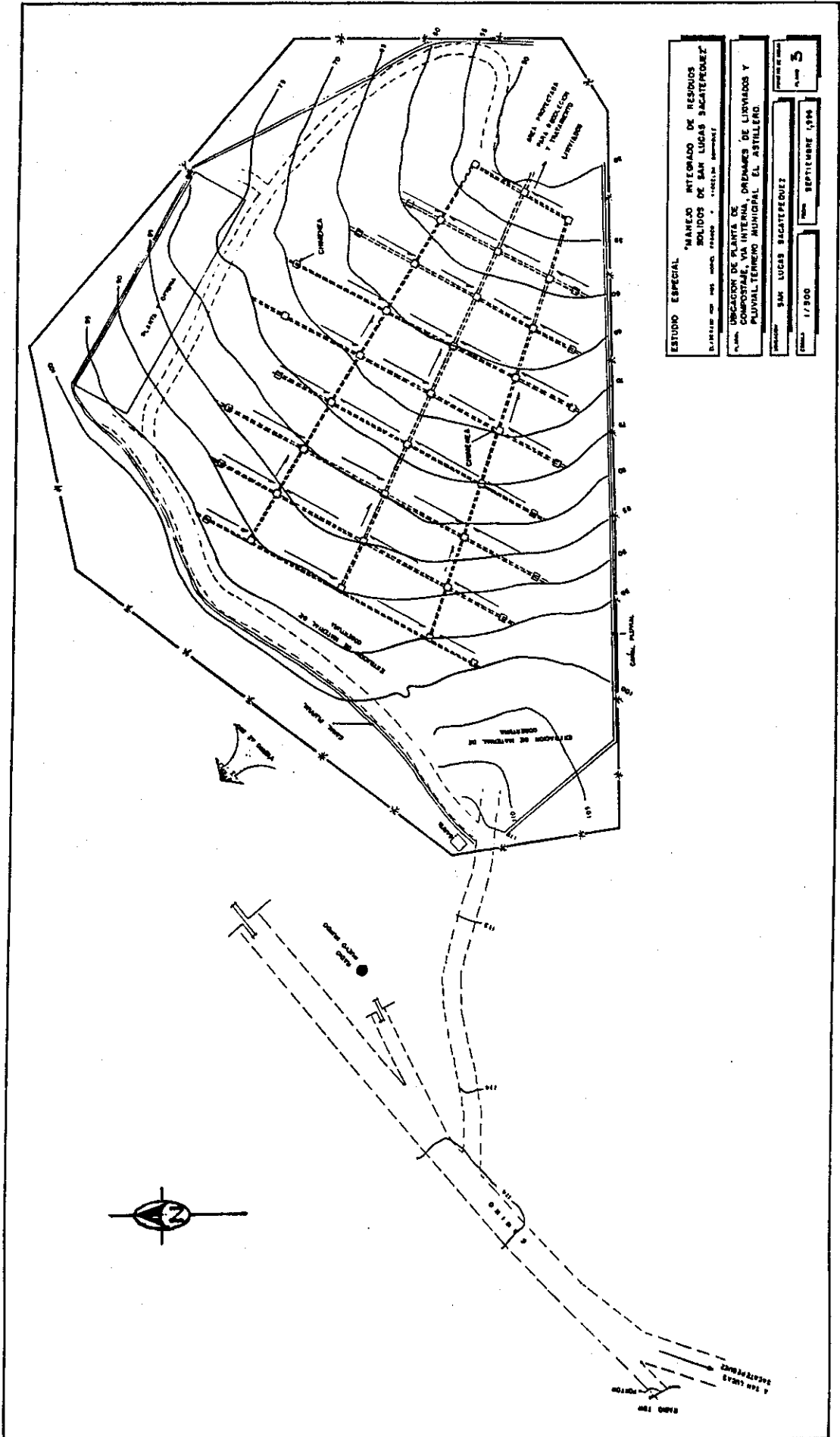
NUMERO DE HOJA
1 / 2

UBICACION :

