

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**“PLAN DE MANEJO INTEGRAL PARA LOS DESECHOS SOLIDOS DEL
MUNICIPIO DE JOATECA, DEPARTAMENTO DE MORAZAN”**

PRESENTADO POR:

ARGUETA CHICA, CARLOS ANTONIO
BONILLA BONILLA, EDWIN ROBERTO

TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

DOCENTE DIRECTOR

ING. DAVID ARNOLDO CHÁVEZ SARAVIA

CIUDAD UNIVERSITARIA DE ORIENTE, 25 DE JUNIO DE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

RECTOR

ING. NELSON BERNABÉ GRANADO

VICE-RECTOR ACADÉMICO

M.S.C CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

SECRETARIO GENERAL

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

FISCAL GENERAL INTERINO

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES

ING. JOAQUÍN ORLANDO MACHUCA GÓMEZ

DECANO

LIC. CARLOS ALEXANDER DÍAZ

VICE-DECANO

LIC. JORGE ALBERTO ORTÉZ HERNÁNDEZ

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ING. JUAN ANTONIO GRANILLO
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA
**COORDINADORA DE PROCESOS DE GRADUACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA CIVIL**

ING. DAVID ARNOLDO CHÁVEZ SARAVIA
DOCENTE DIRECTOR

ING. UVIN EDGARDO ZUNIGA
TRIBUNAL CALIFICADOR

ING. GUILLERMO MOYATURCIOS
TRIBUNAL CALIFICADOR

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
/DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OPCIÓN AL GRADO DE
INGENIERO CIVIL**

TÍTULO:

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL PARA LOS DESECHOS SOLIDOS DEL
MUNICIPIO DE JOATECA, DEPARTAMENTO DE MORAZAN**

PRESENTADO POR:

ARGUETA CHICA CARLOS ANTONIO
BONILLA BONILLA EDWIN ROBERTO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR

ING. DAVID ARNOLDO CHÁVEZ SARAVIA

DOCENTE DIRECTOR

CIUDAD UNIVERSITARIA DE ORIENTE

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

**ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA
COORDINADORA DE PROCESOS DE GRADUACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA CIVIL**

**ING. DAVID ARNOLDO CHÁVEZ SARAVIA
DOCENTE DIRECTOR**

Agradecimientos especiales:

Departamento de ingeniería y arquitectura:

Ing. David Arnoldo Chávez Saravia

Ing. Uvin Edgardo Zuniga

Ing. Guillermo Moya Turcios

Ing. Milagro de María Romero de García

Alcaldía Municipal de Joateca, Departamento de Morazán

Alcalde: José Osmín Ramos

Síndico: Pablo Castillo Chicas

Información pública: Rafael Antonio Claros

Unidad de salud de Joateca

Digitador de unidad de salud: Alcides Pereira

Contenido

Introducción	1
CAPÍTULO I SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	2
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.2.1 Situación Problemática	3
1.2.2 Enunciado del Problema	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivo General	5
1.5 Objetivos Específicos	5
1.6 Alcances	6
1.7 Limitaciones	6
1.8 Metodología de la Investigación	7
1.8.1 Ubicación y descripción del lugar del proyecto	7
1.8.2 Tipo de investigación	8
1.8.3 Unidades de análisis	8
1.8.4 Variables	9
1.8.5 Población objetivo	10
1.8.6 Instrumentos de medición	10
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	11
2.1 Marco Conceptual	12
2.1.1 Desechos sólidos	12
2.1.2 Plan de manejo integral de desechos sólidos	14
2.1.3 Clasificación de los desechos sólidos	15
2.1.4 Recolección de Desechos Sólidos	17
2.1.5 Métodos de recolección	18
2.1.6 Planteamiento del método	19
2.1.7 Relleno Sanitario	20
2.1.8 Tipos de Relleno Sanitario	21
2.1.9 Ventajas y Desventajas de los Rellenos Sanitarios	22

2.2.1 Métodos de Construcción de un Relleno Sanitario	25
2.2.2 Aspectos Generales de los Desechos Sólidos.....	28
2.2.3 Operación, Mantenimiento y Cierre Técnico.....	38
2.3 Marco Normativo.....	44
2.3.1 Reglamento Especial Sobre el Manejo Integral de Los Desechos Sólidos.....	44
2.3.2 Marco Regulatorio en Materia Ambiental En El Salvador	48
2.3.3 Legislación Ambiente de El Salvador	48
2.3.4 Saneamiento Ambiental.....	48
CAPÍTULO III CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	50
3.1 Generalidades del Municipio de Joateca.....	51
3.1.1 Reseña Histórica.....	51
3.1.2 División político administrativa.....	52
3.1.3 Conectividad vial	53
3.1.4 Ámbito socio cultural.....	57
3.1.5 Sectores económicos.....	61
3.1.6 Ámbito ambiental	63
3.1.7 Datos Estadísticos de los Desechos Sólidos del Municipio	65
3.1.8 Análisis de manejo actual de los desechos sólidos del municipio.....	67
CAPÍTULO IV PROCESOS DE RECOLECCIÓN Y SEPARACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.....	72
4.1 Factores que influyen en el proceso de recolección de desechos solidos	73
4.1.1 Características de los desechos sólidos del área.....	73
4.1.2 Características Topográficas	73
4.1.3 Área Urbana	73
4.1.4 Área Rural.....	73
4.1.5 Infraestructura vial.....	74
4.1.6 Calles de zona urbana del municipio.....	74

4.1.7 Mapa de relieve del municipio con sus respectivas delimitaciones en sector	75
4.1.8 Mapa de carreteras de sector uno y sector dos.....	76
4.2 Aspectos generales en el proceso de recolección de desechos.....	77
4.2.1 Cobertura.....	77
4.2.2 Frecuencia de la recolección	78
4.2.3 Barrido de calles.....	81
4.2.4 Cálculo del personal de recolección en calle del área urbana	81
4.2.5 Diseño de rutas de recolección.....	82
4.3 Tratamiento de desechos sólidos orgánicos.....	85
4.3.1 Proceso de compostaje	85
4.3.2 Aspectos considerables antes de la preparación del compost	86
4.3.3 Diseño de compostera	92
4.3.4 Plano de compostera.....	94
CAPÍTULO V PROPUESTA DE RELLENO SANITARIO MANUAL	96
5.1 Ingeniería del Proyecto.....	97
5.1.1 Aspectos demográficos.....	97
5.1.2 Proyección de la población	99
5.1.3 Generación de DSM	99
5.1.4 Proyección de la producción total.....	100
5.1.4 Cálculo de Volumen Necesario.....	101
5.1.5 Calculo del Área requerida	104
5.1.6 Cálculo de la vida útil de la Zanja o Trinchera	106
5.1.7 Cálculo de maquinaria	108
5.1.8 Cálculo de la celda.....	111
5.1.9 Cálculo de mano de obra	115
5.2.1 Diseño de las Obras de Drenaje	118
5.2.2 Tiempo de Concentración.....	118
5.2.4 Cálculo del caudal máximo de diseño.....	121

5.2.5 Drenaje Pluvial	121
5.2.6 Drenaje para Líquidos Lixiviados	124
5.2.7 Presupuesto Del Relleno Sanitario Manual.....	133
5.3 Impacto Ambiental del Proyecto.....	136
5.3.1 Descripción del proyecto	136
5.3.2 Categorización del proyecto	136
5.3.3 Impacto ambientales negativos.....	138
5.3.4 Aspectos ambientales positivos.....	141
5.4 Programa de Manejo Ambiental.....	142
5.4.1 Etapa de preparación del terreno.....	142
5.4.2 Etapa de construcción del Relleno Sanitario	142
5.4.3 Funcionamiento del Relleno Sanitario	143
5.4.4 Etapa de cierre del Relleno Sanitario.....	143
5.4.5 Programa de adecuación ambiental.....	144
CAPÍTULO VI	146
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146
Conclusiones	147
Recomendaciones	150
BIBLIOGRAFÍA.....	151
ANEXOS.....	155
Anexo 1 Solicitud de información dirigida a la Directora del Observatorio Ambiental (SNET)	156
Anexo 2 SNET, Servicio Nacional de Estudios Territoriales, 2018	157
Anexo 3 Transporte de Recolección de los desechos sólidos, Joateca	158
Anexo 4 Transporte de Recolección de los desechos sólidos, Joateca	158
Anexo 5 Terreno para el Relleno Sanitario, Planta de Compostaje Caserío El Tizate, Joateca	159
Anexo 6 Terreno para el Relleno Sanitario, Planta de Compostaje Caserío El Tizate, Joateca	159

Anexo 7 Desechos Orgánicos no recolectados.....	160
Anexo 8 Desechos Orgánicos no recolectados.....	160
Anexo 9 Instrumento de medición, aplicado a los habitantes involucrados en el Proyecto.....	161
Anexo 10 Población Entrevistada para la recolección de datos de la producción de desechos sólidos.....	162
Anexo 11 Entrevista Alcaldía Municipal.....	166
Anexo 12 Zona Turística.....	168
Anexo 13 Recursos Naturales.....	168
Anexo 14 Caserío Mazala.....	169

Índice de Figuras

Figura 1 Departamento de Morazán	7
Figura 2 Croquis Del Municipal de Joateca	8
Figura 3 Clasificación de la producción de los desechos sólidos Municipales.....	13
Figura 4 Conectividad vial del Departamento de Morazán	54
Figura 5 Conectividad vial del Municipio de Joateca	56
Figura 6 Relieve del Municipio de Joateca	75
Figura 7 Ruta de Transporte.....	76
Figura 8 Ruta de Transporte.....	76
Figura 9 Recorrido del Transporte de Recolección, Zona Urbana.....	83
Figura 10 Esquema de Compostera	92
Figura 11 Pilas para el Proceso de Compostaje	95
Figura 12 Intensidades de lluvia de la Zona de Estudio	119
Figura 13 Canal Perimetral	122
Figura 14 Diseño del Canaleta.....	123

Figura 15 Diseño de Drenaje Primario	127
Figura 16 Diseño de Drenaje Secundario	127
Figura 17 Tubería de Drenaje	129
Figura 18 Tubería de Drenaje	130

Índice de Tablas

Tabla 1 Rellenos Sanitarios en El Salvador.....	22
Tabla 2 División Política Administrativa	52
Tabla 3 Clasificación de la Producción de Desechos Sólidos en el Municipio de Joateca	69
Tabla 4 Descripción de Ruta de Recolección.....	84
Tabla 5 Proyección de la población del Municipio de Joateca	98
Tabla 6 Densidades de los Desechos Sólidos	101
Tabla 7 Producción de desechos Sólidos, volúmenes y áreas.....	105
Tabla 8 Volúmenes d excavación.....	110
Tabla 9 Cantidad de Desechos Sólidos para las Celdas	114
Tabla 10 Rendimientos de Mano de Obra Manual.....	115
Tabla 11 Cantidad de Personal para Operación de Acividades del Relleno Sanitario	117

Índice de Imágenes

Imagen 1 Poza la Culebra, Municipio de Joateca.....	63
Imagen 2 Desechos Sólidos no Tratados.....	64
Imagen 3 Personal de limpieza en área Urbana.....	66
Imagen 4 Transporte de Recolección.....	69
Imagen 5 Transporte de Recolección.....	70

Introducción

Un plan de manejo integral para los desechos sólidos enmarca diferentes estrategias encaminadas a mejorar los procesos relacionados con los desechos, desde su generación hasta su disposición final. Estas líneas estratégicas son formuladas para sectores o áreas específicas que tienen una relación, ya sea directa, indirecta o bien transversal en todo el ciclo del manejo de los desechos.

El presente trabajo titulado Plan de Manejo Integral para los Desechos Sólidos del Municipio de Joateca, Departamento de Morazán. Pretende ser un documento de referencia para un proceso adecuado de manejo de desechos, partiendo de principios conceptuales reconocidos a nivel mundial en esta temática, para luego establecer las condiciones generales del territorio estudiado, desde una perspectiva socioeconómica, cultural, ambiental y física, siguiendo con un análisis de las condiciones en las que se realiza el manejo de desechos actualmente, para culminar con la propuesta de diferentes líneas estratégicas de acción que conforman la base para el Plan de Manejo Integral de Desechos, con el objetivo de ser tomadas en consideración por los actores involucrados para la mejora de la situación actual del municipio.

En la elaboración de un Plan de Manejo de Desechos Sólidos Municipales es de vital importancia profundizar en las diferentes condiciones que se manipulan y procesan los desechos, cubriendo todas las etapas de gestión de los mismos, iniciando desde la primera etapa que es la producción. Para el estudio específico de la producción de desechos, se debe priorizar información referida a la cantidad que se produce, el estimado de desechos generados por habitante en un período de tiempo establecido, además del tipo de desechos que se generan y porcentaje de los mismos, ello es un parámetro vital para identificar las formas de disposición final o tratamientos más adecuados.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN

PROBLEMÁTICA

1.2 Planteamiento del Problema

1.2.1 Situación Problemática

En El Salvador se ha identificado muchos botaderos a cielo abierto en los diferentes municipios, estos no cuentan con un tratamiento adecuado de los desechos sólidos, existe un deficiente tratamiento y no cuentan con suficientes recursos económicos, culturales, educativos y físicos para ello también existe escaso interés en involucrar a las comunidades en la gestión de manejo integral de desechos sólidos con programas especializados e idóneos para las necesidades de los diferentes sectores.

En el municipio de Joateca los desechos sólidos son un problema que afecta la calidad de vida de la población en lo económico, social y ambiental. Estos fenómenos son un agravante para el desarrollo de la salud de cualquier municipio, desde la municipalidad se ha tomado medidas para el tratamiento de los desechos sólidos, los cuales consiste en la recolección de estos sin incluir los desechos orgánicos.

La insuficiente infraestructura y recursos legales limita el tratamiento completo dado que los desechos orgánicos no están siendo tratados en ningún aspecto. También dejando en completo abandono a comunidades rurales con población considerable que generan una proporción de desechos que necesitan ser tratados de manera adecuada ya que la población misma es la que se encarga de ello siendo estos perjudiciales para el medio ambiente y causan un daño considerable al ecosistema.

1.2.2 Enunciado del Problema

El municipio de Joateca produce desechos sólidos los cuales están siendo tratados de manera empírica, sin la existencia de un plan de manejo integral para estos, lo que provoca una mala inversión o mal distribución de recursos económicos.

1.3 Justificación

En el municipio de Joateca los desechos sólidos en épocas anteriores no se consideraban un problema que demandara una atención especializada, sin embargo con el correr del tiempo la economía del municipio cambió a inicios de 1990 con el fenómeno de la migración por parte de residentes de este municipio, la cultura de consumo también ha influido a que la cantidad de desechos sólidos que la población produce aumente, justificando estos fenómenos es necesario realizar un plan de manejo integral para los desechos sólidos, partiendo del proceso actual el cual no abarca la producción total de desechos sólidos, dejando sin tratamiento los desechos orgánicos, carece de eficiencia para poder cubrir la mayor parte del territorio del municipio ya que no cuentan con el personal y equipo adecuado, ni mucho menos con un departamento técnico que aborde este tipo de problemas. Existen riesgos a los que la población estaría expuesta, pudiendo contraer enfermedades que más afectan en el municipio como, enfermedades respiratorias con un 57.53% de casos en un mes, neumonías 9.59%, parasitismo intestinal 24.66%, diarrea y gastroenteritis 8.22%; presentando una mayor demanda las enfermedades respiratorias e intestinales según datos obtenidos de la unidad de salud de Joateca correspondiente al mes de marzo de 2017. Afectando a la población por medio de la contaminación procedentes por focos de vectores, agua contaminada y la inhalación de gases dañinos, originados por prácticas inadecuadas de disposición de desechos sólidos. Entre estas prácticas figura el tirar los desechos en los ríos, en las calles o bien quemarlos a cielo abierto careciendo de cultura ambiental, tomando en cuenta que el tren de aseo municipal realiza su recorrido un día por semana solamente en el casco urbano seleccionando solamente desechos inorgánicos, estos son transportados a un relleno sanitario externo al municipio de Joateca. Datos de la oficina encargada indican que el proceso de recolección y disposición final está generando un costo anual de \$176,000.00 a la municipalidad según el informe del año 2014.

1.4 Objetivo General

Proponer un Plan de Manejo Integral para los Desechos Sólidos Ordinarios del municipio de Joateca, departamento de Morazán.

1.5 Objetivos Específicos

1. Estudiar la producción de desechos sólidos en el municipio de Joateca.
2. Evaluar el manejo actual que se le da a los desechos sólidos municipales.
3. Diseñar un plan de manejo de desechos sólidos incluyendo cantones y caseríos que se encuentran excluido dentro del plan actual.

1.6 Alcances

- Realizar un estudio que comprende desde la recolección y separación hasta la disposición final y tratamiento de los desechos sólidos del municipio de Joateca.
- Efectuar un diagnóstico del manejo actual de los desechos sólidos.
- Presentar los costos de inversión inicial, operación y mantenimiento mensual, de todo el sistema de manejo integral de los desechos sólidos incluida la recolección del compostaje y separación de la basura.
- Diseño de rutas de recolección hacia sectores donde se puede acceder y que actualmente están excluidos de esta.
- Diseño de un relleno sanitario incluyendo su fase operativa para un periodo de 20 años.

1.7 Limitaciones

- Las distancias entre los puntos de concentración de población.
- Se dependerá de los datos proporcionados por las entidades pertinentes.
- La información hidrológica, geológica y geotécnica se tomará de documentos producto de investigaciones realizadas por las instituciones oficiales encargadas de estos estudios.

1.8 Metodología de la Investigación

1.8.1 Ubicación y descripción del lugar del proyecto

Joateca es un municipio en el norte de Morazán, que limita con la frontera de Honduras, y pueblos como Cacaopera, Meanguera, y Arambala; con una altitud de 820 msnm cuenta con un clima tropical fresco durante todo el año, las estaciones están muy definidas en invierno y verano con 6 meses cada una. Las temperaturas oscilan entre 15° y 28°C. la economía está basada en la agricultura y ganadería, al igual que la recepción de remesas del extranjero. Cuenta con dos vías de acceso las cuales se encuentran en malas condiciones para transportarse, en cuanto el casco urbano tiene un 95% de sus calles adoquinadas.



Figura 1 Departamento de Morazán

Fuente. Sociología del Departamento de Morazán

1.8.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación es una mezcla de cuantitativa y cualitativa dado que se documenta una serie de investigación teórica en diferentes textos que se realizaron estudios similares en localidades diferente pero con el mismo fin, de igual manera se realizaron visitas al campo de estudio para realizar una recolección de datos, los cuales fueron obtenidos por medio sondeos que involucraron preguntas cerradas, éstas serán representados en graficas de análisis, tienen una proyección para un periodo 20 años. Otros datos relacionados a la investigación son los proporcionados por la alcaldía y la unidad de salud del municipio.

1.8.3 Unidades de análisis

La metodología de investigación se dirige en el área urbana del municipio de Joateca y tres caseríos de población considerable los cuales son Mazala, El Tizate, y Paturla Centro, los cuales son caseríos del municipio en estudio, se tomaron en cuenta las viviendas que tengan una distancia menor a 200 metros de la ruta de evacuación de desechos sólidos.