ESCALA : 1/ 50,000

FECHA: SEPTIEMBRE 1996

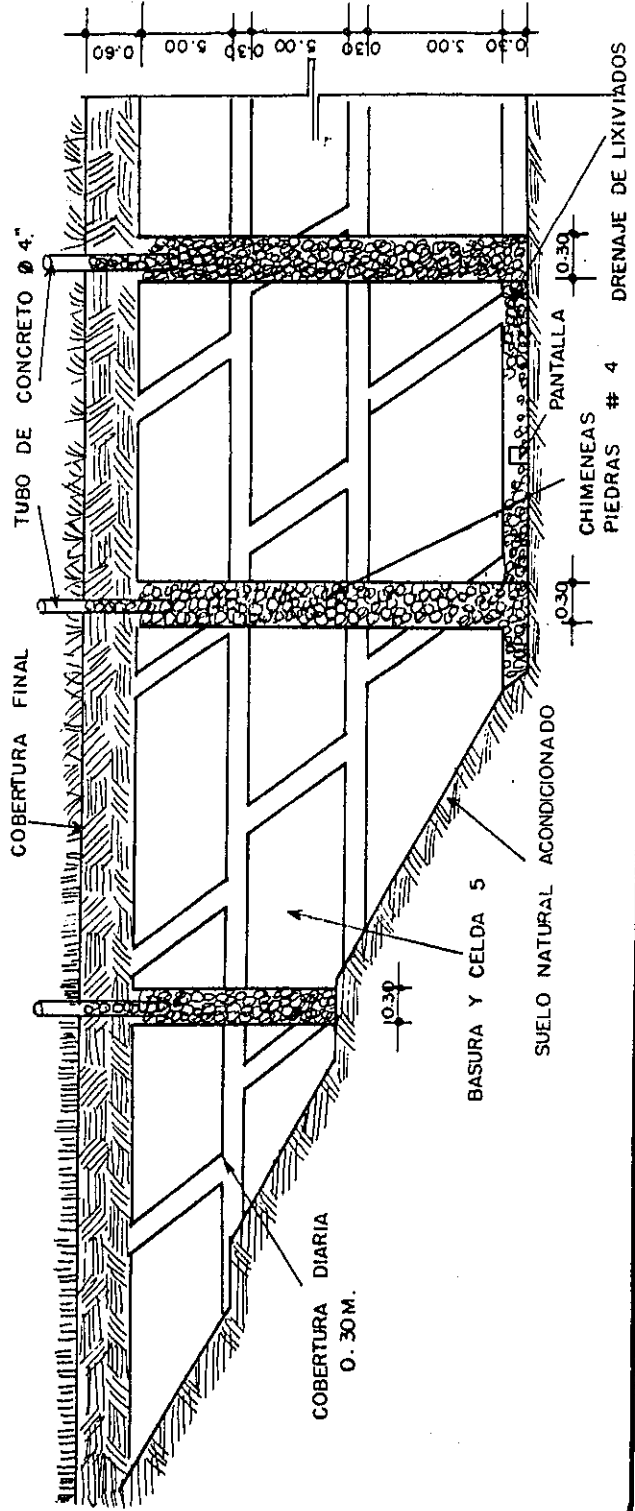




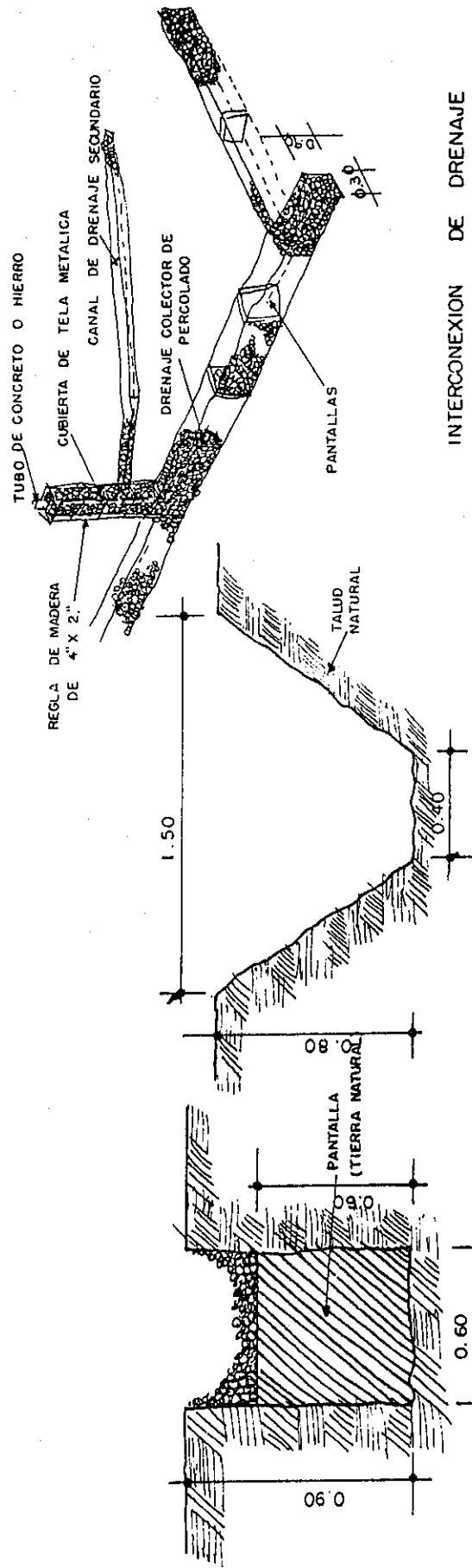
SAN LUCAS SACATEPEQUEZ
 RANCHO TONTO

ESTUDIO ESPECIAL: DISTRIBUCION DE CELDAS Y CHIMENEAS	
ELABORADO POR NORIEL FRANCO Y VICCELDA DOMINGUEZ	PLANO # 4

ESCALA 1:20



DETALLE DE DRENAJE DE LIXIVIADOS, GASES Y DRENAJE PLUVIAL



INTERCONEXION DE DRENAJE

SECCION DE DRENAJE PLUVIAL