Figura 2 Croquis Del Municipal de Joateca

Fuente. Centro Nacional de Registro

1.8.4 Variables

Objetivo 1

- Consumo
- Producción de desechos solidos

Se relacionan en las cantidades que produce cada individuo dependiendo de los diferentes factores que lo afectan en su manera de generar desechos sólidos, estas variables serán analizadas mediante la obtención de datos por medio de un instrumento utilizado (ver anexo 9) en la población de estudio y los cuales servirán para proyectar cantidades de desechos sólidos producidos en un tiempo determinado.

Objetivo 2

- Manejo actual de los desechos sólidos
- Desechos sólidos municipales

Tomando en cuenta los datos actuales se pueden comparar los procesos que se utilizan en la relación de estas variables, Pudiendo así determinar deficiencias si las hay en el desarrollo de estas actividades.

Objetivo 3

- Beneficios en la recolección de los desechos
- Cantones y caseríos (número de habitantes)

La eficiencia de los recursos y el alcance que estos tienen en el área geográfica o el número de individuos que involucra, las podremos analizar mediante procesos técnicos, midiendo en este caso recursos: humanos, económicos, materiales, institucionales etc.

1.8.5 Población objetivo

La población objetivo en nuestra investigación se ubicó en el casco urbano del municipio de Joateca con una población de 776 habitantes ubicados en 235 viviendas, y tres caseríos con una población considerable los cuales fueron Mázala con una población de 441 habitantes en 110 viviendas, Paturla Centro con una población de 210 habitantes en 55 viviendas y El Tizate con 298 habitantes en 65 viviendas. Lo que hace un total de 1,726 habitantes en 465 viviendas.

1.8.6 Instrumentos de medición

En la investigación se realizó la entrevista a personas involucradas, a estas se les hicieron preguntas cerradas para obtener datos respecto a la cultura de las personas, tipos de productos que consumen, estilo de vida, educación ambiental, etc.

Los datos obtenidos se tabularon y graficaron en un software de exactitud, con los cuales se hizo una proyección en número de habitantes y cantidades de desechos sólidos para un periodo de 20 años.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Conceptual

2.1.1 Desechos sólidos

Todo tipo de residuo o desecho que genera el ser humano a partir de su vida diaria y que tienen forma o estado sólido a diferencia de los desechos líquidos o gaseosos. Los desechos sólidos son los que ocupan un mayor porcentaje en el total de desechos o residuos que el ser humano genera debido a que gran parte de lo que se consume o se utiliza en la vida cotidiana deja desechos de este tipo. Además, los desechos sólidos son también los que ocupan mayor espacio al no asimilarse al resto de la naturaleza y al permanecer muchos de ellos por años e incluso siglos en el terreno.

El estilo de vida actual de la mayor parte de la población mundial está basado en el consumo de productos y bienes de todo tipo que generan un importante porcentaje de residuos sólidos por contar con diferentes tipos de envases, empaques y formas de presentación. Así, desde los comestibles pasando por productos de limpieza, elementos tecnológicos, ropa y muchos otros son presentados y vendidos siempre en paquetes hechos normalmente en materiales como plástico, vidrio o poliestireno, todos elementos que se pueden recuperar pero que tardan mucho tiempo en desaparecer, promoviendo entonces el acopio constante de residuos de todo tipo. Al mismo tiempo, muchos de estos residuos sólidos, como las pilas, metales o el mismo plástico, son extremadamente contaminantes para el suelo, el agua y el aire.

El problema actual de los desechos sólidos es de gran magnitud ya que este estilo de vida mencionado que se basa en el consumo, no toma en cuenta la generación de formas nuevas y más sustentables para lograr acceder a los mismos elementos. Muchos países y localidades cuentan con sistemas de diferenciación y reciclado de los desechos sólidos a fin de obtener una posible reutilización y así disminuir la generación de desechos de todo tipo.

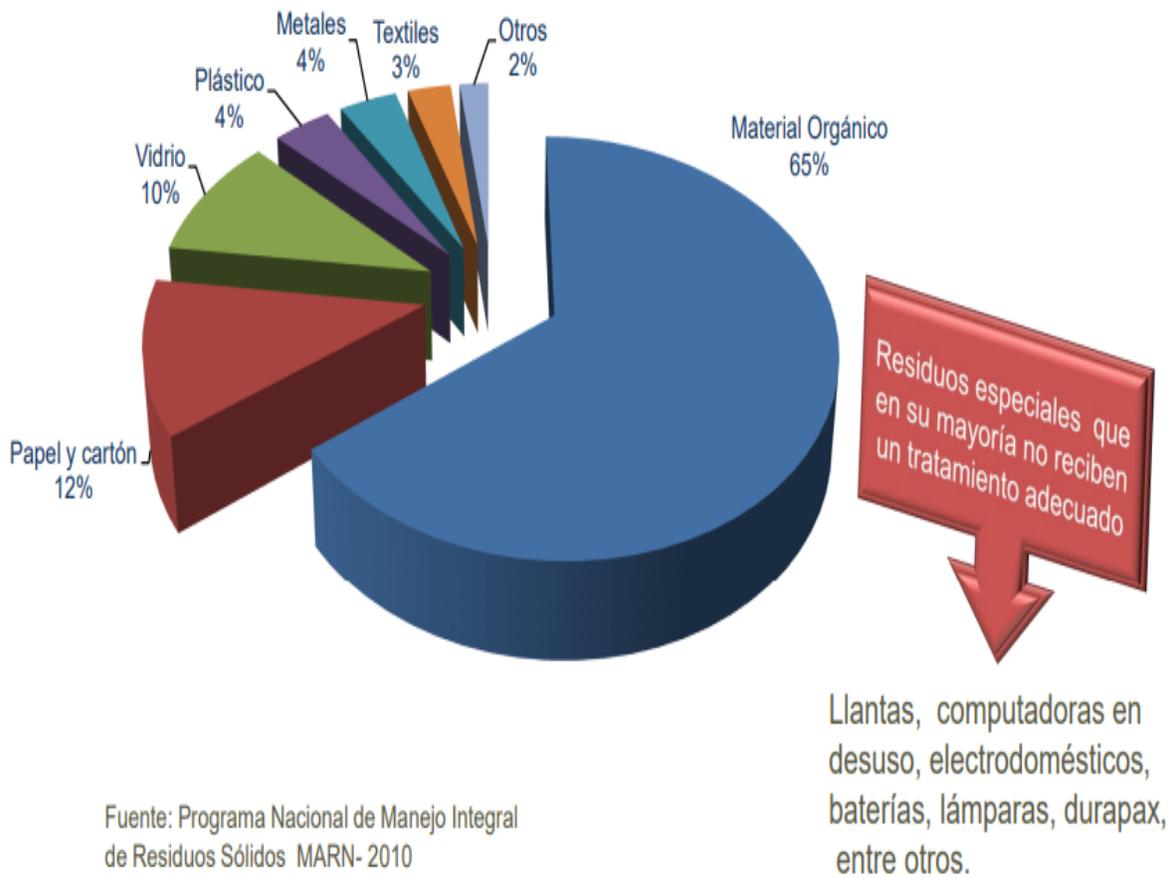


Figura 3 Clasificación de la producción de los desechos sólidos Municipales
Fuente. Programa Nacional de Manejo Integral de Desechos Sólidos MARN-2010

2.1.2 Plan de manejo integral de desechos sólidos

Es un conjunto de medidas enfocadas a las actividades de prevención, minimización, separación en la fuente, almacenamiento, transporte y/o disposición final tendientes al mejoramiento de la salud y el cuidado del ambiente.

Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica. Para ofrecer una solución integral al problema del manejo de los residuos sólidos, las alternativas deben incluir los elementos imprescindibles, es decir, aquellos que no pueden faltar en el sistema, como son la recolección, el transporte y la disposición final, complementados por estaciones de transferencia, almacenamiento temporal, separación centralizada o en el punto de origen y compostaje por la comunidad o municipio.

➤ El manejo de los desechos sólidos a nivel nacional

La problemática de los desechos sólidos subsiste en el país, razón por la cual es importante recalcar que entre los hechos violatorios al medio ambiente sano más frecuentes son: El uso no sostenible de los recursos naturales seguido de la contaminación atmosférica, contaminación del suelo y contaminación del agua, ocasionadas por los desechos sólidos.

➤ Los desechos sólidos a nivel municipal

En el municipio de Joateca los desechos sólidos son un problema que es importante recalcar por el hecho de afectar el ecosistema del municipio, en la historia cuando el municipio se fundó esta problemática no era de interés, pues los desechos sólidos eran tirados en la calles y botaderos populares sin ningún tipo de regulación, en la década de los años 1990 a 2000 el municipio de Joateca fue afectado en gran medida con el fenómeno de migración hacia los Estados Unidos, en porcentajes muy grandes para la densidad poblacional con la que el municipio cuenta, debido a esto

la economía del municipio desde entonces depende en gran medida a las remesas familiares y con el transcurso del tiempo el problema de los desechos sólidos aumenta con el crecimiento poblacional, debido al cambio en la economía de los habitantes y el consumo de productos que generan desechos sólidos como: plásticos, latas, papel, etc.

Los productos que generan este tipo de desechos están al alcance de toda la población gracias al desarrollo local, pero este desarrollo trae consigo, contaminación debido a la mala educación ambiental y poca conciencia de las personas que habitan el municipio, los habitantes tiran la basura en las calles, en los caminos sin importar el daño que causan al ecosistema, sabemos que los ecosistemas funcionan en un ciclo natural que está definido y al ser alterado por un organismo externo cambia su ciclo y esto genera un descontrol. En el municipio de Joateca en la administración del alcalde Vicente Márquez en el año 2008 se llevó a discusión en el gobierno local el tema de los desechos sólidos en el municipio de Joateca debido a la notoria contaminación en la que se veía envuelto el pueblo donde tomaron medidas para contrarrestar el problema en el casco urbano, donde implementaron la recolección de basura de manera esporádica, llevando posteriormente al recorrido semanal de un medio recolector (camión). Hasta la fecha este proceso es el único que enfrenta el problema en el municipio, donde las áreas rurales están excluidas de este programa.

2.1.3 Clasificación de los desechos sólidos

➤ Los desechos biodegradables

Los productos derivados de la alimentación y de la cocina, residuos verdes, el papel (también puede ser reciclado).

➤ Material reciclable

papel, vidrio, botellas, latas, metales, algunos plásticos, etc.

➤ **Desechos inertes**

Los materiales sobrantes del mundo de la construcción y la demolición, suciedad, piedras, escombros.

➤ **Desechos domésticos peligrosos**

También llamados “residuos peligrosos del hogar” y los desechos tóxicos: Medicamentos, desechos electrónicos, pinturas, productos químicos, bombillas, tubos fluorescentes, aerosoles, fertilizantes y plaguicidas, baterías, betún de zapatos.

➤ **Desechos sólidos orgánicos**

Los desechos orgánicos son biodegradables y pueden ser procesados en presencia de oxígeno para su compostaje, o en la ausencia de oxígeno mediante la digestión anaeróbica. Ambos métodos producen un efecto acondicionador de suelos, una especie de abono o fertilizante, que si se prepara correctamente también puede ser utilizado como una valiosa fuente de nutrientes en la agricultura urbana. La digestión anaerobia también produce gas metano y por tanto supone una importante fuente de bio-energía.

➤ **El compostaje**

Es una tecnología de bajo coste que permite transformar residuos y subproductos orgánicos en materiales biológicamente estables que pueden utilizarse como enmendante y/o abonos del suelo y como sustratos para cultivo sin suelo, disminuyendo el impacto ambiental de los mismos y posibilitando el aprovechamiento de los recursos que contienen. Se define como un proceso biooxidativo controlado, que se desarrolla sobre sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, debido a la actividad secuencial de una gran diversidad de microorganismos.

➤ **Lixiviado**

El lixiviado es el líquido producido cuando el agua percola a través de cualquier material permeable. Puede contener tanto materia en suspensión como disuelta, generalmente se da en ambos casos. Este líquido se encuentra comúnmente asociado a rellenos sanitarios, en donde, como resultado de la filtración a través de

los desechos sólidos y la reacción con los productos en descomposición y otros compuestos, es producido el lixiviado. Si el relleno sanitario no tiene sistema de recogida de lixiviados, éstos pueden alcanzar las aguas subterráneas y causar, como resultado, problemas medioambientales o de salud.

➤ **Desecho Agrícola**

Fracción o fracciones de un cultivo que no constituyen la cosecha propiamente dicha, parte de la cosecha que no cumple con los requisitos de calidad mínima para ser comercializada como tal. Estos residuos se obtienen de los restos de cultivos o de limpiezas que se hacen del campo para evitar las plagas o los incendios y pueden aparecer en estado sólido, como la leña, o en estado líquido, como los purines u otros elementos residuales obtenidos en actividades agropecuarias.

La agricultura genera cantidades considerables de desechos (rastros), aunque es necesario reciclar un porcentaje de la biomasa para proteger el suelo de la erosión y mantener el nivel de nutrientes orgánicos, una cantidad importante puede ser recolectada para la producción de energía. Ejemplos de este tipo de residuos son: paja de cereales, zuros de maíz, restos de cultivos industriales como el arroz, el café y la caña de azúcar; residuos de cosechas: maloja de caña de azúcar, malezas, paja, rastrojo de maíz y otros cultivos; desechos de tabaco y semillas; desperdicios del procesamiento de hortalizas y frutas.

2.1.4 Recolección de Desechos Sólidos

Es la actividad de recoger los desechos sólidos generados, para que puedan ser transportados al sitio de disposición final, la estación de transferencia o una planta de procesamiento. Los métodos de recolección se caracterizan por los siguientes parámetros:

➤ **Características de la localidad**

El acceso es un aspecto de gran importancia para la optimización de la actividad de recolección de desechos sólidos municipales, la topografía de la zona en relación de la altimetría y planimetría juegan un papel muy importante para la recolección, el clima y los tipos de producción de desechos sólidos

➤ **Equipamiento**

La utilización del equipo idóneo para la actividad de recolección de desechos sólidos, optimizará a la misma, desde la utilización de herramientas y equipos menores hasta el uso a mayor escala que contribuirá a la realización completa de esta actividad, abarcando mayor radio de incidencia de la producción de los desechos en determinada zona.

➤ **Hábitos de la población**

La producción de los desechos sólidos es generada completamente por la actividad humana, directa o indirectamente el aumento de esta, está bien ligada a los hábitos de consumo, desde sus hogares hasta donde hacen presencia para sus actividades diarias.

2.1.5 Métodos de recolección

➤ **Métodos de contenedores**

Implica la existencia de equipo de almacenamiento temporal, se ubica en zonas de gran generación y difícil acceso. Estos pueden ser contenedores fijos y móviles; el transporte recolector vacía el contenido de los contenedores y deposita el contenedor en su misma posición, el contenedor móvil transporta el contenedor lleno a la estación de transferencia o al sitio de disposición final.

➤ **Método de esquina o parada fija**

Es el más económico y es aquel mediante el cual los usuarios del sistema llevan sus recipientes hasta donde el vehículo recolector se estaciona para prestar el servicio.

➤ **Método de acera**

En este método, el personal operativo del vehículo recolector toma los recipientes con desechos sólidos que sobre la acera han sido colocados por los usuarios del servicio, para después trasladarse hacia el vehículo recolector, con el fin de vaciar el contenido dentro de la tolva p sección de carga de dicho vehículo; regresándolos posteriormente al sitio de la acera de donde los tomaron, para que los usuarios atendidos los introduzcan ya vacíos a sus domicilios.

➤ **Método Intra-domiciliario (llevar y traer)**

Este método es semejante al anterior, con la variante de que los operarios del vehículo recolector, entran hasta las casas de habitación por los recipientes con desechos, regresándolos hasta el mismo sitio de donde los tomaron, una vez haberlos vaciado dentro de la caja del vehículo.

2.1.6 Planteamiento del método

El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. El que se utilizará en este diseño es el conocido como “método de zanja o trinchera”.

Previo a la selección del método se realizó la visita de campo al lugar disponible en el municipio de Joateca, este se encuentra a unos 1,500 metros del centro del municipio, se realizó el análisis visual del suelo, levantamiento topográfico para posterior determinar el método más factible. El “método de zanja o trinchera” se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas; Los Desechos Sólidos Municipales (DSM) se depositan y se acomodan dentro de la zanja para luego compactarlos uniformemente y cubrirlos con el material producto de la excavación.

Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas

y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

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

2.1.7 Relleno Sanitario

Es un lugar destinado a la disposición final de desechos o basura, en el cual se toman múltiples medidas para reducir los problemas generados por otro método de tratamiento de la basura como son los tiraderos, dichas medidas son, por ejemplo, el estudio meticoloso de impacto ambiental, económico y social desde la planeación y elección del lugar hasta la vigilancia y estudio del lugar en toda la vida del vertedero.

En nuestro país la gestión del manejo de los desechos sólidos ha cobrado relevancia en los últimos 10 años y eso se manifiesta en la existencia de un marco legal moderno, que se estructura a partir de la aprobación de la Ley de Medio Ambiente en mayo de 1998, a través del Decreto Legislativo No. 233 y la entrada en vigencia del Reglamento Especial Sobre Manejo Integral de los Desechos Sólidos, a partir del 1ro de junio del año 2001, a través del Decreto Ejecutivo No. 42.

2.1.8 Tipos de Relleno Sanitario

En relación con la disposición final de desechos sólidos, se podría proponer tres tipos de rellenos sanitarios:

➤ Relleno Sanitario Mecanizado

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

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

➤ Relleno Sanitario Semimecanizado

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

➤ Relleno Sanitario Manual

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

residuos puede ser ejecutado con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas.

Tabla 1 Rellenos Sanitarios en El Salvador

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
SAN SALVADOR	MIDES – Nejapa
CUSCATLÁN	SUCHITOTO
USULUTÁN	SOCINUS SEM USULUTÁN
AHUACHAPAN	ATQUIZAYA – SAN FRANCISCO MENÉNDEZ
SONSONATE	SONSONATE
MORAZÁN	PERQUÍN – CORINTO – JOCOATIQUE
LA UNIÓN	ASIGOLFO - PASAQUINA

Fuente: Informes mensuales de los rellenos sanitarios y el Censo de Población y Vivienda 2007

2.1.9 Ventajas y Desventajas de los Rellenos Sanitarios.

Ventajas de los Rellenos Sanitarios

- El relleno sanitario, como método de disposición final de los desechos sólidos urbanos, es sin lugar a dudas la alternativa más conveniente para nuestros países. Sin embargo, es esencial asignar recursos financieros y técnicos adecuados para su planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento.
- La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para implementar cualquiera de los métodos de tratamiento de incineración o compostación.
- Bajos costos de operación y mantenimiento.

- Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de desechos sólidos, obviando los problemas de cenizas de la incineración y de la materia no susceptible de descomposición en la compostación.
- Generar empleo de mano de obra no calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.
- Recuperar gas metano en grandes rellenos sanitarios que reciben más de 200 ton/día, lo que constituye una fuente alternativa de energía.
- Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca al área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, reduciéndose así los costos de transporte y facilitando la supervisión por parte de la comunidad.
- Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación.