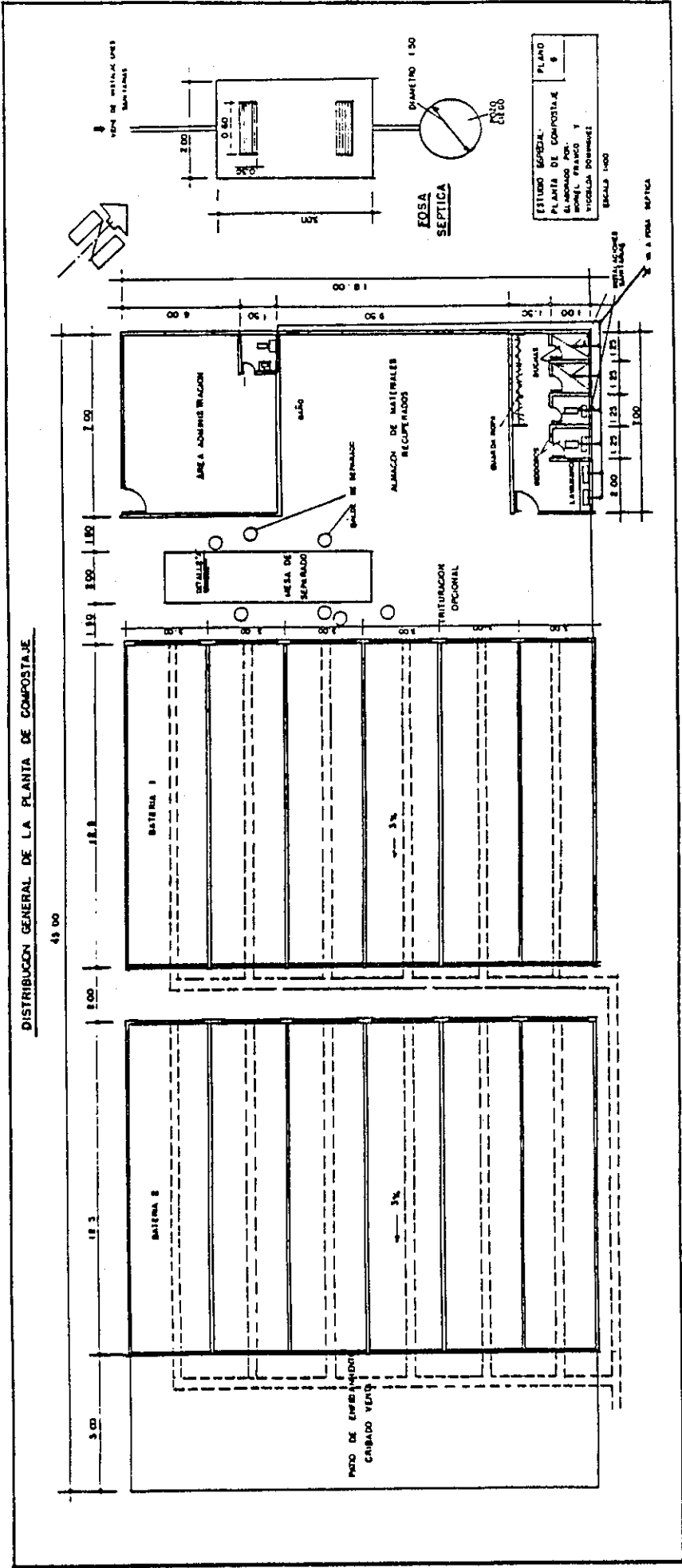
VISTA VERTICAL DE DRENAJE DE PERCOLADO O LIXIVIADO

ESTUDIO ESPECIAL	PLANO N° 5
ELABORADO POR	
MORIEL FRANCO Y	
VICCELDA DOMINGUEZ	

ESCALA 1:20

DISTRIBUCION GENERAL DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE

43.00



ESTUDIO GERZAL
 PLANTA DE COMPOSTAJE
 ALMACEN DE MATERIALES RECUPERADOS
 MESA DE SEPARADO Y TRITURADOR OPCIONAL
 PLANO 8
 ESCALA 1:500

FOSA SEPTICA
 DIAMETRO 130

VENA DE ENTUBACION SANITARIA

SEÑALES DE IDENTIFICACION DE LA FOSA SEPTICA

AREA ADMINISTRACION

BAÑO

ALMACEN DE MATERIALES RECUPERADOS

MESA DE SEPARADO

TRITURADOR OPCIONAL

BATERIA 1

3%

BATERIA 2

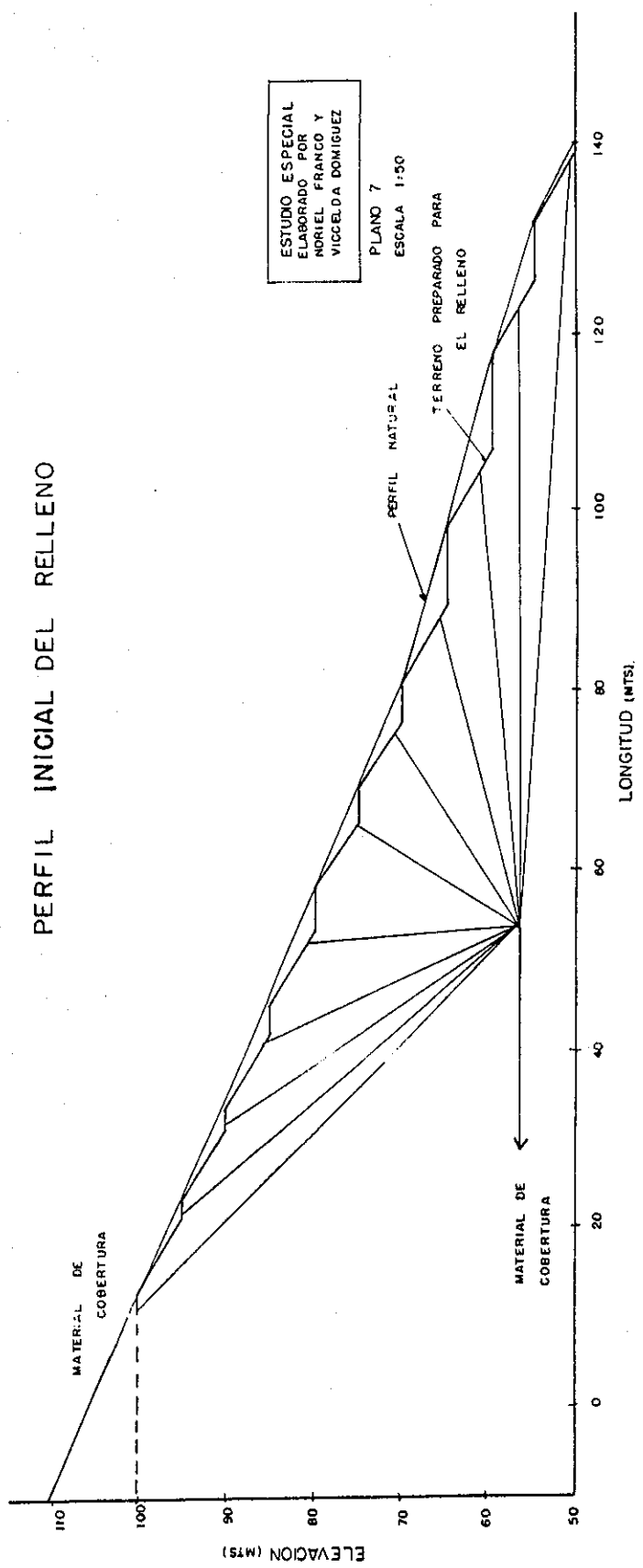
3%

POZO DE EMERGENCIAS CERRADO VENTILADO

SEÑALES DE IDENTIFICACION DE LA FOSA SEPTICA

ESCALA 1:500

PERFIL INICIAL DEL RELLENO



ESTUDIO ESPECIAL
ELABORADO POR
NORIEL FRANCO Y
VICCELDIA DOMIGUEZ

PLANO 7
ESCALA 1:50

TERRENO PREPARADO PARA
EL RELLENO

PERFIL NATURAL

MATERIAL DE
COBERTURA

MATERIAL DE
COBERTURA

ELEVACION (MTS)

LONGITUD (MTS)