Desventajas de los Rellenos Sanitarios

- La adquisición del terreno constituye la primera barrera para la construcción de un relleno sanitario, debido a la oposición que se suscita por parte de la población cercana, ocasionada en general por factores tales como:
 - La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario.
 - Asociarse el término "relleno sanitario" al de un "botadero de basuras a cielo abierto".
 - La evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones locales.
 - El rápido proceso de urbanización que encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, debiéndose ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de las rutas de recolección, lo cual aumenta los costos de transporte.

- La supervisión constante de la construcción para mantener un alto nivel de calidad de las operaciones. En las pequeñas poblaciones, la supervisión de rutina diaria debe estar en manos del encargado del servicio de aseo, debiendo éste contar a su vez con la asesoría de un profesional responsable, dotado de experiencia y conocimientos técnicos adecuados, quien inspecciona el avance de la obra cada cierto tiempo, a fin de evitar fallas futuras.

- Existe un alto riesgo de transformarlo en botadero a cielo abierto por la carencia de voluntad política de las administraciones municipales, ya que se podrían mostrar renuentes a invertir los fondos necesarios para su correcta operación y mantenimiento.

- Se puede presentar una eventual contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, si no se toman las debidas precauciones.

- Los asentamientos más fuertes se presentan en los primeros dos años después de terminado el relleno, por lo tanto, se dificulta el uso del terreno. El tiempo de asentamiento dependerá de la profundidad del relleno, tipo de desechos sólidos, grado de compactación y de la precipitación pluvial de la zona.

2.2.1 Métodos de Construcción de un Relleno Sanitario

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

➤ Diseño de Rellenos Sanitarios

El diseño básico debe incluir en lo posible la delimitación del área total del sitio y del terreno a ser rellenado sucesivamente, indicando el método constructivo, el origen de la tierra de cobertura y la disposición de las obras de infraestructura. Es necesario además presentar en las memorias de cálculo la vida útil, el uso futuro y el costo global estimado del proyecto.

➤ Selección y Características del Terreno.

La geología y características específicas del suelo del terreno son algunos de los factores más importantes que hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar el sitio. Gracias a estos se puede obtener información acerca de posibles desplazamientos de las infiltraciones de agua y de una eventual contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Al mismo tiempo, el estudio del suelo permite evaluar la estabilidad del terreno y la localización, así como la calidad del banco de material de cobertura. Los principales parámetros que se deben tener en cuenta en el análisis y la evaluación de cualquier terreno son:

- **Tipo de suelo.**

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

- **Permeabilidad del suelo.**

Es la mayor o menor facilidad con que la percolación del agua ocurre a través de un suelo. El coeficiente de permeabilidad (k) es un indicador de la mayor o menor dificultad con que un

suelo resiste a la percolación del agua a través de sus poros, en otras palabras, es la velocidad con la que el agua atraviesa los diferentes tipos de suelo.

- **Profundidad del nivel freático.**

Tiene que ver con la profundidad de las aguas o la altura dominante del nivel freático. Se deberán preferir los terrenos bien drenados y con el nivel de aguas a más de un metro de profundidad durante todo el año. Los terrenos pobremente drenados, o sea, aquellos que en a tabla de aguas se mantienen la mayor parte del año por debajo de un metro se deben drenar de manera artificial. En estos casos es mejor descartarlos, sobre todo los que permanecen inundados durante largos periodos.

- **Disponibilidad del material de cobertura.**

Los terrenos planos, que cuentan con un suelo limo-arcilloso y el nivel freático a una profundidad tal que no haya posibilidad de contaminar las aguas subterráneas por la disposición de residuos, pueden ofrecer una buena cantidad de material de cobertura, en especial si se decide usar el relleno en zanjas. Por el contrario, si el terreno tiene un suelo arenoso o si el nivel freático está a poca profundidad (a menos de un metro), primero se tendrá que impermeabilizar el terreno y luego, acarrear el material de cobertura desde otro sitio, lo que elevará enormemente los costos, de ahí que sería preferible descartarlo. Las hondonadas o los terrenos ondulados pueden brindar buenas posibilidades de material de cobertura, al nivelar el terreno y hacer los cortes en las laderas de las depresiones.

- **Condiciones Climatológicas.**

La precipitación pluvial, la evaporación, la temperatura y la dirección del viento son los principales datos climatológicos que se deben recopilar para establecer las

especificaciones de diseño de la infraestructura del relleno sanitario y tener un mejor conocimiento de las condiciones a las que estará sometida la obra en general. La dirección del viento y, sobre todo, los registros de precipitación pluvial de la zona son muy importantes para el diseño de los diferentes sistemas de drenaje de agua y lixiviado.

- **Aspectos Demográficos.**

Población.

Es necesario conocer el número de habitantes a servir para definir las cantidades de desechos sólidos de que se ha de disponer. Es de anotar que la producción de desechos sólidos se debe discriminar entre la producción rural y la urbana. La primera, debido a la baja producción, presentará menos exigencias, pero su recolección resulta más difícil. En cambio, la producción urbana es más notoria por razones de concentración, aumento de población, y desarrollo tecnológico y urbanístico, mereciendo nuestra atención en este caso.

- **Proyección de la población.**

Es además de suma importancia estimar la producción en el futuro, para definir las cantidades de desechos sólidos de que se deben disponer durante el período de diseño, lo cual conlleva a realizar una proyección de la población, al igual que en cualquier obra de servicio público. El crecimiento poblacional se podrá estimar por métodos matemáticos, como el crecimiento geométrico, aritmético, etc. o vaciando

2.2.2 Aspectos Generales de los Desechos Sólidos.

Entre los parámetros más importantes que debemos conocer para el manejo adecuado de los desechos sólidos que se producen en una población, se encuentran la composición y la cantidad.

Producción Per cápita

La producción per cápita de desechos sólidos se puede estimar globalmente por habitante por día (kg./hab-día), también es posible relacionar la cantidad de desechos sólidos producidos por vivienda, o sea, kg/vivienda-día, dado que la basura es entregada por vivienda y además tiene la ventaja de la facilidad de contar las casas.

$$PPC = \frac{CRS}{pob \times 7 \times C}$$

Donde:

PPC = producción por habitante por día (kg./hab-día)

CRS = cantidad de residuos sólidos recolectados en una semana (g./sem)

Pob. = población área urbana (hab)

7 = días de la semana

C = cobertura del servicio de aseo (%)

Producción Total

El conocimiento de la producción total de desechos sólidos nos permite establecer, entre otros, cuáles deben ser los equipos de recolección más adecuados, la cantidad de personal, las rutas, la frecuencia de recolección, la necesidad de área para la disposición final, los costos y el establecimiento de la tarifa o tasa de aseo. La producción de desechos sólidos está dada por la relación de la población con la producción per cápita.

$$CRD = pob \times PPC$$

Donde:

CRD = Cantidad de residuos sólidos producidos (kg./día)

Pob = Población área urbana (hab.)

PPC = Producción per cápita (kg./hab-día)

Proyección de la Producción Total

La producción anual de desechos sólidos se debe estimar con base en las proyecciones de la población y la producción per cápita. La proyección de la población puede estimarse por métodos matemáticos, pero, en cuanto al crecimiento de la producción per cápita, conviene anotar que difícilmente se encuentran cifras que den idea de cómo puede variar anualmente,

para tratar de evaluar cambios. No obstante, para obviar este punto y conociendo que con el desarrollo y el crecimiento urbanístico y comercial de la población los índices de producción aumentan, se recomienda calcular con una tasa de incremento del 1% anual, la producción per cápita total.

Selección del método de Relleno

El diseño del relleno sanitario depende del método adoptado, trinchera, área o su combinación, de acuerdo con las condiciones topográficas del sitio, las características del suelo y la profundidad del nivel freático. El diseño debe presentar los planos que orienten la construcción del relleno sanitario.

➤ **Método de Trinchera o Zanja.**

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, aunque ya se han registrado experiencias de excavación de trincheras hasta de 7 metros de profundidad, estas excavaciones se realizan con el apoyo de una retroexcavadora o tractor de oruga. La tierra que se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura, los

desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra diariamente. Se recomienda hacer cada zanja de tal forma que pueda tener una vida útil entre 30 y 90 días, considerando que hay que tener lista una nueva zanja antes de clausurar la que está en uso. De otra forma se corre el riesgo de que el lugar se convierta en un botadero abierto. La separación entre zanja y zanja debe ser por lo menos de un metro, dependiendo del tipo de suelo del lugar.

Es importante tener datos sobre el nivel freático y el tipo de suelo antes de implementar este método, ya que si el nivel freático está muy próximo a la superficie del suelo existe un alto riesgo de contaminar los acuíferos. Por otro lado, los terrenos rocosos dificultan la excavación.

Se debe tener cuidado en época de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas.

Por lo tanto, se deben construir canales perimetrales para captarlos y desviarlos e incluso proveerlos de drenajes internos. En casos extremos, puede requerirse el bombeo del agua acumulada. Las paredes longitudinales de las zanjas tendrán que ser cortadas de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado. La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie del suelo no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

➤ **Método de Área.**

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar las basuras, éstas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros. En estos casos, el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. En ambas condiciones, las primeras se construyen estableciendo una pendiente suave para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se

eleva el relleno. Este método se adapta también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno, o en su defecto se debe procurar lo más cerca posible para evitar el encarecimiento de los costos de transporte. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno, es decir, la basura se vacía en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre trinchera para ser llenada avance desechos sólidos cobertura final trinchera llena diariamente con una capa de tierra de 0.10 a 0.20 m de espesor; se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 30 grados en el talud y de 1 a 2 grados en la superficie.

➤ **Combinación de Ambos Métodos.**

Es necesario mencionar que, dado que estos dos métodos de construcción de un Relleno Sanitario tienen técnicas similares de operación, pueden combinarse lográndose un mejor aprovechamiento del terreno, del material de cobertura y de los rendimientos en la operación.

Cálculos necesarios

Una vez elegido el método de diseño que mejor se adapte a nuestras condiciones, se deben realizar varios cálculos que son muy necesarios para concluir con esta etapa de diseño.

➤ **Densidad de los Residuos Sólidos.**

Para calcular y dimensionar la celda diaria y el volumen del relleno se pueden estimar las siguientes densidades así:

- Celda diaria: densidad de la basura recién compactada 400-500 kg/m³.
- Volumen del relleno: densidad de la basura estabilizada 500-600 kg/m³. Estas densidades se alcanzan mediante la compactación homogénea y a medida que se estabiliza el relleno, incidiendo en la estabilidad y vida útil del sitio. El

aumento de la densidad de los desechos sólidos en el relleno sanitario se logra, entre otras cosas por:

- El tránsito del vehículo recolector por encima de las celdas ya conformadas.
- El apisonado manual, mediante el uso periódico del rodillo y pisonos de mano.
- La separación y recuperación de materiales tales como: papel, cartón, plástico, vidrio, chatarra y otros, dado que difícilmente se compactan. La práctica del reciclaje trae además del beneficio económico, una menor cantidad de desechos sólidos a enterrar, aumentando por tanto la vida útil del sitio. Cuando la separación se hace en el origen, se puede conseguir además la generación de empleo organizado y digno, con seguridad social.
- Otros mecanismos que aumentan la densidad de los desechos sólidos son: el proceso de descomposición de la materia orgánica y el peso propio de las capas o celdas superiores que producen mayor carga y obviamente, disminuyen su volumen.

➤ **Cálculo del Volumen Necesario.**

Los requerimientos de espacio del relleno sanitario están en función de la producción diaria de residuos sólidos, sí se espera tener una cobertura del 100% o, en su defecto, de la cantidad de residuos sólidos recolectados. La densidad de los residuos sólidos estabilizados en el relleno sanitario.

La cantidad de material de cobertura (20-25%) del volumen estabilizado de residuos sólidos.

➤ **Volumen de Residuos Sólidos.**

El volumen diario resulta de la relación entre el volumen de residuos sólidos a disponer en un día ($m^3/día$) y la densidad de los residuos sólidos recién compactados, (400-500 kg/m^3) y estabilizados (500-600 kg/m^3). El volumen anual de residuos sólidos que se requieren disponer se encuentra a partir de la relación entre el volumen de residuos sólidos a disponer en un día ($m^3/día$) entre 365 que es el equivalente los días en un año (días).

$$V_{diario} = \frac{CRD}{Drsc} \quad V_{anual} = V_{diario} \times 365$$

Donde:

V_{diario} = Volumen de residuos sólidos a disponer en un día (m³/día)

V_{anual} = Volumen de residuos sólidos en un año (m³/año)

CRD = Cantidad de residuos sólidos producidos (kg./día)

365 = Equivalente a un año (días)

Drsc = Densidad de los residuos sólidos recién compactados, (400-500 kg/m³)
y estabilizados (500-600 kg/m³).

➤ **Volumen del Relleno Sanitario.**

De esta manera, se puede calcular el volumen del relleno sanitario para el primer año, tomando el volumen de residuos sólidos en un año (m³/año) ya calculado por el material de cobertura, utilizando el factor de material de cobertura (1.2 a 1.25).

$$VRS = V_{anual} \times MC$$

Donde:

VRS = Volumen del relleno sanitario manual (m³/año)

MC = Factor de material de cobertura (1.2 a 1.25)

➤ **Cálculo del Área Requerida.**

Con el volumen calculado, se puede estimar el área requerida para la construcción del relleno sanitario manual, solamente si se puede estimar en forma aproximada la profundidad o altura del relleno. Esta solo se conocerá si se tiene una idea de la topografía de los alrededores. El área requerida para la construcción de un relleno sanitario depende principalmente de factores como:

- Cantidad de residuos sólidos a disponer y cantidad de material de cobertura.
- Densidad de compactación de los residuos sólidos.

- Profundidad o altura del relleno sanitario manual.
- Capacidad volumétrica del terreno.
- Áreas adicionales para obras complementarias.

El área de los residuos sólidos se halla relacionando el volumen necesario del relleno sanitario (m³/año) entre la altura o profundidad media del relleno sanitario (m).

$$A_{RS} = \frac{VRS}{h}$$

Donde:

VRS = Volumen necesario del relleno sanitario (m³/año)

ARS = Área a rellenar sucesivamente (m²)

h = Altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

El área total requerida será la multiplicación entre el área total requerida ya calculada, por el factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de aislamiento, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este se considera entre un 20-40% del área a rellenar.

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

Donde:

A total = Área total requerida (m²).

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de aislamiento, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este se considera entre un 20-40% del área a rellenar.

➤ **Cálculo de la Vida Útil.**

El volumen del relleno o el volumen comprendido entre las configuraciones inicial y final del terreno, calculadas mediante cualquiera de los métodos descritos anteriormente nos dará el volumen total disponible. El volumen total disponible del

terreno se compara con los valores de los volúmenes acumulados del relleno, hasta encontrar un valor similar o ligeramente mayor al número de años que equivalen a la vida útil del relleno.

Drenaje para Gases

Se entiende que un relleno sanitario es un digestor anaeróbico, el cual genera la descomposición natural o putrefacción de los desechos sólidos, donde se producen gases y otros compuestos. La descomposición natural o putrefacción de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, en una etapa anaerobia, produce cantidades apreciables de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), así como trazas de gases de olor fetidez como ácido sulfhídrico (H₂S), amoníaco (NH₃) y mercaptanos.

El gas metano es inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción de 5 a 15% en volumen; los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno; al existir una fisura en el terreno o permeabilidad de la cubierta para salir, pudiendo originar altas concentraciones de metano con el consiguiente peligro de explosión en las áreas vecinas. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo un adecuado control de la generación y migración de estos gases. Como el gas metano es combustible, se puede quemar simplemente encendiendo fuego en la salida del drenaje, una vez concluido el relleno sanitario. También se puede aprovechar este gas como energía en el empleo de lámparas para iluminar el terreno.

Para la evacuación de los gases se construirá un sistema de drenaje vertical en piedra, colocado en diferentes puntos del relleno sanitario, para que éstos sean evacuados a la atmósfera. El drenaje de gases estará constituido por un sistema de ventilación, que funcionará a manera de chimeneas o ventilas, las cuales atraviesan en sentido vertical todo el relleno desde el fondo hasta la superficie. Estas chimeneas se construyen verticalmente a medida que avanza el relleno, procurando siempre una buena compactación a su alrededor, se recomienda instalarlas con barriles metálicos de 60 centímetros de diámetro, relleno con piedra de río o grava #2, distribuidas a

cada 20 o 50 metros, colocadas directamente sobre el sistema de drenaje de líquidos lixiviados.

Lagunas de Estabilización para el Tratamiento de los Líquidos Lixiviados.

Los líquidos lixiviados producidos por la basura en descomposición poseen alta concentración de material que es soluble y contaminante para la naturaleza, con el motivo de amortiguar los efectos de estos líquidos se deben construir lagunas de estabilización, diseñadas para el tratamiento de las aguas residuales, por medio de la interacción de la biomasa y la materia orgánica de los desechos, la mortalidad bacteriana y otros procesos naturales como la demanda de oxígeno, trabajando en cierta medida por evaporación.

- **Lagunas de estabilización**

Consisten en una serie de estanques donde se descargan las aguas residuales recolectadas, construidas de tierra y con una profundidad menor a los 5 metros y con periodos de retención hasta de 90 días, impermeabilizadas con una capa de arcilla compactada de 0.30 metros de espesor y recubiertas con una geomembrana de Cloruro de polivinilo (PVC) o de polietileno de alta densidad (HDPE).

Drenaje para líquidos de lixiviados

Los líquidos generados por la descomposición de los desechos sólidos en el relleno sanitario son denominados líquidos percolados o lixiviados, son de color oscuro y tienen mal olor, poseen elevada demanda bioquímica de oxígeno, pueden ser muy contaminantes para las aguas superficiales y para los mantos acuíferos, además pueden aumentar significativamente con la lluvia que cae directamente sobre el relleno sanitario. Estos líquidos deben tener su propio sistema de alcantarillado sanitario en la zona del terreno donde se va a construir el relleno sanitario, para ello se construirán canaletas cuadradas al pie del talud del nivel de desplante de cada terraza bajo la celda de los desechos sólidos.

El volumen de lixiviado o líquido percolado en un relleno sanitario depende de los siguientes factores:

- Precipitación pluvial en el área del relleno.
- Evapotranspiración.
- Humedad natural de los DSM.
- Grado de compactación.
- Escorrentía superficial y/o infiltración subterránea.
- Capacidad de campo (capacidad del suelo y de los DSM para retener humedad).

El volumen de lixiviado está fundamentalmente en función de la precipitación pluvial. No solo la escorrentía puede generarlo, también las lluvias que caen en el área del relleno hacen que su cantidad aumente, ya sea por la precipitación directa sobre los residuos depositados o por el aumento de infiltración a través de las grietas en el terreno. Debido a las diferentes condiciones de operación y localización de cada relleno, las tasas esperadas pueden variar; de ahí que deban ser calculadas para cada caso en particular.

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

Drenaje Pluvial.

Las aguas lluvias deben encausarse con el fin de desviar la escorrentía dentro del mismo terreno y no a los terrenos aledaños, esto se pretende realizar a través de un sistema superficial de canaletas perimetrales forjadas en tierra, disminuyendo en gran medida el riesgo de un aumento significativo de líquidos lixiviados y por supuesto para mejorar las condiciones de operación del relleno sanitario. Al obtener las dimensiones de la canaleta, es necesario calcular el tamaño del desagüe, utilizando la fórmula de Manning, se tiene:

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

2.2.3 Operación, Mantenimiento y Cierre Técnico.

Para garantizar que el relleno sanitario manual se construya y opere de conformidad con las especificaciones y recomendaciones dadas en el estudio o informe final del proyecto y para tener la certeza de que se cumplan los objetivos propuestos, es necesario que éste cuente con una buena administración. La administración del relleno sanitario debe considerar las relaciones públicas como un factor prioritario tanto durante la construcción como después de clausurado el relleno, puesto que la opinión pública juega un papel definitivo para la promoción y divulgación de esta obra de saneamiento básico en otras zonas donde se requiera la ubicación de un nuevo relleno. Para ello se deben tener en cuenta los siguientes factores:

Clausura del Botadero Municipal.

Para la exitosa operación del sistema proyectado, se debe programar y clausurar el botadero tradicional del municipio, así como los demás botaderos existentes en la zona, realizando las siguientes acciones:

- Hacer pública la clausura del botadero, anunciando que ya no se permitirá la disposición de basuras en el lugar e informar además a la comunidad sobre la existencia del relleno sanitario para que se dirijan al mismo y su ubicación para obtener su cooperación.
- En especial a los comerciantes, que esporádicamente generan gran cantidad de basuras y contratan a un particular para su disposición, informarles de la existencia del relleno sanitario, e indicarles que las depositen allí.
- Colocar avisos informando a la ciudadanía las sanciones que se aplicarán a quienes infrinjan las normas dictadas al respecto.
- Construir un cerco para impedir el ingreso de personas extrañas y de animales.
- Realizar un programa de exterminio de roedores y artrópodos, evitando que emigren a las viviendas vecinas, con los consiguientes riesgos y problemas.

Operación y Mantenimiento del Relleno Sanitario.

A pesar de la poca magnitud de esta obra de saneamiento básico, representa sin embargo una actividad fundamental en lo relacionado con el manejo de los desechos sólidos a nivel de cualquier comunidad, motivo por el cual debe prestársele sumo interés para que se desarrolle en las mejores condiciones. Por lo tanto, es importante realizar evaluaciones periódicas para mantener buen control en los siguientes aspectos.

Control de Operaciones.

Llevar a cabo un control diario de las operaciones que se realizan en el relleno sanitario, tales como:

- Ingreso de materiales (basura y tierra).
- Cantidad (peso y volumen estimado).
- Procedencia (sector del área urbana).
- Recepción de residuos sólidos solamente que hayan sido autorizados por la administración del relleno sanitario.
- Ingreso de vehículos y visitantes.
- Horario del personal empleado.
- Mantenimiento de las herramientas.
- Ocurrencias extraordinarias.

Control de Construcción.

Es importante mantener el alineamiento de las plataformas, así como los niveles señalados para las alturas de las celdas, los cuales se podrán controlar con base en los planos de diseño del proyecto, o incluso por simple observación. Las pendientes de los taludes deben brindar la estabilidad que se requiere para la obra de acuerdo con la topografía del terreno.

Obras Complementarias.

Complementan el diseño del relleno sanitario en su totalidad, comprende la construcción de cerco perimetral, vías de acceso, rotulo del proyecto, servicios

básicos para la caseta de control; procurando que sean de bajo costo y cumplan con las características de saneamiento básico con su mano de obra en todas sus actividades, a fin de minimizar las inversiones temporales.

- **Instalaciones Sanitarias:** El sitio del relleno sanitario debe contar con instalaciones mínimas que aseguren la comodidad y bienestar de los trabajadores, para ello se requiere construir una letrina abonera o pozo negro. En el Plano #6.14 se muestra como debe ser la letrina abonera y sus componentes. La gran ventaja de utilizar este tipo de sistemas es que se produce abono orgánico, si se utiliza correctamente es segura para la salud humana y no produce malos olores ni atrae moscas, además no contamina los pozos, ni las aguas subterráneas, ni la tierra, también la orina puede servir como abono foliar y puede ser utilizada por largo tiempo.

- **Caseta de Control:** La construcción de una caseta de control es importante para ser utilizada como control de ingreso de los camiones con los desechos sólidos, además también puede ser adaptada y empleada para las funciones de bodega para guardar las herramientas, cambio de ropa antes y después del trabajo del personal de operación y mantenimiento, instalaciones sanitarias, cocina para calentar alimentos en una hornilla y resguardo de los trabajadores en caso de una fuerte lluvia. En los Planos #6.12 y #6.13 se muestran los detalles de la caseta de control.

- **Vías de Acceso:** Resulta conveniente la construcción de vías internas en el relleno sanitario, pues estas permiten el desplazamiento por todo el terreno, facilitando la entrega de los desechos en el frente de trabajo, pueden ser construidas de forma rustica, hechas de tierra, piedra y restos de demoliciones, pero deben de mantenerse en buen estado y sobre todo bien drenadas durante todo el año. Los anchos de rodaje de estas vías deben ser de 6.00 metros, con pendiente entre el 5 y el 10% sobre su eje y con una pendiente del 3%

perpendicular a su eje, con el objetivo de obtener un buen drenaje de las aguas lluvias en las vías. En el Plano #6.11 se muestran los detalles de esta vía.

- **Portón de Acceso:** Indispensable el acceso para darle seguridad y disciplina a la obra, es importante también para impedir el libre acceso del ganado, personas particulares al interior del relleno, dado que aquél no sólo entorpece la operación, sino también destruye las celdas, especialmente cuando se retiran los trabajadores al final de la jornada diaria.

- **Cerco Perimetral:** Este estará compuesto por un muro de bloque perimetral y malla ciclón, también tendrá la conformación de un cerco vivo de árboles y arbustos como aislamiento visual, pues oculta de los vecinos y transeúntes la vista de los desechos sólidos; da buena apariencia estética al contorno del terreno y puede servir para retener papeles y plásticos levantados por el viento. Se recomienda plantar árboles de rápido crecimiento como pino, eucalipto, laurel, bambú, etc.

- **Rotulo de identificación del Proyecto:** A fin de que sea identificada por los habitantes del municipio, este debe ubicarse en la entrada principal del proyecto

Control de Costos.

Uno de los aspectos que frecuentemente descuidan los administradores municipales es el relativo a la recolección y análisis de los costos del servicio de aseo urbano, pese a que éstos presentan uno de los mayores problemas, puesto que en general este servicio debe ser subsidiado por el municipio, devorando gran parte del presupuesto. Por lo tanto, es necesario enfatizar la importancia de recolectar la información relacionada con los costos del relleno sanitario manual, tanto durante la etapa de inversión como de construcción, operación y mantenimiento, puesto que su análisis nos permite buscar los máximos rendimientos con una mayor economía. Se recomienda separar las cuentas de cada servicio público.

Por otra parte, se puede demostrar que el porcentaje que representa el relleno sanitario manual en el gasto global del servicio de aseo en el municipio, oscila entre un 10-20%, y desvirtuar así la imagen equivocada que tienen los administradores locales respecto a los costos de esta obra. De esta forma además se calculará de una manera más real el valor de la tasa o tarifa de aseo, la cual se constituye en un elemento vital para garantizar la solvencia económica del servicio y por consiguiente optimizar su calidad y eficiencia. Entre los factores a considerarse para efectuar los costos operacionales se tienen las herramientas, el material de cobertura y los costos indirectos.

Control del Ambiente

Inicialmente, el control de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales se efectuará mensualmente, para luego realizarse con menor frecuencia, luego de confirmar que no hay contaminación por el relleno. Los parámetros a analizar son aquellos exigidos por la autoridad local o regional de control de la contaminación de las aguas. Las chimeneas de evacuación de gases deben ser observadas para verificar su ventilación.

Clausura y Postclausura del Relleno Sanitario.

Esta etapa comprende las acciones orientadas a conservar el relleno clausurado al final de su vida útil, en condiciones estables o similares a las que presentaba el área antes de su operación; esto implica conservación de la cobertura final, funcionamiento adecuado de los sistemas de drenaje de gases y lixiviados y funcionamiento adecuado de los sistemas de tratamiento.

Las causas que pueden alterar la estabilidad del relleno clausurado con material de cobertura final son principalmente posibles afloramientos y escurrimientos de lixiviados, emanaciones de biogás y averías en el sistema de tratamiento del biogás a que las estructuras de emanación están expuestas en el área. A estos les siguen algunas explosiones como consecuencia del aumento de presión en los bolsones de

biogás retenido, obstrucciones de la red de lixiviados y averías en la estructura de tratamiento de lixiviados. Esto produce principalmente malos olores, emanaciones de biogás y presencia explícita de lixiviados. Estas relaciones de causalidad son, evidentemente, de menor implicancia y riesgo ambiental que su correspondiente en la etapa de operación, pero de mayor trascendencia y riesgo que su correspondiente en la etapa de habilitación.

De todos los elementos que afectan al medio ambiente en esta fase, los lixiviados ofrecen los mayores riesgos y peligros para el medio ambiente y la salud, seguidos de los olores como consecuencia del biogás emanado. Las categorías que se verán más afectadas como consecuencia de la presencia de elementos potenciales son la salud pública y seguridad y la calidad del aire atmosférico, subsuelo y el paisaje.

2.3 Marco Normativo

De la Constitución de la Republica.

Sección Cuarta

Salud Pública y Asistencia social

Art. 65 La salud de los habitantes de la República constituye un bien público. El Estado y las personas están obligados a velar por su conservación y restablecimiento. El Estado determinará la política nacional de salud y controlará y supervisará su aplicación.

2.3.1 Reglamento Especial Sobre el Manejo Integral de Los Desechos Sólidos

Expresa que el manejo y la disposición de los desechos sólidos constituyen uno de los principales objetivos ambientales nacionales, los que dañan la salud y causan problemas de contaminación, cuando no son confrontados con una política preventiva y global.

Por lo tanto, tiene como objetivo y alcance:

Objetivo

Regular el manejo de los desechos sólidos.

Alcance

Será el manejo de desechos sólidos de origen domiciliario, comercial, de servicios o institucional; sean procedentes de la limpieza de áreas públicas, o industriales similares a domiciliarios, y de los sólidos sanitarios que no sean peligrosos.

Ley de Medio Ambiente

Contaminación y disposición final de los residuos sólidos

Art. 52. El MARN promoverá, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Gobiernos Municipales y otras organizaciones de la sociedad y el sector empresarial el reglamento y programas de reducción en la fuente, reciclaje, reutilización y adecuada disposición final de los residuos sólidos. Para lo anterior se formulará y aprobará un programa nacional para el manejo integral de los residuos sólidos, el cual incorporará los criterios de selección de los sitios para su disposición final. “De esta normativa nacen las facultades para la creación de Ordenanzas”

Código municipal.

Competencias de los municipios

Según el Art. 4

- a) Determinar los criterios de selección para los sitios de estaciones de transferencias, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos;
- b) Emitir el permiso ambiental de acuerdo a lo establecido en la Ley para todo plan, programa, obra o proyecto de manejo de desechos sólidos.

Para el caso del manejo integral de los desechos sólidos municipales se plantea lo siguiente:

Almacenamiento

Art. 5.- En aquellos casos en que se establezcan sitios de almacenamiento colectivo temporal de desechos sólidos en las edificaciones habitables, deberán cumplir, en su grado mínimo con las especificaciones requeridas.

Estas especificaciones pueden resumirse en que los sistemas de almacenamiento temporal deberán permitir su fácil limpieza y acceso. En el caso de los sistemas de ventilación, suministro de agua, drenaje y de control de incendios, serán los adecuados a las características que se presenten, el acceso a estos

almacenamientos deberá estar restringidos a personas no autorizadas y animales. Los sitios de almacenamiento serán diseñados para facilitar la separación y la recuperación de materiales con potencial reciclable.

Los contenedores para el almacenamiento según el Art. 6 deberán cumplir con los requisitos siguientes:

Adecuada ubicación y protegidos, cumplir con la capacidad del volumen de desechos generados por la municipalidad, adecuado uso de material y capacidad para el uso en que están destinados, mantenimiento constante e información de identificación relativa al uso y tipos de desechos.

Respecto a la recolección y transporte para los desechos sólidos, en el Art 7 se plantea que; La determinación de las rutas, de los horarios y las frecuencias del servicio de recolección de desechos sólidos y planes de contingencia establecidos por los titulares, se realizará con sujeción estricta de los aspectos ambientales vigentes. Al igual que los artículos 8 y 9 de este reglamento especifican el equipo de recolección y transporte los cuales deberán cumplir con las especificaciones técnicas, como capacidad, medidas de seguridad, higiene, condiciones adecuadas del transporte, se respetará una ruta única y previamente establecida, la que no será alterada sin previa autorización.

Como se plantea el objetivo de este reglamento que va dirigido al manejo de los desechos sólidos, se menciona el aprovechamiento y tratamiento, esto es representado en el Art. 11, plantea lo siguiente; La utilización del Sistema de Tratamientos de Desechos Sólidos en el país dependerá fundamentalmente de la naturaleza y la composición de los desechos.

Los sistemas de tratamiento que rige este reglamento son el Compostaje, Recuperación que incluye la reutilización y el reciclaje, Aquéllos específicos que prevengan y reduzcan el deterioro ambiental y que faciliten el manejo integral de los desechos. Estos sistemas deberán de contar con el permiso ambiental.

Los Art. 12, 13 y 14 se refieren a la disposición final, como punto principal el Relleno Sanitario, este puede ser reforzado con tecnologías ambientalmente apropiadas al lugar en que se ejecutará. Se especifican 3 tipos de Relleno Sanitarios, estos se pueden construir tomando en cuenta los parámetros de utilización, características del lugar, cantidad de desechos sólidos, cantidad de habitantes, topografía del terreno entre otras. Para el caso de un municipio regularmente lo más idóneo es la construcción de un Relleno Sanitario Manual debido a que la generación de desechos sólidos no sobrepasa las 20 toneladas diarias. Tomando en cuenta que existen los Rellenos Sanitarios mecanizados, este es para poblaciones urbanas que generan más de 40 toneladas diarias de desechos sólidos. El Relleno Sanitario Combinado o Mixto, el cual tiene un intervalo de generación de desechos sólidos entre 20 a 40 toneladas diarias, este puede emplearse en poblaciones urbanas y rurales adecuándose a las capacidades económicas y ambientales.

Todos los procesos que forman parte de un Relleno Sanitario conllevan ciertos requerimientos de seguridad, vigilancia, inspecciones, informes, infracciones y sanciones, normas técnicas. Estos son regidos por los artículos 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24.

Decreto 237: Cierre técnico de botaderos a cielo abierto 2007

A partir de las cero horas del 10 de septiembre de 2007, quedó terminantemente prohibido a las comunas (Alcaldías) y población en general, depositar la basura a cielo abierto; ni en otro lugar que no esté legalmente autorizado.

Estrategia Nacional del Medio Ambiente

Manejo integral de residuos sólidos, materiales peligrosos y descontaminación de suelos, plantea las siguientes líneas prioritarias:

- Adopción de la cultura 3R (reducir, reutilizar y reciclar)
- Mejoramiento de la cobertura, accesibilidad y sostenibilidad del manejo de residuos sólidos y peligrosos
- Responsabilidad extendida al productor

- Sustitución de materias primas y sustancias
- Descontaminación de suelos y cierre de botaderos a cielo abierto

2.3.2 Marco Regulatorio en Materia Ambiental En El Salvador

En el Salvador, el medio ambiente está tutelado desde la perspectiva constitucional en el art. 117 de nuestra carta magna en donde se establece: “Es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente para garantizar el desarrollo sostenible. Se declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional, restauración o sustitución de los recursos naturales, en los términos que establezca la Ley. Se prohíbe la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos.”

2.3.3 Legislación Ambiente de El Salvador

Dentro de la legislación ambiental de El Salvador, se encuentra el apartado de los desechos, este involucra el Acuerdo Regional sobre Movimiento Transfronterizo de Desechos Peligrosos y Reglamento Especial sobre el Manejo Integral de los Desechos Sólidos.

2.3.4 Saneamiento Ambiental

La Estrategia Nacional de Saneamiento Ambiental 2013 abarca varios aspectos: la contaminación de suelos por agroquímicos y tóxicos; manejo inadecuado de desechos sólidos y peligrosos; sistemas obsoletos de alcantarillado sanitario; aguas residuales domésticas e industriales sin tratar; rastros municipales insalubres, entornos comunitarios insalubres.

La Estrategia se compone de tres ejes fundamentales: el primero es el manejo integral de residuos sólidos, materiales peligrosos y descontaminación de suelos, este eje tiene como líneas prioritarias la adopción de la cultura de mejoramiento de cobertura, accesibilidad y sostenibilidad del manejo de desechos sólidos y peligrosos, responsabilidad extendida al productor, importados y distribuidos, sustitución de materias primas y sustancias y descontaminación de suelos y cierre de botaderos a cielo abierto.

El segundo eje se refiere al tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas; el cual tiene como líneas de acción: el tratamiento de aguas residuales industriales, manejo y tratamiento de aguas residuales domésticas y reciclaje de aguas residuales tratadas.

El tercer eje saneamiento básico para las zonas peri-urbanas y rurales del país contempla dentro de sus líneas prioritarias la ampliación de cobertura y mejoramiento de la calidad de los servicios; el control de vectores y limpieza de zonas públicas y el mejoramiento de la calidad del aire en el ámbito domiciliar.

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN

DE LA ZONA DE

ESTUDIO

3.1 Generalidades del Municipio de Joateca

3.1.1 Reseña Histórica

➤ **Orígenes y etimología:**

En los confines de las primitivas jurisdicciones de Cacaopera, Meanguera y Arambala, se constituyó un próspero cantón o valle, denominado Joateca, nombre geográfico de origen lenca “opotón” que significa “Valle de los Ocotes” o “Valle de Las Orejas”, pues está formado de las raíces “joa”, de “yoan”, oreja, o de yuan, ocote y teca, valle. Se dice que anteriormente estaba ubicado en lo alto del cerro Ocote Seco, en donde aún se conserva parte de sus vestigios.

➤ **Fundación del Municipio:**

Según datos obtenidos en la Monografía del departamento de Morazán, del Instituto Nacional Ing. Pablo Arnoldo Guzmán, se encuentra que por Decreto Legislativo con fecha 11 de marzo de 1890, se fundó el pueblo de Joateca. Por Ley el 9 de abril de 1893 se extinguió, en vista de que desde su fundación no había dado señales de vida y de progreso, pero el 17 de abril de 1894, la Asamblea Nacional Legislativa emitió un nuevo decreto, por el cual se restituía al valle de Joateca su autonomía municipal y se facultó al Poder Ejecutivo para que ordenara las elecciones de las autoridades locales en este pueblo. Desde su fundación, Joateca ha pertenecido al distrito de Jocoaitique, antes El Rosario, en el departamento de Morazán.