PERFIL DEL TERRENO Y RELLENO

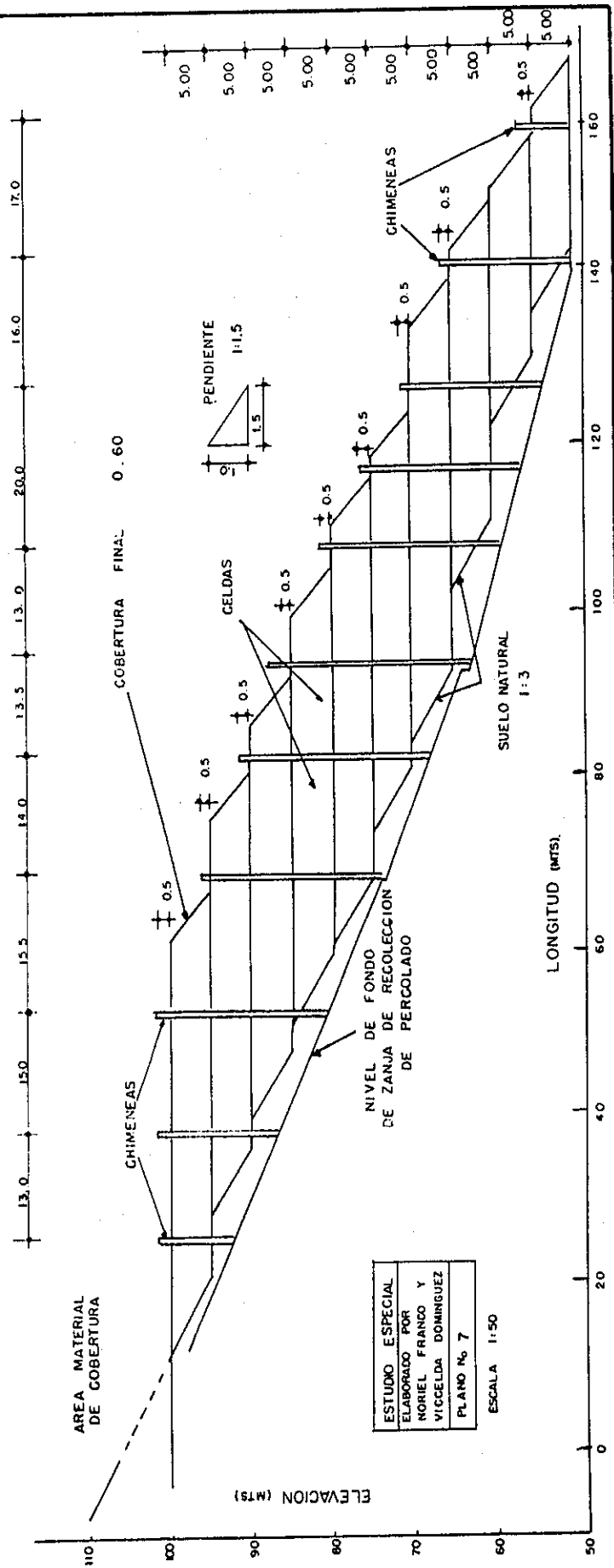