➤ **Aspectos geográficos.**

Joateca es uno de los 26 municipios que integran el departamento de Morazán, se encuentra limitado al norte por la República de Honduras, al Este por la República de Honduras y los municipios de Corinto y Cacaopera, al Sur por el municipio de Cacaopera y al Oeste por los municipios de Meanguera y Arambala.

Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes: 13° 58' 52" LN Extremo Septentrional, 13° 50' 09" LN Extremo Meridional, 88° 00' 48" LWG Extremo Oriental y 88° 06' 18" LWG Extremo Occidental.

3.1.2 División político administrativa.

Según información obtenida por la población y la municipalidad de Joateca, el municipio administrativamente se divide en 3 Cantones, 22 Caseríos 6 Barrios y 1 colonia, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 2 División Política Administrativa

Área Urbana	Barrio El Centro
	Barrio El calvario
	Barrio San Antonio
	Barrio El porvenir
	Barrio Buenos Aires
	Barrio Buena Vista
	Colonia Vista Hermosa

Cantón	Caserío
Volcancillo	Mazala
	Las Cañas
	Los Arenales
	El capulín
	San Agustin
	El Portillo
	Los plancitos
	El Bosque

Paturla	Paturla Centro El Tizate Agua Caliente Cuquinca Estanzuelas Agua Fria Ocote Seco La Laguna Los Blancos El Papalón El Chupadero Los Ramos
El Zapotal	El Zapotal El Limón

Fuente. Alcaldía Municipal de Joateca, Departamento de Catastro

3.1.3 Conectividad vial

La red vial del municipio a pesar de ser de tierra se encuentra en regulares condiciones de tránsito vehicular, tanto en invierno como en el verano, lo que viene a favorecer la dinámica económica de sus habitantes y a mantener la conectividad vial con los municipios vecinos y la cabecera departamental. A continuación, se hace un análisis de la conectividad vial externa e interna del municipio:

➤ **Externa**

El acceso al municipio puede hacerse por varias rutas distintas; a continuación, se presenta un mapa del departamento de Morazán, donde se visualizan las distintas calles que lo conectan con respecto a los demás municipios.

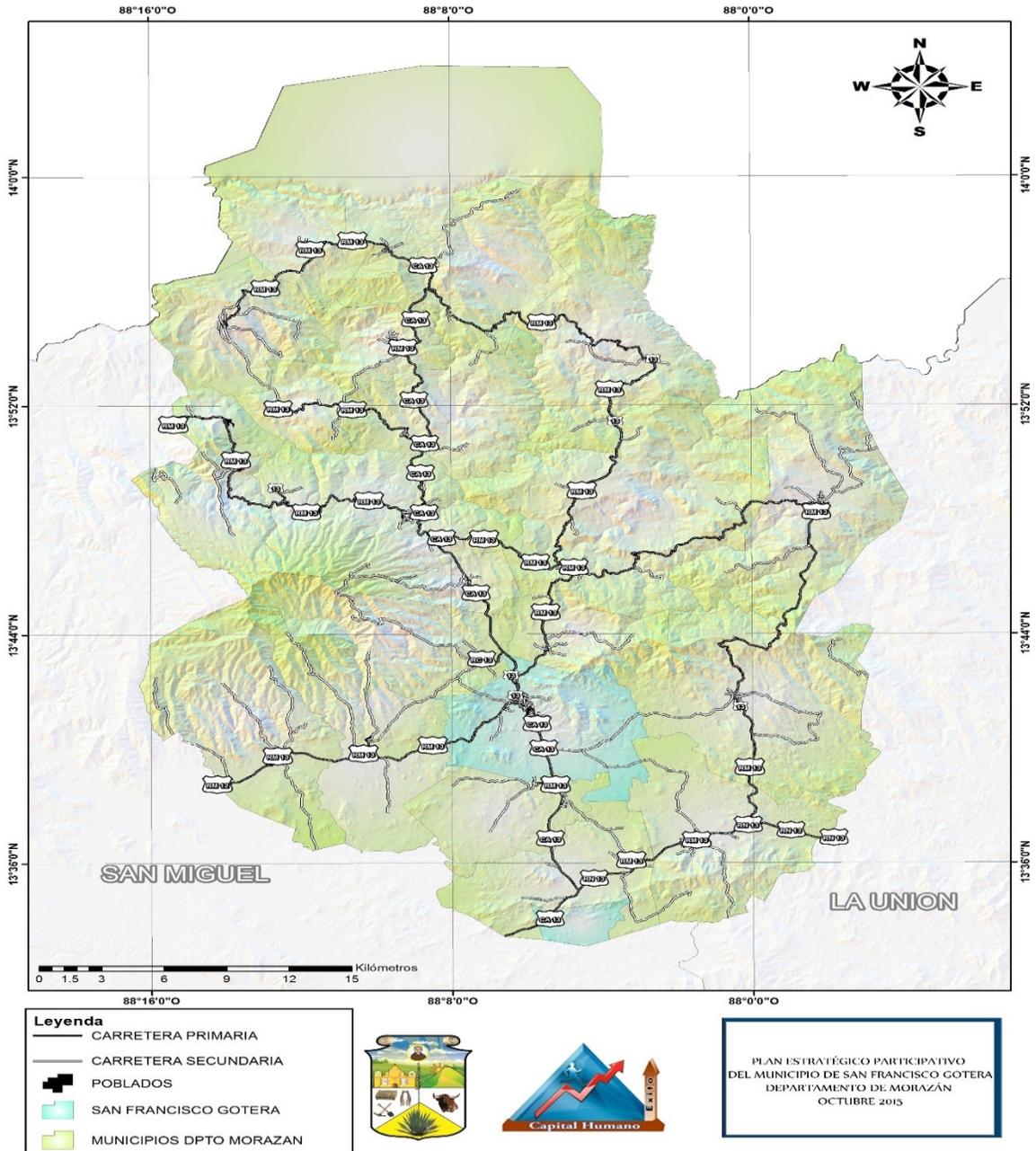


Figura 4 Conectividad vial del Departamento de Morazán

Fuente. Conectividad vial de los municipios de El Salvador 2015

Conectividad interna entre área urbana y comunidades

Desde	Hasta	Distancia	Tipo de acceso	Exposición a amenazas
Área Urbana	Paturla Centro	3 KM	Calle asfaltada en malas condiciones, a nivel interno del cantón existen calles y caminos vecinales en malas condiciones que conectan entre los diferentes caseríos y el centro del cantón.	-Arrastre e inundación por quebrada. -Derrumbes y deslizamientos de tierra. -Curvas peligrosas
Área Urbana	Volcancillo	5 KM	Calle con tramos de tierra, empedrados fraguados y balastado. Las calles internas del cantón que comunican con los caseríos, en su mayoría son de tierra con algunos tramos que se encuentran empedrados fraguados y otros tramos con balasto	-Derrumbes y deslizamientos de tierra. -Curvas peligrosas. -Pendientes pronunciadas. -Deslizamiento por calle arcillosa.
Área Urbana	El Zapotal	12 KM	8 Kms. De calle asfaltada en malas condiciones y 5 Kms. De calle de tierra en regulares condiciones; a nivel interno del cantón existen calles y caminos vecinales en malas condiciones que conectan los caseríos y el centro del cantón.	-Derrumbes y deslizamientos de tierra. -Curvas peligrosas. -Pendientes pronunciadas. -Deslizamiento por calle arcillosa. -Arrastre por quebrada Las Minas
Área Urbana	El Tizate	3 KM	Calle de tierra balastada en malas condiciones en la época de invierno. Caminos vecinales que conectan las diferentes comunidades del caserío	-Derrumbes y deslizamientos de tierra. -Deslizamiento por calle arcillosa.
Área Urbana	Mázala	8 KM	Calle principal del municipio de tierra balastada.	-Derrumbes y deslizamientos de tierra. -Deslizamiento por calle arcillosa.

Fuente. Alcaldía Municipal de Joateca 2017, departamento de Catastro



Figura 5 Conectividad vial del Municipio de Joateca

Fuente. Conectividad vial de los municipios de El Salvador 2015

3.1.4 Ámbito socio cultural

➤ Vivienda

Según información proporcionada por la Unidad de Salud de Joateca, la situación de vivienda es la siguiente:

En la zona urbana existen 296 viviendas habitadas de las cuales el 52% es de tipo mixto, un 45% de adobe y el resto de bahareque; en cuanto al régimen de propiedad, el 70% las habitan los dueños, y un 18% son alquiladas y el resto otro tipo de tenencia; en cuanto al techo el 88% de las viviendas es de teja; referente al piso el 88% es de ladrillo, el 10% de cemento y el resto de otros materiales.

En la zona rural existen 1,018 viviendas habitadas de las cuales el 17% es de tipo mixto, un 65% de adobe y el resto de bahareque; en cuanto al régimen de propiedad, el 87% las habitan los dueños, un 4% son alquiladas y el resto otro tipo de tenencia; respecto al piso el 30% de las viviendas es de ladrillo, el 65% es de cemento y el resto de otros materiales.

➤ Agua

Según el Almanaque 262 del Estado del Desarrollo Humano en los municipios de El Salvador 2009, realizado por el PNUD, el municipio de Joateca, presentaba una cobertura de abastecimiento de agua potable de 94.58% en la zona urbana y del 49.93% en la zona rural, haciendo una cobertura total del 59.72%. Según los registros de la Unidad de Salud del municipio de Joateca, la cobertura de agua potable para el municipio es del 61%, presentando un déficit del 39%, por lo que podemos mencionar que hasta la fecha la cobertura de abastecimiento de agua potable solo se ha incrementado en 1.28%.

Sin embargo, habría que considerar que cuando se realizó el Censo Nacional fue en base a 926 viviendas mientras que la Unidad de salud lo hace en base a 1,314 viviendas.

➤ **Energía eléctrica**

Según datos del Almanaque 262 del Estado del Desarrollo Humano en los municipios de El Salvador 2009, realizado por el PNUD, el suministro de energía eléctrica presenta una cobertura del 85.71% en la zona urbana y un 14.80% en la zona rural; sin embargo, con los proyectos desarrollados por FOMILENIO la cobertura en la zona rural ha aumentado sustancialmente y podría rondar por el 90% aproximadamente.

➤ **Salud**

El sistema de salud pública del municipio es cubierto por dos ECO, uno de ellos funciona en el área urbana, atendiendo a la población con un horario de 7:30 a.m. a 3:30 p.m. de lunes a viernes y los días sábado y domingo funciona como FOSALUD con un horario de 7:00 a.m. a 3:00 p.m., el cual es atendido por un médico, una enfermera, un auxiliar de enfermería, un supervisor específico, un inspector de saneamiento, un polivalente (Persona que apoya diversas funciones logísticas), un motorista, un estadista, un ordenanza y tres promotores comunitarios.

El segundo ECO funciona en el área rural y se localiza en el caserío San Agustín del cantón Volcancillo y funciona de lunes a viernes y es atendido por un médico, una enfermera, un polivalente (persona que hace funciones variadas de logística) y dos promotores comunitarios. Es importante mencionar que la población del cantón El Zapotal a pesar de contar con un dispensario médico ubicado en el caserío El Limón no dispone de un promotor de salud, ni ECO, la población tiene que acceder a los servicios que ofrece el ECO ubicado en el área urbana. En cuanto a las causas más frecuentes de consultas por la población del municipio, la Unidad de Salud a través de su directora las menciona en orden de importancia:

1. Infecciones respiratorias agudas (IRAS)
2. Gastrointestinales.
3. Parasitismo intestinal.
4. Hipertensión arterial.
5. Diabetes.
6. Traumatismos (heridas y quemaduras).

➤ **Educación**

En el aspecto educativo podemos mencionar que en el municipio funcionan 12 centros escolares que atendieron para el año de 2012 una población estudiantil de 1,294 desde el nivel de parvularia hasta el nivel de educación media, el cual solo funciona en la zona urbana. Es importante mencionar que el Complejo Educativo General Manuel José Arce ubicado en el área urbana, atiende al 38% de la población estudiantil del municipio y es el único que tiene matrícula desde parvularia hasta bachillerato opción vocacional. En cuanto al alfabetismo, según el Almanaque 262 del Estado de Desarrollo Humano en los Municipios de EL Salvador 2009, el municipio de Joateca presenta una tasa total de alfabetismo adulto (mayores de 15 años) del 67%, siendo en la zona urbana del 75.6% y en la zona rural del 64.9%. Traducido lo anterior en términos de analfabetismo para el mismo grupo, se tiene un total igual a 33%, de los cuales el 24.4% se localiza en la zona urbana y el 35.1% en la zona rural.

➤ **Seguridad alimentaria**

La disponibilidad de alimentos en el municipio de Joateca se basa en la siembra y producción de granos básicos, cultivos no tradicionales (caña y café) y algunas hortalizas como chile, tomate, pepino, ejote, pipían, entre otros; además, en la crianza y explotación de animales de granja. De acuerdo a la información del Censo Agropecuario 2008, en el municipio se registra una producción de 9,783 quintales de maíz para el consumo humano, 1,751 para el consumo animal, 139 para semilla y 1,979 para la venta. En el caso del sorgo se observa una producción 1,811 quintales para el consumo animal, 48 para semilla y 375 para la venta.

En cuanto a la producción de frijol es de 889 quintales para el consumo, 34 para semilla y 334 para la venta. Por lo anterior, se puede decir, que disponen de maíz y el frijol año con año, algunas hortalizas que cosechan y que, a partir de la producción excedente, se destinan a la venta, Las familias pueden adquirir otros productos que vienen a complementar la disponibilidad de alimentos. Se espera que la situación de Seguridad Alimentaria y Nutricional, mejore con la implementación del Programa de "Agricultura Familiar" por parte del CENTA, el cual proporciona semillas, fertilizante y

asistencia técnica para la producción de alimentos que puedan ayudar a mejorar la seguridad alimentaria familiar. A partir del mes de febrero de 2018 se han contratado dos técnicos para dar seguimiento al programa, debido a que se está iniciando y aún no se tiene reporte de impactos.

➤ **Organización comunal**

La organización comunal en el municipio está representada por 12 ADESCO's, de las cuales funcionan 6 en el cantón El Volcancillo, 4 en el cantón Paturla y 2 en el cantón El Zapotal, quienes trabajan por el desarrollo de sus comunidades junto a su Gobierno Municipal. Además, existe una Asociación Administradora del Sistema de Agua Potable Saneamiento y Medio Ambiente (ASAPSMA) la cual administra el servicio de agua en la zona urbana.

➤ **Ámbito económico**

El análisis de actores económicos, es un instrumento que permite conocer a los agentes de desarrollo que estimulan e inciden en los cambios de un municipio, a través de la dinámica económica donde se interrelacionan: la empresa privada, organizaciones o instituciones gubernamentales y no gubernamentales (ONG's), liderazgo y productores agropecuarios, entre otros.

Con el mapa económico del municipio, se busca no sólo tener un registro de los diferentes actores, sino también, definir donde se ubican y conocer las acciones o actividades que éstos realizan, la relación que existe entre los mismos y con actores externos al municipio.

En el municipio de Joateca, se recolectó información acerca de la situación económica actual, utilizando instrumentos diseñados para tal fin, en donde se entrevistaron a productores(as) en diferentes actividades, recorridos, jornadas territoriales y sectoriales que fueron ejecutadas en los distintos cantones del municipio.

3.1.5 Sectores económicos.

➤ Sector Agropecuario.

En este sector, se encuentran diferentes actividades agropecuarias que ayudan de alguna manera a solventar necesidades de alimentación y sostenibilidad de la economía familiar, entre estas están la siembra de caña de azúcar, café, granos básicos, hortalizas, ganado y crianza de animales de corral.

La siembra de granos básicos (maíz, sorgo y frijol) en este municipio, se realiza mayoritariamente como prácticas agrícolas de subsistencia, debido a que la mayoría destinan su producción al consumo humano (70.4%, 19 productores), en áreas que van desde media manzana hasta una y media manzanas. Las prácticas y producción pecuaria, son parte de las actividades que realizan las familias rurales para obtener una fuente de alimentación y el poco excedente lo venden dentro del municipio, lo que viene a fortalecer la economía familiar. La crianza más común es de aves de corral, ganado vacuno, cerdos y ganado ovinocaprino.

➤ Sector secundario

No se encuentran industrias que se dediquen a la transformación de alimentos como la producción de bienes de consumo, únicamente sobresale el procesamiento artesanal de la leche de vaca a sub-productos alimenticios, como: queso, requesón y crema. En el sector terciario, se encuentran actividades económicas de comercio local y prestación de servicios.

➤ Sector Comercio

En este sector, se encuentran actividades que generan dinamismo de tipo comercial y que impulsan el desarrollo económico del municipio, dentro de éstos encontramos establecimientos como tiendas, bazares, librerías, venta de artículos de cuero y zapatería, panaderías, comedores, agro-veterinarias, ferretería, farmacias y chalets que son prestadoras de servicios financieros.

➤ **Empresas prestadoras de servicios**

Otros servicios que se encontraron en el municipio son: transporte de buses, servicios funerarios, molinos de nixtamal; además, servicios no profesionales en oficios, como: albañiles, electricistas, estructuras metálicas, corte y confección, salas de belleza y carpintería.

➤ **Situación de empleo.**

En cuanto a empleo se refiere, el municipio de Joateca no ofrece esa oportunidad para sus pobladores ya que no tiene fábricas, maquilas o industrias; las instituciones que generan alguna fuente de empleo son limitadas y solo emplean una mínima cantidad de la población. Para el sector comercio lo que se tiene es un auto empleo, donde los comercios son atendidos por las familias para obtener ingresos y mejor rentabilidad.

En la zona rural las familias se dedican al cultivo de granos básicos y en temporada agrícola, suelen emplear eventualmente a personas que se dedican al jornal. Pocas personas han aprendido algún oficio como sastrería, panadería, cosmetología, carpintería y albañilería y ocasionalmente encuentran algún trabajo.

➤ **Remesas**

Son un porcentaje considerable de familias las que reciben remesas en frecuencias diferentes (mensual, bimensual, trimestral, semestral y anual) y cifras diferentes (\$50.00, \$100.00, \$200.00 o más en algunos casos).

➤ **Turismo**

El municipio de Joateca por sus características montañosas, clima fresco, su gente y patrimonio cultural, ofrece al visitante diversos atractivos turísticos, lo que le ha valido para estar incluido dentro de la “Ruta de Paz”

El municipio presenta atractivos turísticos que el visitante puede conocer, entre los que se destacan los siguientes: Río Sapo, Cerro El Tizate con sus minas de yeso, pozas en el río San Antonio, Cerro Ocote Seco, aguas termales, poza los encuentros de los ríos Torola y San Antonio, cascadas El Zapotal y cueva El León.



Imagen 1 Poza la Culebra, Municipio de Joateca

3.1.6 Ámbito ambiental

➤ Contaminación

La contaminación en el municipio de Joateca es baja debido a que no hay fábricas u otro tipo de industrias que generen o empleen sustancias contaminantes, en su mayoría su generación se da por lo siguiente:

- El uso de agroquímicos para la agricultura de granos básicos.
- También existe contaminación del suelo, agua y aire por heces fecales humanas y de animales dispuestas a cielo abierto, que en muchos casos es por la escasez de letrinas sanitarias o por la poca educación ambiental en el uso de la letrina
- Otra fuente de contaminación es la generada por la quema de los desechos sólidos (principalmente plástico)

- La inadecuada disposición de los desechos sólidos (botaderos en ríos, quebradas, barrancos, calles, caminos y otros lugares)



Imagen 2 Desechos Sólidos no Tratados

➤ **Suelo**

Los suelos que se encuentran en el municipio de Joateca, son del tipo latosoles arcillo rojizos, con estructura en forma de bloques, de color rojizo en lomas y montañas; la textura superficial es franco arcilloso y el subsuelo arcilloso. La profundidad promedio es de un metro, aunque en algunos sitios se observa a floración de roca debido a los procesos de erosión.