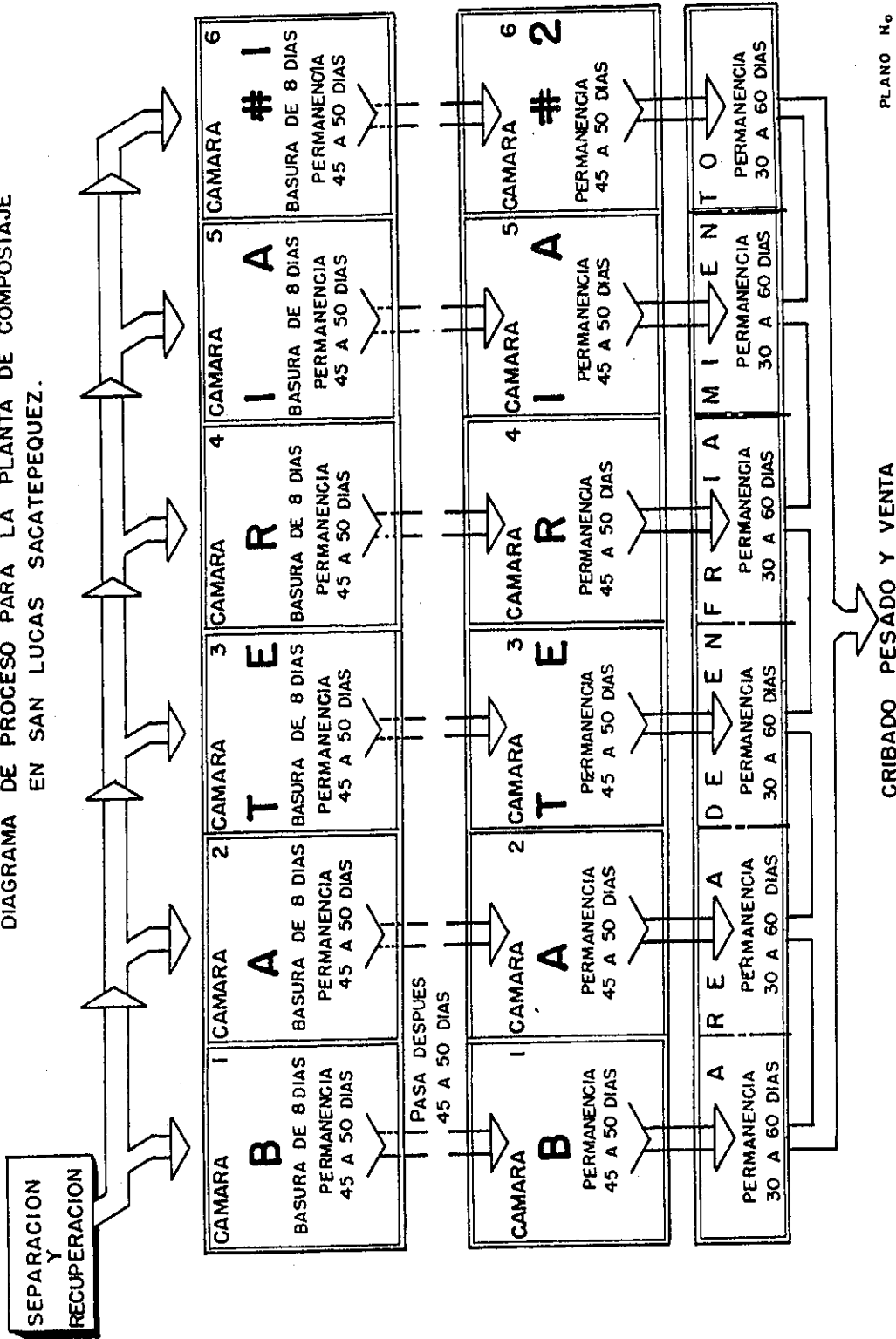