De acuerdo a la clasificación agrológica, los suelos de Joateca son de Clase VII en la mayor parte del territorio y Clase IV en pequeñas áreas de la zona de drenaje y parte media-alta. La primera clasificación corresponde a suelos de textura generalmente limosa y de fertilidad natural media a baja, los cuales permiten un uso restringido y con una productividad baja, generalmente restringen su uso para vegetación permanente como bosques y praderas, requiriendo un manejo muy cuidadoso.

Con relación al uso potencial, según la clasificación agrológica de los suelos, se puede decir que el municipio de Joateca cuenta con potencial para el establecimiento de cultivos permanentes, tales como frutales y forestales, así como el cultivo de hortalizas y granos básicos con uso de prácticas conservacionistas en donde la topografía del terreno lo permita.

3.1.7 Datos Estadísticos de los Desechos Sólidos del Municipio

➤ Servicios básicos del área de estudio.

En el área de estudio encontramos, el 98% de las casas tienen energía eléctrica, con respecto al agua potable 85% cuentan con el servicio por un 15% de que no. En Joateca los servicios básicos como energía eléctrica están sumamente incorporados a la población, estos nos dan un parámetro de hogares con aparatos electrónicos que colaboraran para la creación de desechos sólidos. El agua potable es un servicio que el área urbana lo tiene a un 100% gracias a una asociación comunitaria la cual es la encargada de brindar el servicio, por lo que podemos decir que el agua es privada para los pobladores de esta área, no así cantones como Mazala, San Agustín que cuentan con un servicio controlado por sus ADESCOS o directivas en colaboración con la alcaldía.

➤ Tipos de desechos sólidos producidos

La preparación de comida es el principal generador de desechos en los hogares, debido al ámbito laboral en el cual el municipio de Joateca se encuentra la mayoría de familias elaboran por si mismas los alimentos que van a consumir, esto provoca una mayor producción de desechos sólidos por vivienda o familia.

Los datos obtenidos corresponden a la pregunta “*¿Qué tipo de desechos produce en su hogar?*” con las opciones “*plástico, vidrio, papel/cartón, latas, orgánico*”. Obteniendo como resultado: Un 100% de la población produce plástico, 35% vidrios un 80% papel o cartón, 45% latas y un 85% orgánico. Comprendemos que un grado muy importante de la población produce de todo tipo de desechos por lo que es importante la educación para la tipificación de desechos sólidos en las familias del municipio.



Imagen 3 Personal de limpieza en área Urbana

➤ **Cultura de separación de desechos sólidos**

En el municipio la población no recibe, ni se le inculca una cultura de separación de desechos sólidos, por lo que al preguntar *¿Separa usted su basura?*, un 70% de los encuestados respondieron que no separan la basura producida contra un 30% que dicen separarla.

Existe un número de familias en la que hay presencia de agricultores y con este hecho generan desechos agrícolas que son tratados de diferente manera, atendiendo la cultura de cada individuo, siendo algunas acciones como, dejar los desechos en el campo de cultivo, llevarlos al hogar para tirarlos con la basura común, depositarlos en los contenedores instalados por el MAG.

Los datos obtenidos con el instrumento muestran la manera de desechar los residuos sólidos producidos en las familias del municipio de Joateca, donde dice que el 38% los quema, 20% de la deposita en un contenedor, 32% espera al paso del tren de aseo, 6% la tira y el 4% la entierra.

➤ **Servicio de recolección de desechos sólidos municipal**

Los hogares que cuentan con el servicio de recolección de basura municipal, tomando en cuenta el sistema de recolección actual involucra el área urbana del municipio, dejando fuera las comunidades, cantones y caseríos en su totalidad.

La aceptación que le dan las familias al sistema de recolección de basura que se implementa por parte de la municipalidad donde un 23% lo califica como excelente, 33% de bueno, 21% de regular y 23% como malo. Tomando en cuenta que solamente el área urbana del municipio cuenta con el sistema de recolección de basura tiene una aceptación buena en este sentido.

3.1.8 Análisis de manejo actual de los desechos sólidos del municipio

Un análisis junto al Lic. Rafael Antonio Claros, encargado de acceso a la información pública, el estado actual del plan de mano de los desechos sólidos que se realiza en Joateca. Donde se encuentra que el municipio cuenta con un manejo de desechos sólidos que en realidad es la recolección y transporte hacia relleno sanitario en la ciudad de Santa Rosa (ASINORLOU)

➤ **generación y composición de los desechos sólidos en el municipio de Joateca**

En esta sección se presentan los datos recolectados sobre la generación y la composición de los desechos sólidos en el área urbana de Joateca. Los resultados obtenidos, serán utilizados como base para el diseño del sistema de recolección, la elaboración del proceso de compostaje y de la factibilidad del relleno sanitario que se diseñe respecto a las condiciones de producción de los diferentes tipos de desechos sólidos.

➤ **Orígenes, tipos y composición de los residuos sólidos**

La generación de los desechos sólidos implica las cantidades y los diferentes tipos de basura que se producen en la población, para ello ha sido necesario realizar una recolección y una caracterización de los desechos en la zona de estudio. La caracterización implica en clasificar en diferentes tipos los desechos existentes dentro de un conjunto grande de los mismos. Para ello es necesario conocer las cantidades

de desechos sólidos generados por una población específica y luego separar cada tipo de desecho, por ejemplo, en papel, plástico, aluminio, vidrio, desechos orgánicos, etc. Por último, es necesario conocer qué porcentaje de cada uno de estos tipos conforman la cantidad total de desechos sólidos, de esta manera se pueden plantear las mejores alternativas que se adecuen de acuerdo a las cantidades y tipos de desechos sólidos que genera una población determinada.

➤ **Fuentes de desechos sólidos.**

En el caso específico del municipio de Joateca, tomamos en cuenta la economía del municipio, sus diferentes actividades económicas y así determinamos que las fuentes de basura serían:

- El residencial o viviendas
- Barridos de calles
- Comercial (mercado municipal y área comercial)
- Centros escolares.
- Desechos comunes de los centros de salud
- Centros escolares

➤ **Muestreo de desechos sólidos producidos por el municipio de Joateca**

Para la realización del muestreo y los estudios de composición, en colaboración junto al personal de recolección actual de la municipalidad, se tomó la muestra de 5 barriles (método de cuarteo utilizado por el MARN) los cuales se llenaron con los desechos sólidos de un día de recolección normal, teniendo en cuenta la no compactación de estos. Determinamos el peso volumétrico de cada una de las muestras, determinando el peso de los barriles y el volumen de estos, obteniendo como resultado un peso volumétrico de 250 Kg/m³. De los 5 barriles obtenemos los siguientes datos:

Tabla 3 Clasificación de la Producción de Desechos Sólidos en el Municipio de Joateca

Clasificación	Peso (Kg)	Porcentaje
Materia Orgánica	181.25	66.88
Plástico	22.3	11.41
Vidrio	1.2	1.11
Metales	5.7	2.69
Papel y cartón	24.6	12.60
Textiles	6.35	2.22
Otros	8.85	3.09
Total	250.25	100

Fuente: Elaboración de recolección de datos; Proyecto Plan de Manejo Integral de los Desechos sólidos de Municipio de Joateca año 2018

➤ **Manipulación y separación**

Actualmente en el municipio no se da la separación en el origen, las casas depositan en el mismo lugar los desperdicios de alimentos, residuos de jardinería y aseo de patios y el resto de desechos sólidos producidos en las viviendas, los cuales son entregados al tren de aseo municipal, aun cuando se sabe que el tren de aseo no retira materia orgánica por lo que es necesario una separación de materia orgánica con inorgánica en las instalaciones de la alcaldía municipal.

➤ **Almacenamiento**

Los habitantes del municipio de Joateca, almacenan sus desechos en sus domicilios para ser entregados al camión recolector. Los recipientes domésticos utilizados son: bolsas plásticas, sacos reutilizables, cubos o baldes de plástico abiertos, cajas y otros, siendo la bolsa plástica el recipiente de uso más frecuente, dichos recipientes los almacenan principalmente en el patio para evitar malos olores e insectos dentro de las viviendas.



Imagen 4 Transporte de Recolección

➤ **Recolección**

La recolección de desechos sólidos actualmente no cuenta con una ruta fija, y está controlada únicamente por la experiencia del motorista encargado del camión recolector, el cual empíricamente trata de hacer uso del meto “de acera”, teniendo como horario único los días martes a las 5 de la mañana para iniciar el recorrido.



Imagen 5 Transporte de Recolección

La municipalidad de Joateca cuenta con un camión marca HINO con una capacidad de 5 toneladas destinado a usos múltiples, entre los que esta ser el tren de aseo semanal para el área urbana del municipio.

➤ **Personal y dirección de sistema de recolección**

La municipalidad tiene 12 personas contratadas como barrenderos, los cuales trabajan 6 trabajan 4 días y 6 trabajan 3 días a la semana. Un motorista y dos auxiliares para el camión recolector.

La dirección del personal de limpieza es responsabilidad del síndico municipal, dado que no hay un organigrama de personal solamente comunicación directa con este encargado el cual distribuye en trabajo a realizar semanalmente.

➤ **Deficiencias detectadas**

De acuerdo con la situación encontrada y con los datos de la investigación en el área de Joateca se determinó:

1. Falta de capacitaciones para el personal encargado del barrido de calles y recolección de los desechos solidos
2. Falta revisiones médicas para los trabajadores
3. Infraestructura inadecuada para la manipulación de los desechos
4. No se cuenta con un vehículo adecuado y destinado únicamente para el transporte de desechos.
5. El sistema actual beneficia únicamente el área urbana del municipio
6. Falta de concientización a la población para la separación de desechos desde el origen.
7. No se cuenta con un tratamiento para los desechos orgánicos producidos
8. Las rutas de recolección son aleatorias y no siguen un patrón determinado.
9. No existe un plan de reciclaje
10. Falta de quipo idóneo para la recolección.
11. Personal no técnicamente capacitado.

CAPÍTULO IV PROCESOS DE RECOLECCIÓN Y SEPARACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

4.1 Factores que influyen en el proceso de recolección de desechos sólidos

Para crear un sistema del proceso de recolección de desechos sólidos del municipio de Joateca, es necesario establecer una serie de factores, ya sea condiciones o características que afectan de manera directa o indirectamente en la zona de estudio. Se mencionan los siguientes:

4.1.1 Características de los desechos sólidos del área

Los desechos sólidos generados por las comunidades del municipio de Joateca dada su cantidad y su composición, en su gran mayoría se consideran como residenciales, tomando en cuenta también el porcentaje de la población que se considera agricultora, genera desechos sólidos en los procesos de cultivar la tierra, por lo que se toma en cuenta el manejo de estos desechos agrícolas.

4.1.2 Características Topográficas

Las características propias de la zona de estudio para el diseño de recolección tomamos en cuenta la distancia entre los puntos de interés, el tipo de carretera o caminos que conectan las comunidades a estudiar y cualquier obstáculo natural que afecte al recorrido del recolector.

4.1.3 Área Urbana

En el caso del área urbana del municipio de Joateca, nos encontramos con un relieve donde no encontramos quebradas, obstáculos o cualquier tipo de fallas naturales por lo que podemos aceptarlo como apto para el paso del transporte recolector.

4.1.4 Área Rural

En las áreas rurales del municipio de Joateca hay diferentes tipos de carreteras, para identificar de una manera detallada las diferencias, dividiremos en sectores las comunidades que son tomadas en cuenta en el estudio como:

Sector Uno: las comunidades ubicadas al norte del área urbana entre las que se encuentran, El Tizate, San Agustín y Mazala. Con respecto a las características de este sector podemos observar un relieve en su mayoría con pendientes mínimas entre el 5% y 9%, no obviando que en la comunidad de Mazala podemos encontrar una pendiente máxima de un 19%.

Sector Dos: Las comunidades ubicadas al sur donde encontramos como Paturla Centro y la laguna. Encontramos un terreno de características no planas y con mucho desnivel donde encontramos pendientes hasta de un 18%.

En el sector uno y dos comprobamos el tipo de terreno por el cual pasaría el camión recolector y lo aceptamos como apto.

4.1.5 Infraestructura vial

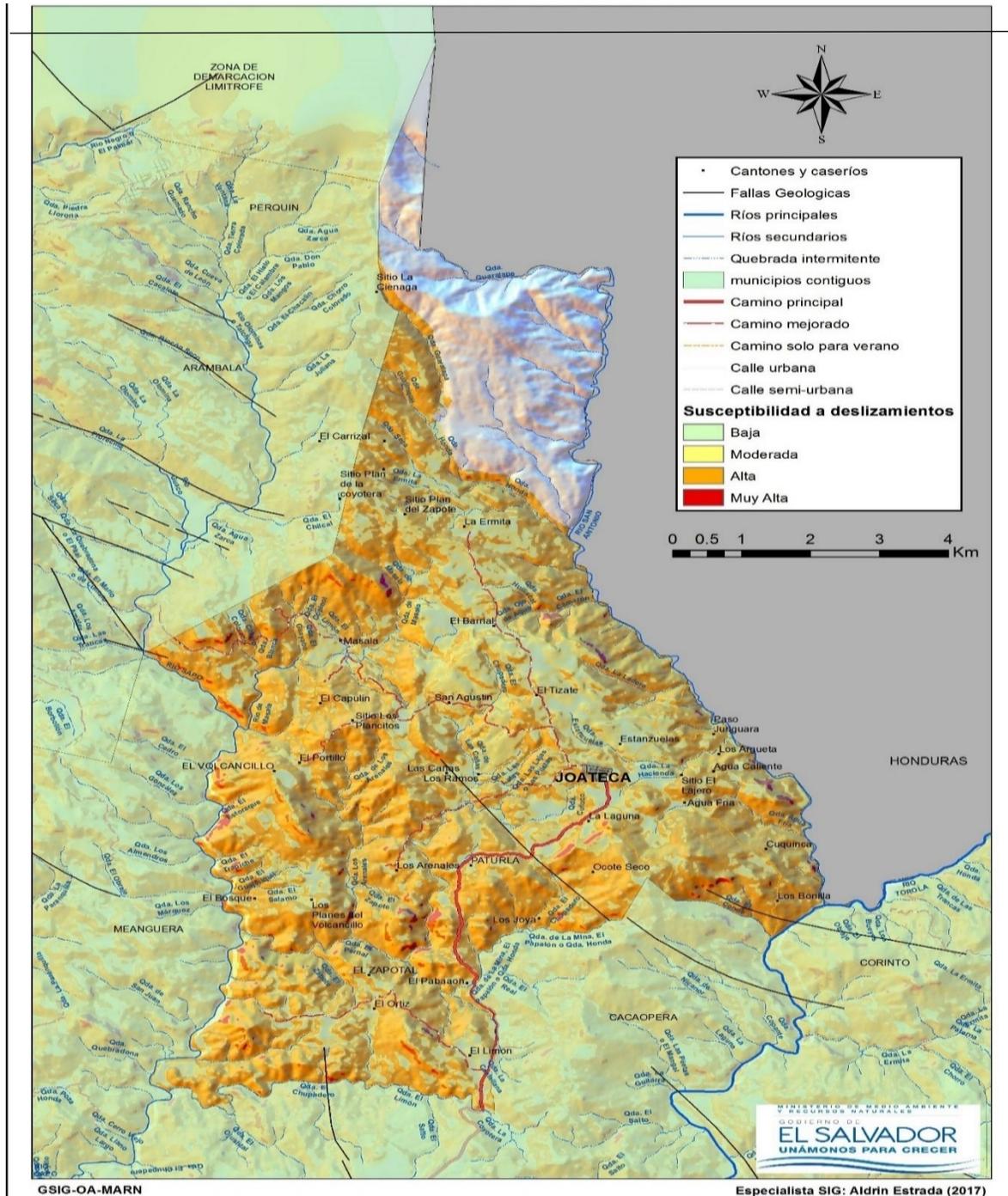
Las características de la infraestructura vial son necesarias para analizar la factibilidad del tránsito del camión recolector entre las comunidades y el punto de deposición final que se les dará a los desechos sólidos en este caso tenemos 12.5 km en el área rural y 5.0 km en el área urbana.