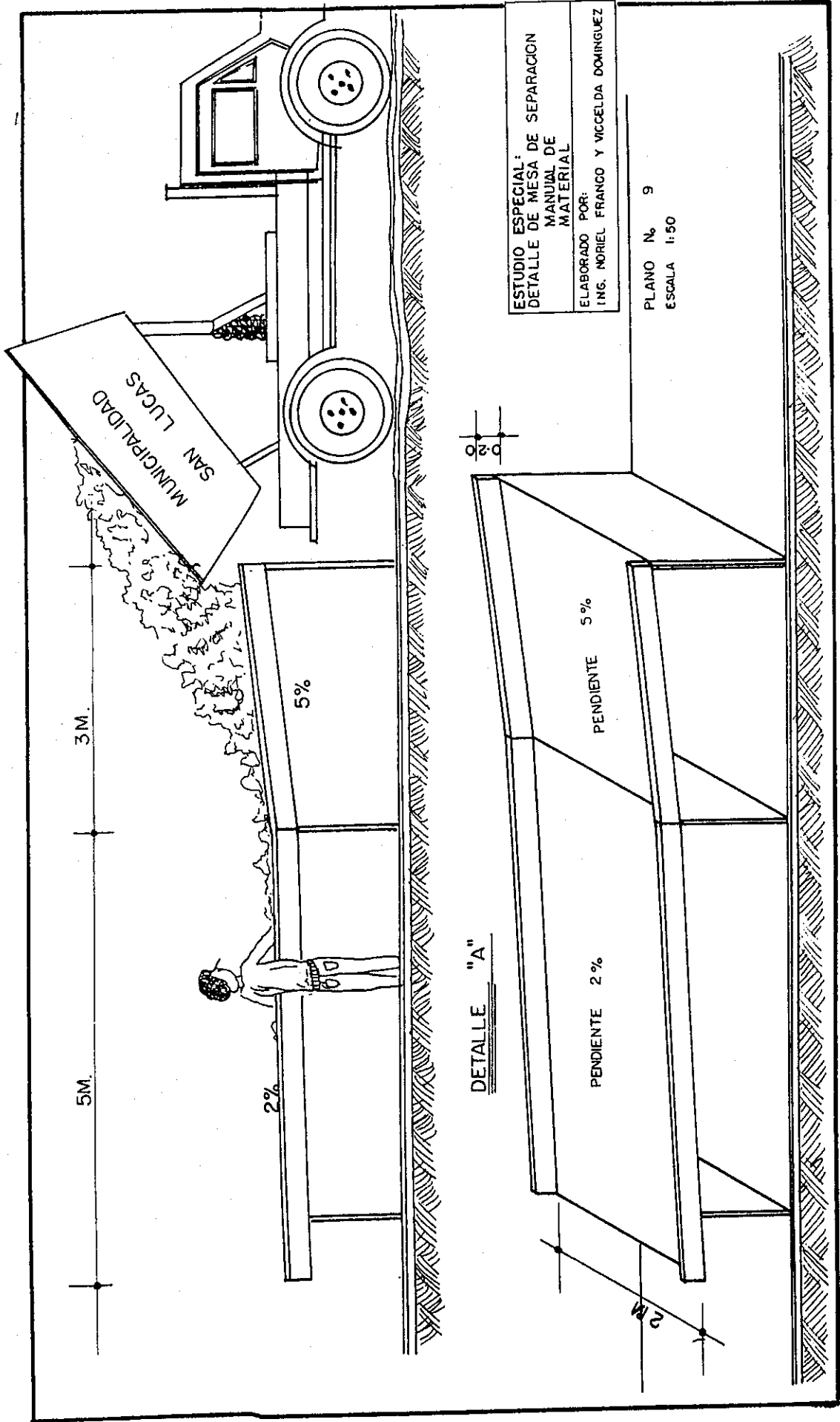
DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA PLANTA DE COMPOSTAJE
EN SAN LUCAS SACATEPEQUEZ.