4.1.6 Calles de zona urbana del municipio

Área Rural

Sector uno: En estas comunidades nos encontramos con la calle principal que conecta con el municipio de Arambala la cual en su totalidad es balastada, el estado de esta vía no se puede calificar como excelente debido al deterioro que sufre sin embargo las condiciones pueden aceptarse para el transporte de los desechos sólidos de esta comunidad. Encontramos también la calle a la comunidad el tizate que está en condiciones similares siendo la diferencia más grande sus dimensiones

4.1.7 Mapa de relieve del municipio con sus respectivas delimitaciones en sector



Joateca

Figura 6 Relieve del Municipio de Joateca

Fuente. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN 2018)

4.1.8 Mapa de carreteras de sector uno y sector dos Sector 1

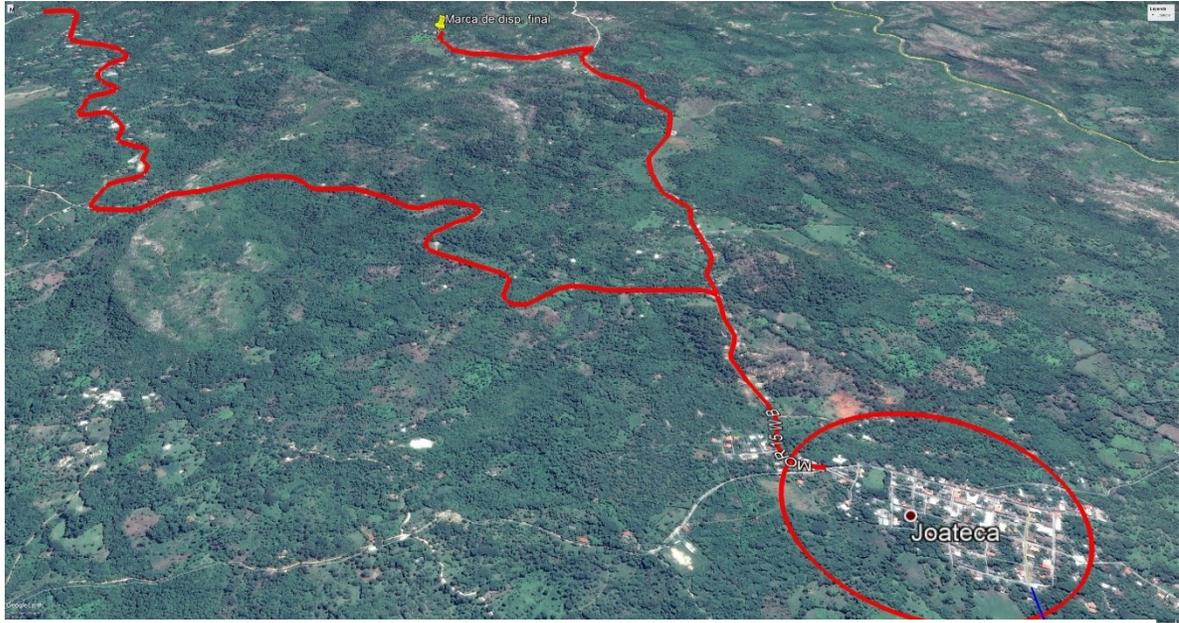


Figura 7 Ruta de Transporte

Fuente. Google Earth

Sector 2

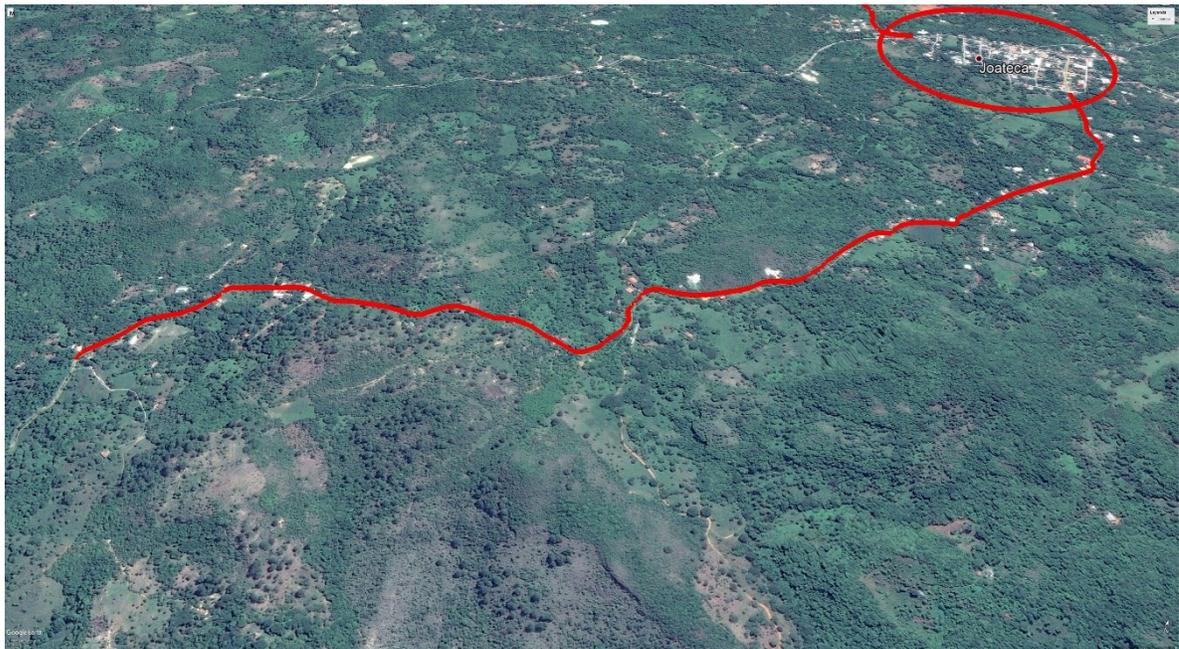


Figura 8 Ruta de Transporte

Fuente. Google Earth

Recursos

Para todo proceso debe tomarse en cuenta los recursos con los que se cuenta en este caso pueden ser materiales y financieros, diferenciando entre los recursos de la municipalidad para afrontar el desarrollo de este plan de manejo, así como también los recursos de las familias para pagar un impuesto que de sostenibilidad y funcionamiento a los diferentes procesos que se realizaran.

Para este caso la alcaldía de Joateca tiene un gasto de \$176,000 anual en el tratamiento de basura inorgánica en estos momentos, cuenta con un camión de usos múltiples el cual es utilizado para la recolección, así como con personal dedicado al área de tratamiento de desechos sólidos. Por lo que el vehículo recolector será el que proporcione la municipalidad en este caso un camión de 6 toneladas.

Con respecto a la población del municipio la economía se basa en la agricultura y en su gran mayoría en remesas del extranjero (Estados Unidos) y debe analizarse los ingresos en promedio de la familia, debido a que tendrán que pagar una cuota económica, para así dar funcionamiento y sostenibilidad al plan de manejo de los desechos sólidos del municipio.

4.2 Aspectos generales en el proceso de recolección de desechos

Para simplificar el sistema de recolección del municipio de Joateca, es necesario tomar en cuenta aspectos singulares o propios del municipio tomando en cuenta los siguientes:

4.2.1 Cobertura

En el municipio de Joateca el sistema de recolección de los desechos sólidos dará cobertura al área urbana en su totalidad y las comunidades que tienen carreteras en buen estado para el transporte de los desechos, en este caso las comunidades serian Mazala, El Tizate y Paturla.

La unidad de salud y los ecos producen desechos bioinfecciosos, los cuales en estos momentos tienen un proceso único, el cual consta que la unidad cuenta con una fosa especialmente diseñada para mantenerlos el tiempo necesario para ser exportados por el ministerio de salud en un transporte especial.

4.2.2 Frecuencia de la recolección

Vamos a entender por frecuencia de recolección al número de días que pasara el vehículo recolector por un área, sector o comunidad, para definir la frecuencia hay que tomar en cuenta algunos factores como estos:

- La cantidad de desechos sólidos producidos por el total de la población, tomando en cuenta los datos brindados por la alcaldía y su sugerencia la cantidad para el diseño serán 10 toneladas por semana.
- Tiempo en el cual la producción de desechos sólidos pueda ser almacenados en un depósito de dimensiones convencionales. En los sistemas de recolección manual casa por casa se toma en cuenta el peso que puede manejar una persona promedio sin que le cause daños físicos, por lo tanto, deducimos que el un peso no mayor a 30kg
- Tiempo que tarden los desechos sólidos en producir olores desagradables en condiciones medias de temperatura de la región donde se realiza el análisis en épocas de lluvia, así como también en la época seca.
- El ciclo de desarrollo de insectos como las moscas.
- Actividades municipales que pongan cualquier tipo de obstáculo en las rutas.

➤ **El periodo de frecuencias se presenta:**

1 servicio por semana

2 servicios por semana

3 servicios por semana

7 servicios por semana

Tomando en cuenta los factores anteriores, y dado que el municipio de Joateca es un municipio pequeño la frecuencia que utilizaremos será 2 servicios por semana los días lunes y jueves.

➤ **Recolección Dos Veces por Semana**

El camión establece un horario de servicio en el que se eligen dos días a la semana cada dos y/o tres días.

Los conceptos indicados anteriormente, referentes al "costo por tonelada-kilómetro", en teoría se abaten conforme se disminuye la frecuencia de recolección, ya que los camiones recolectores se llenarían cada vez más rápido y en un recorrido cada vez menor; por lo cual las dos primeras ventajas que se indican para la alternativa anterior, se hacen mayores conforme se disminuye la frecuencia. Por otro lado, la sobrecarga que representa la recolección en seis días de la semana, se reparte en un mayor número de días, conforme se disminuya la frecuencia en la recolección. Sin embargo, así como se incrementan esas ventajas, la disminución de la frecuencia agudiza también las desventajas que se mencionaron, creando una desventaja adicional.

Se crea la posibilidad de hacer que proliferen los tiraderos clandestinos, al incrementarse las incomodidades de los habitantes servidos.

➤ **Horario de recolección**

El horario de recolección es necesario que se adapte a la rutina que tiene la población, por lo que se debe de buscar el más adecuado para que los recipientes o bolsas con desechos estén lo mínimo posible expuestos a cualquier tipo de animales callejeros o vandalismo.

El horario puede ser diurno, nocturno o en las primeras horas de la mañana. En Joateca el sistema actual la recolección en el área urbana se da en el horario de las primeras horas de la mañana. En Joateca no existe problemas con el tráfico o ventas callejeras, a excepción del día viernes que es utilizado como día de comercio, así como las fiestas patronales y titulares del municipio.

Tomando en cuenta los tipos de trabajos y rutinas de las familias del municipio, el horario del recorrido tendrá un inicio a las 5 am.

➤ **Punto de recolección**

El punto de recolección se refiere al lugar que se establece donde el personal del servicio de recolección debe recoger los desechos sólidos. Con este factor es importante la coordinación con las comunidades y definir la forma particular de cada uno ya sea domiciliar o por comunidad.

En el área urbana del municipio en la actualidad se da un servicio de recolección en el cual es “puerta por puerta” donde los usuarios están coordinados con el horario de recoger los desechos sólidos. Por lo que en esta área se tomaría el mismo tomando en cuenta el análisis de la frecuencia. En los sectores o comunidades fuera del área urbana los puntos de recolección, las casas que están con su lindero en la vía sus desechos serán recogidos ahí, para la coordinación el camión recolector estará equipado con un campana o dispositivo de audio que comunique de manera efectiva y optima a los usuarios cuando se está realizando el recorrido. Para las casas más alejadas de la vía se colocarán de manera estratégica recipientes o contenedores de tamaño necesario y adecuado para depositar los desechos, en los cuales estos puedan permanecer un periodo de tiempo necesario para ser retirados.

4.2.3 Barrido de calles

Es necesario analizar el barrido de calles en el área urbana del municipio, dado que estos desechos son municipales que no provienen de un hogar.

Hoy en día la municipalidad tiene 12 personas contratadas como barrenderos, los cuales trabajan 6 trabajan 4 días y 6 trabajan 3 días a la semana.

El barrido de calles en Joateca es de 6 trabajadores durante 7 días, los cuales trabajan 8 horas diarias.

➤ Índice Km lineales barridos/barredor/día (calles)

Este índice permite conocer el rendimiento promedio diario de un trabajador en km lineales. Considera de manera implícita el tipo de servicio ejecutado (acera + cuneta), estado físico de la acera y la cuneta, edad y textura física del trabajador, densidad poblacional, flujo peatonal, turno y frecuencia del servicio, tipo de escoba utilizado y presencia de vehículos estacionados. (El rango aceptable es 1.3 a 1.5 km lineales/barredor/día).

4.2.4 Cálculo del personal de recolección en calle del área urbana

El área urbana tiene 5 kilómetros de calle disponible para el personal de limpieza, tomando en cuenta el rango de aceptable de 1.3 a 1.5 km lineales/ trabajador/día tenemos el tiempo:

$$T = \frac{5 \text{ km lineales}}{1.5 \text{ km} \frac{\text{lineales}}{\text{trabajador día}}}$$

$$T = 3.33 \text{ trabajadores día}$$

4.2.5 Diseño de rutas de recolección

Sabemos que hay diferentes métodos de recolección de desechos sólidos. Para el diseño de rutas de recolección del municipio de Joateca, dividiremos el área de trabajo en zona rural y área urbana. En el área urbana aplicaremos método “de acera”, el cual necesita una participación media de los usuarios, en el área rural será una mezcla entre método de acera y parada fija la cual necesita una alta participación de los usuarios. Tomaremos en cuenta los siguientes puntos:

- Aprovechamiento de la capacidad del vehículo recolector.
- Aprovechamiento de la jornada de trabajo del personal.
- Cubrir el total de la población objetivo.
- Número y tipo de equipo seleccionado.
- Tamaño de la tripulación.
- Frecuencia de recolección.
- Distancia entre paradas y estaciones.
- Distancia al sitio de transferencia o disposición final.
- Maniobrabilidad de los contenedores.
- Topografía del terreno.
- Tráfico en la ruta.
- Condiciones de los caminos.
- Las rutas no deben de estar fragmentadas o traslapadas.
- Cada ruta deberá ser compacta, trabajando un área geográfica y estar balanceada.
- El tiempo total de cada ruta deberá ser razonablemente el mismo.
- La recolección deberá comenzar lo más cercano al encierro.
- Se deberán minimizar las vueltas en U y a la izquierda.
- Generalmente, cuando sólo se recolecta de un lado de la acera, es preferible rodear las manzanas.
- Cuando la recolección es por los dos lados de la acera, es preferible recolectar en línea recta por varias manzanas.

Ruta de Recolección

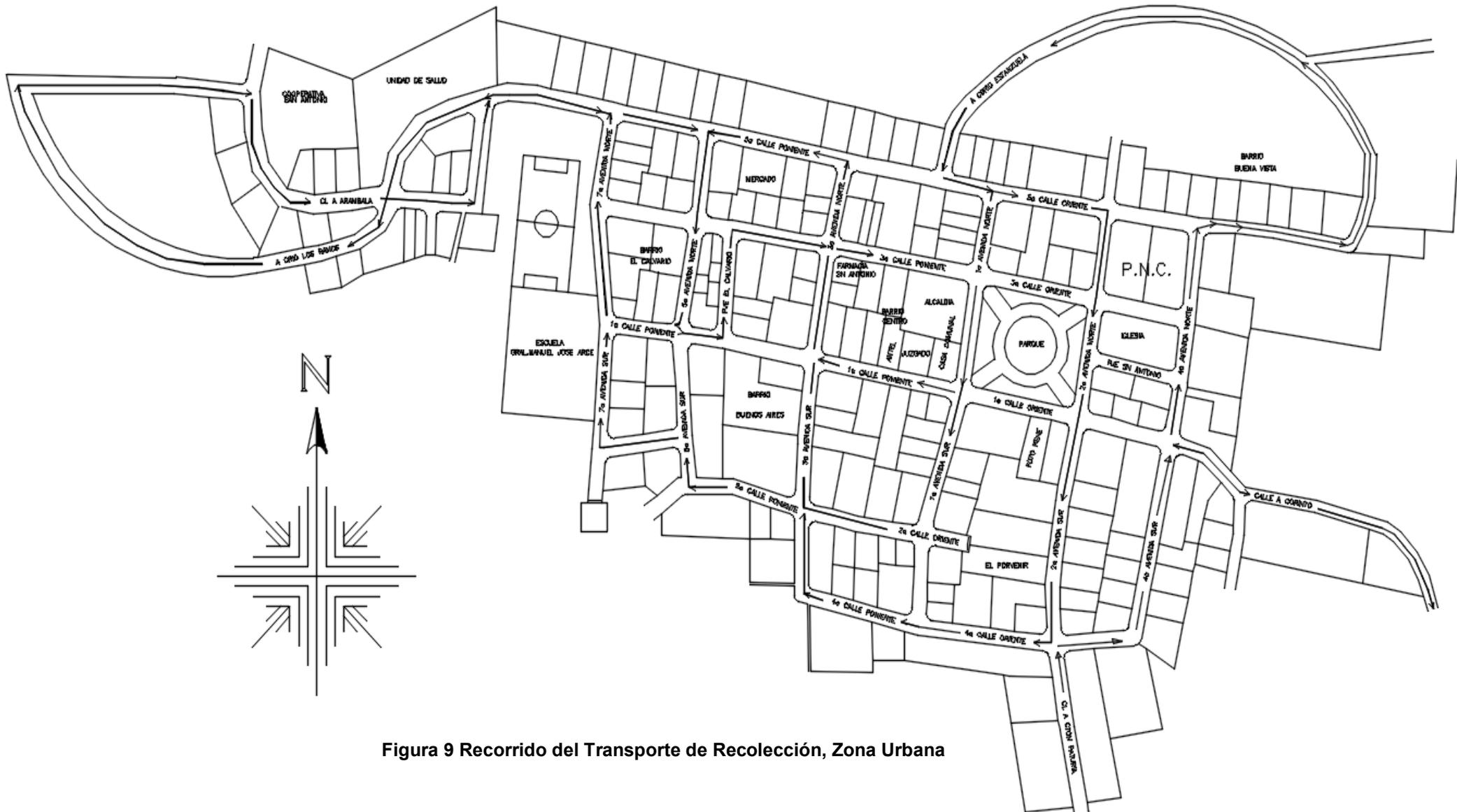


Figura 9 Recorrido del Transporte de Recolección, Zona Urbana

Tabla 4 Descripción de Ruta de Recolección

	Sobre	Desde	Hasta	Longitud (mts)	Vuelta	Tiempo (min)
1	Calle hacia Cacaoopera	Escuela de Paturla	Entrada área urbana	3300	Derecha	39.76
2	4ta Calle Oriente	2da Avenida Sur	4ta Avenida Sur	47	Izquierda	0.57
3	4ta Avenida Sur	4ta Calle Oriente	1ra Calle Poniente	107	derecha	1.29
4	1ra Calle Poniente	Quebrada de la Hacienda	4ta Avenida Sur	375	Derecha	4.52
5	4ta Avenida Norte	1ra Calle Oriente	5ta Calle Oriente	122	Derecha	1.47
6	5ta Calle Oriente	4ta Avenida Norte	Salida a Estanzuelas	101	Izquierda	1.22
7	Calle Buena Vista	5ta Calle Oriente	5ta Calle Oriente	339	Izquierda	4.08
8	5ta Calle Oriente	Salida a Estanzuelas	2da Avenida Norte	101	Derecha	1.22
9	2da Avenida Norte	5ta Calle Oriente	4ta Calle Oriente	245	Derecha	2.95
10	4ta Calle Oriente	2da Avenida Sur	3ra Avenida Sur	159	Derecha	1.92
11	3ra Avenida Sur	4ta Calle Poniente	2da Calle Poniente	45	Izquierda	0.54
12	2da Calle Poniente	3ra Avenida Sur	5ta Avenida Sur	87	Derecha	1.05
13	Pasaje	5ta Avenida Sur	7ma Avenida Sur	55	Derecha	0.66
14	7ma Avenida Sur	Pasaje	1ra Calle Poniente	73	Derecha	0.88
15	1ra Calle Poniente	7ma Avenida Sur	Pasaje EL Calvario	75	Izquierda	0.90
16	Pasaje EL Calvario	1ra Calle Poniente	3ra Calle Poniente	65	Derecha	0.78
17	3ra Calle Poniente	Pasaje EL Calvario	3ra Avenida Norte	63	Izquierda	0.76
18	3ra Avenida Norte	3ra Calle Poniente	5ta Calle Poniente	49	Izquierda	0.59
19	5ta Calle Poniente	3ra Avenida Norte	5ta Avenida Norte	95	Izquierda	1.14
20	5ta Avenida Norte	5ta Calle Poniente	1ra Calle Poniente	120	Izquierda	1.45
21	1ra Calle Poniente	5ta Avenida Norte	7ma Avenida Sur	47.5	Derecha	0.57
22	7ma Avenida Sur	1ra Calle Poniente	5ta Calle Poniente	117.5	Izquierda	1.42
23	5ta Calle Poniente	7ma Avenida Sur	Estadio	625	Izquierda	7.53
24	Pasaje	7ma Avenida Sur	Pasaje Colonia	85	Derecha	1.02
25	Pasaje Colonia	Pasaje	Entrada área Urbana	134.5	Derecha	1.62
26	Entrada y 3ra Calle	Colonia	9na Avenida Norte	217.5	Izquierda	2.62
27	9na Avenida Norte	3ra Calle Poniente	5ta Calle Poniente	54.5	Derecha	0.66
28	5ta Calle Poniente	9na Avenida Norte	7ma Avenida Norte	84.5	Recto	1.02
29	5ta Calle Poniente	7ma Avenida Norte	1ra Avenida Norte	239.5	Derecha	2.89
30	1ra Avenida Norte	5ta Calle Poniente	2da Calle Poniente	197.1	Derecha	2.37
31	2da Calle Poniente	1ra Avenida Norte	3ra Avenida Sur	76	Derecha	0.92
32	3ra Avenida Sur	2da Calle Poniente	3ra Calle Poniente	142.5	Derecha	1.72
33	3ra Calle Poniente	3ra Avenida Sur	2da Avenida Norte	164.5	Derecha	1.98
34	2da Avenida Norte	3ra Calle Poniente	1ra calle Oriente	64.5	Derecha	0.78
35	1ra calle Oriente	2da Avenida Norte	3ra Avenida Norte	162.5	Derecha	1.96
36	3ra Avenida Norte	1ra calle Oriente	2da Calle Poniente	63.5	Derecha	0.77
37	2da Calle Poniente	3ra Avenida Norte	Alcaldía	52.5	Estacionar	0.63

4.3 Tratamiento de desechos sólidos orgánicos

Los desechos sólidos orgánicos debido a su diferente composición generan sustancias las cuales no son recomendables depositar en el relleno sanitario por lo que se les implementara un tipo diferente de tratamiento, en este caso será “el compostaje”, en el cual es necesario tomar en cuenta importantes variables que forman parte del proceso de diseño y operación de las instalaciones, entre las cuales tenemos: el tamaño de las partículas, la distribución del tamaño de las partículas en el material a fermentar, el horario necesario de mezclado/volteo, las necesidades totales de oxígeno, el contenido en humedad, la temperatura y control de temperatura, el ph, el grado de descomposición, la tasa de respiración y control de patógenos.