PLANO No 8 SIN ESCALA

ESTUDIO ESPECIAL
ELABORADO POR:
NORIEL FRANCO Y VICELDA DOMINGUEZ

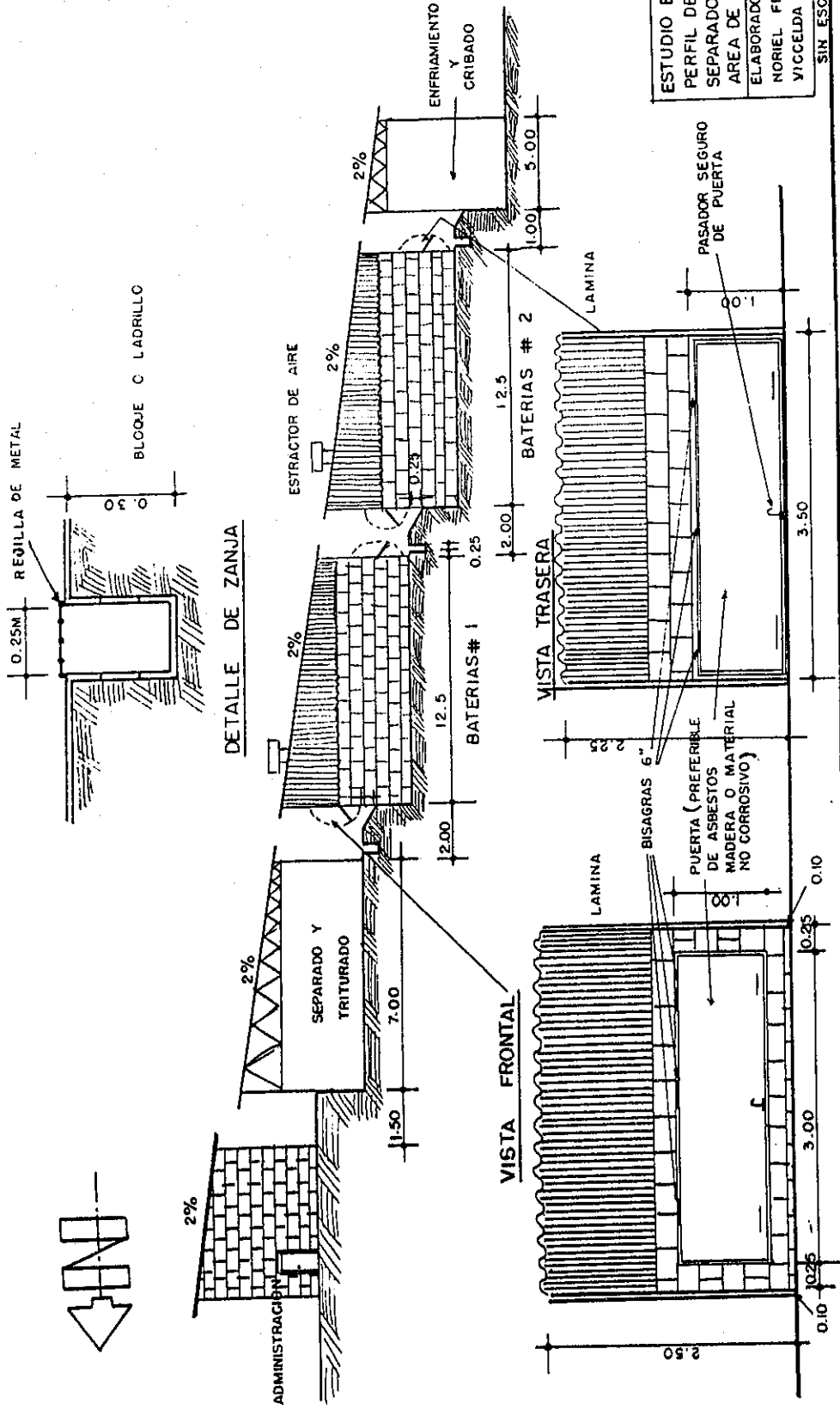
CRIBADO PESADO Y VENTA



ESTUDIO ESPECIAL:
DETALLE DE MESA DE SEPARACION
MANUAL DE
MATERIAL

ELABORADO POR:
ING. NORIEL FRANCO Y VICCELDA DOMINGUEZ

PLANO N.º 9
ESCALA 1:50



ESTUDIO ESPECIAL
 PERFIL DE LA PLANTA,
 SEPARADO, BATERIAS Y
 AREA DE ENFRIAMIENTO
 ELABORADO POR
 NORIEL FRANCO PLANO 10
 VICCELDA DOMINGUEZ
 SIN ESCALA

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Biblioteca Central

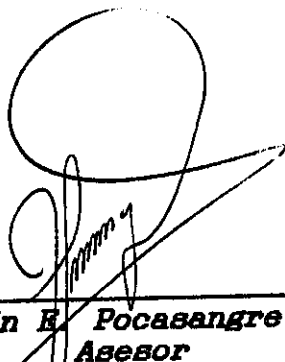
Manejo Integral de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez



Ing. Vicelda María Domínguez de Franco
Sustentante



Ing. Noriel Alfredo Franco Cruz
Sustentante



Dr. Ing. Adán E. Pocasangre Collazos
Asesor