4.3.1 Proceso de compostaje

El proceso que se escogió, fue basado en el método de pilas o montículos (método Indore); gracias a que la complejidad del proceso es mínima, pues los sistemas son usados al aire libre, en el suelo y sin ningún tipo de estructura física compleja. La descomposición de los residuos sólidos putrescibles en las pilas es aeróbica (con acceso a oxígeno) para evitar la generación de gases con mal olor. Con lo cual sabemos que el proceso es más rápido y relativamente inodoro.

La materia orgánica tiene que ser colocada en el terreno que selecciono la municipalidad y adecuado de tal forma que la materia orgánica fresca se adhiera a la colocada anteriormente, así obteniendo una continuidad la cual formara hileras con dimensiones necesarias. La transformación de los residuos orgánicos en compost, durará tres meses, durante este tiempo los desechos deben estar sometidos a un proceso manual, de tal forma que luego de este, los residuos orgánicos se hayan convertido en compost.

Como se mencionó anteriormente luego de tres meses la materia orgánica que fue colocada en la primera pila se convertirá en compost y el espacio de terreno se habrá saturado, por lo que se deberá retirar la primera pila y remplazarla por materia fresca, y así logrando un sistema en ciclo continuo.

4.3.2 Aspectos considerables antes de la preparación del compost

➤ Selección y Adecuación del lugar

En el terreno se debe determinar el área a utilizar, la superficie adecuada del terreno, una limpieza donde se retire piedras u otros materiales que afecten negativamente al proceso, de igual manera la distribución general de las composteras para así facilitar la continuidad del ciclo de colocación de las pilas.

En el municipio el lugar del compostaje estará ubicado en caserío el tizate a 3 km del municipio junto al relleno sanitario debidamente separados para que un proceso no interfiera con el otro.

➤ Selección de la materia orgánica

Los elementos inorgánicos deben estar separados para que no afecten al proceso de la descomposición y reduzcan la calidad del compost, se debe de separar el metal, plástico, vidrio, tela y cualquier otro tipo de material inorgánico (este debe de ir al relleno sanitario) con largo tiempo de descomposición. La madera o ramas vegetales también deben de ser extraídas debido a su tiempo de descomposición.

Joateca muestra una cantidad mayor de desechos orgánicos que inorgánico, la separación de estos será en el punto destinado para esto el cual estará ubicado en la zona junto al relleno sanitario, este proceso será realizado por los trabajadores encargados del funcionamiento tanto del relleno sanitario, separación y compostaje.

➤ Variables a considerar en el diseño del proceso

Durante el proceso de descomposición de los desechos putrescibles tenemos que considerar una serie de variables o factores importantes para el manejo y buen funcionamiento de la compostera.

- **Temperatura**

El proceso de descomposición aeróbico a través de microorganismos genera energía en forma de calor. A lo largo de los 90 días que tarda el ciclo de descomposición, la cantidad de materia orgánica es relativa a la temperatura originada.

Se espera que el comportamiento de la temperatura siga una curva normal de crecimiento, la cual inicie en una temperatura ambiente, luego esta tenga un ascenso gradual a medida que la materia orgánica se descompone, hasta alcanzar un valor promedio entre 60° - 70° C que son necesarios para la eliminación de bacterias patógenas y semillas presentes.

Hay que asegurar una temperatura que no supere los 70°C. La cual es el límite para los organismos antes mencionados, se regularía la temperatura de las pilas a través de la aplicación de agua, volteo y el sistema de aireación. La temperatura de 70°C se espera que dure dos semanas, y empiece un descenso luego de este tiempo el cual durara entre 11 o 12 semanas donde las pilas regresaran a una temperatura ambiente.

Para garantizar que tales condiciones sean cumplidas, será necesario equipar con un termómetro adecuado (termómetro para suelos no compactados o pilas de compost con alcance mínimo de 1m)

- **Ph.**

El pH de la mezcla de compostaje puede experimentar una bajada al inicio del proceso debido a la formación de ácidos orgánicos durante el proceso de degradación de las fracciones de materia orgánica más lábiles. Con posterioridad, el pH aumentará debido a la degradación de compuestos de naturaleza ácida y a la mineralización de compuestos nitrogenados hasta la forma de amoníaco, por tanto, favoreciendo al aumento del pH.

Cabe señalar que altas temperaturas y los valores de pH básicos favorecen la pérdida de amoníaco en forma gaseosa, repercutiendo estas pérdidas en el valor fertilizante final del compost. Además, este amoníaco libre puede resultar tóxico para los microorganismos y para las plantas siendo, además, muy reactivo con un gran número de compuestos orgánico. Es importante mantener los valores entre 5.5 a 8.0 (los ph alrededor de 7 son los óptimos) porque los microorganismos necesarios para este proceso no resisten con valores fuera de este rango.

Esta variable se medirá semanalmente utilizando un medidor de ph electrónico, con el fin de determinar si amerita regularlo, ya sea agregando más materia orgánica o utilizando químicos como azufre, urea o sulfatos solo en casos especiales.

- **Humedad**

La concentración de agua en una pila de compost juega un papel muy importante en las velocidades de descomposición, dado que los organismos y microorganismos que participan en la descomposición necesitan agua para su metabolismo. Un contenido de agua entre 40 – 60% es lo ideal.

- **Carencia de agua (Humedad inferior al 40%)**

Cuando se vierte demasiado material seco en la compostera, si le da demasiado sol o si se voltean los restos excesivamente, probablemente se detectará que el proceso se ralentiza mucho. Esto se produce por una carencia de agua que hace que los organismos no puedan vivir bien, y por lo tanto no realicen sus funciones. Como resultado de esta carencia, no se detectará la subida de temperatura característica de la degradación y veremos que los restos quedan secos, sin descomponerse.

La solución es sencilla: añadir más agua. Primero se intentará aumentar la humedad vertiendo más restos húmedos (restos de cocina y vegetación verde) y disminuyendo la proporción de restos secos. Si, aun así, la humedad aún se mantiene baja, entonces podremos humedecer la compostera con agua, intentando siempre

repartirla bien por todo la compostera (se puede utilizar una regadera) con un posterior volteo del material, para repartirla aún más.

- **Exceso de agua (Humedad superior al 60%)**

El exceso de agua es habitual que vaya acompañado de otra molestia: los malos olores. El agua forma una película gruesa alrededor de nuestros residuos orgánicos y no deja que el oxígeno llegue al material para degradarlo. Además, el aspecto del compost es el de un barro. En este caso, para solucionar el problema tendremos que añadir más material seco (hojas secas, ramas trituradas, virutas de madera natural sin tratar, cenizas de madera sin aditivos...). En todo caso, siempre es aconsejable disponer de material seco de reserva. Se aconseja voltear y airear los restos más a menudo cuando la humedad es elevada.

- **Aireación**

La descomposición se lleva a cabo por la acción de microorganismos que utilizan el oxígeno del aire para su metabolismo (proceso aeróbico), por ello la disposición de suficiente oxígeno es sumamente importante en las pilas de compost.

La función primordial de la aireación en el compostaje es el aporte de oxígeno, también permite un control de la temperatura de la masa, la eliminación de agua y la evacuación de CO₂ y otros gases generados durante la biodegradación de la materia orgánica. Una insuficiente aireación de la masa provoca un retardo del proceso de compostaje y, bajo condiciones anaerobias, se generan metabolitos responsables de malos olores, junto con otros que pueden resultar tóxicos para la microbiota y para las plantas. La demanda de oxígeno cambia a lo largo del compostaje, de forma que, al inicio del proceso y durante la fase termófila, existe mayor demanda debido al rápido crecimiento de las distintas poblaciones microbianas y en la mayoría de los casos resulta ser el factor limitante del mismo. Una concentración de oxígeno comprendida entre el 15 y el 20% se considera óptima.

- **Dimensiones de la compostera**

El tamaño de la pila influye en los procesos de descomposición de la basura putrescible. El tamaño óptimo es un balance entre asegurar el acceso de oxígeno al interior de la pila (pilas pequeñas) y una temperatura elevada (pilas grandes). Para este diseño adoptaremos las siguientes dimensiones:

H=1 metros de altura

A= 1 metros de ancho

L= este será definido por la cantidad total de desechos putrescibles de una semana no mayor a 10 metros de lo contrario se construirán dos pilas paralelas de esa semana.

Cabe mencionar que el terreno que será destinado para el desarrollo del proceso de compost tiene un área de 2 000 metros cuadrados con una planimetría adecuada para el sistema que se utilizara. Entre las pilas tendremos un ancho de eje de circulación de 2 metros al igual que entre pilas. (Plano 4.1)

- **Tamaño de las partículas orgánicas**

El compostaje se acelera si los materiales tienen una superficie expuesta a los microorganismos, esto se logra cortando en pedazos pequeños, en especial los desechos de la cocina, sin embargo, los residuos verdes como grama se recomienda que no el tamaño no sea superior a 10 cm para su rápida descomposición, pero de preferencia no menor a 3 o 4 cm dado que un tamaño menor a este, el compost tiende a formar una masa y no hay presencia de oxígeno. Las dimensiones consideradas óptimas son distintas según los criterios de distintos autores, variando entre 1 y 5 cm, entre 2 y 5 cm o entre 2,5 y 2,7 cm (Tchobanogolus y col., 1994).

- **Protección de la pila**

La pila se debe proteger de diferentes factores externos, donde se tomará en cuenta el clima y organismos que puedan interferir en el proceso, la pila tendrá una base de uno o centímetros de tierra, para mantener la humedad dentro de esta y así evitar que el material seque de manera acelerada. Así como para evitar la proliferación de insectos nocivos. El zacate seco puede ser útil para la protección.

En la época lluviosa es necesario proteger las pilas con plástico para evitar el desgaste o erosión de estas, tanto como el exceso de humedad, ya que este causaría un descontrol en el tiempo de descomposición y un ambiente anaerobio.

- **Identificación de las composteras**

Es necesario distinguir las pilas formadas en el transcurso del tiempo en el cual está funcionando el compostaje, y es necesario controlarlas de manera individual, por lo que es necesario identificarlas de manera singular. En este caso las composteras serán identificadas con rótulos de madera, estos tendrán su respectiva numeración en modo correlativo de acuerdo al orden de su construcción, donde tendremos una ficha para cada compostera donde se dejará las variables como temperatura humedad y volteos.

- **Tamizado del compost**

Al cabo de tres meses se inicia la producción de compost, la temperatura ya habrá bajado a un margen entre 20 – 30°C y el material puede ser utilizado.

Cabe mencionar que algunos datos muestran que después de 3 meses todavía nos encontramos con materiales no descompuestos del todo, se puede tratar de algún resto de materiales como madera, papel, y otros inorgánicos que pueden pertenecer al proceso. Se recomienda tamizar el material usando una malla de ½”

4.3.3 Diseño de compostera

Tomando en cuenta los desechos sólidos generados por los habitantes del municipio de Joateca, tenemos:

Desechos de materia orgánica diaria = (0.8kg) (465viviendas)

372kg/día

Los desechos orgánicos producidos durante una semana son:

(372kg/día)(7día/1 semana) = 2604kg/semana

Tomando en cuenta una densidad de 250 Kg/m³

Utilizando la fórmula del paralelepípedo y asumiendo una altura de 1.25 m y un ancho de 1 tenemos:

$$V = XYZ$$

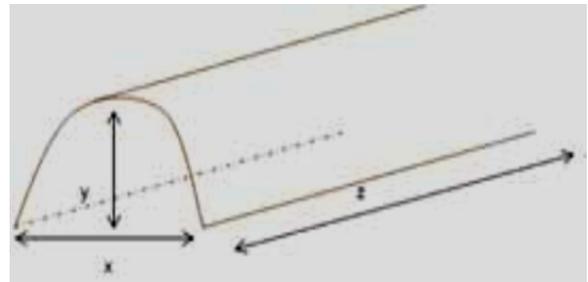


Figura 10 Esquema de Compostera

Dónde:

V = Volumen de materia orgánica en una semana

X = Ancho de la pila

Y = Altura de la pila

Z = Largo de la pila

Teniendo esto en cuenta tenemos:

$$10.4m^3 = (1.25m)(1m)(Z)$$

$$Z = 8.3 m$$

Obteniendo este resultado de 8.3 m de largo para la pila, entendemos que esto es un paralelepípedo ideal por lo que existe un ángulo de reposo de materiales, tomándolo este en cuenta aumentamos 15% al largo de la pila:

$$Z = 8.3m + (8.3 \times 0.15) = 9.5 \text{ m}$$

Teniendo el largo y ancho de la pila encontramos el área semanal que cubrirá la pila de compost

$$As \text{ (área semanal)} = XZ$$

$$As = (9.5m)(1m)$$

$$As = 9.5m^2$$

El tiempo estimado del proceso es de 3 meses para obtener el área necesaria se calcula el área en las 12 semanas de estos:

$$A_T = (9.5m^2)(12 \text{ Semanas})$$

$$A_T = 114 m^2$$

El área de volteo de las pilas será el área total de las pilas, puesto que la pila será volteada en su totalidad por lo que 114 m², ascenderá a 228 m² Entonces se realizarán 13 pilas con las dimensiones de 1m de ancho, 1.25m de alto, y 9.5m de largo, las cuales hacen un área total de 114m², tomando en cuenta el área de volteo y los carriles de circulación para el tratamiento individual de las composteras, el resultado es:

4.3.4 Plano de compostera

Personal

La cantidad de desechos sólidos del municipio de Joateca, es pequeña por lo que el compostaje no tendrá un personal único, este será el mismo encargado del funcionamiento del relleno sanitario, así como de las composteras.

El personal debe de ser capacitado en el uso de instrumentos de medición que se usaran en el análisis de las composteras, como también en el funcionamiento del proceso del compost para que este sea realizado de manera correcta.

Compostera

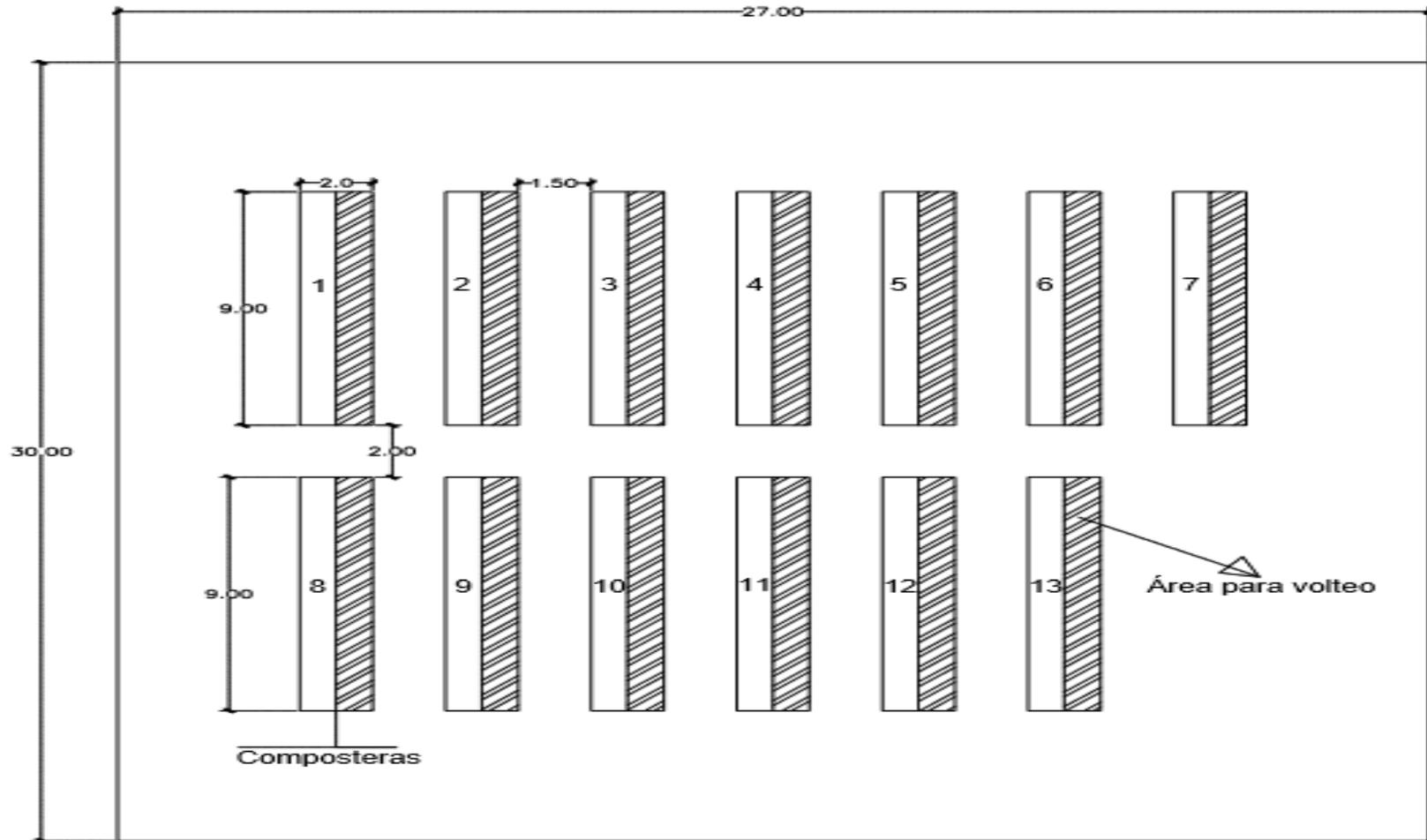


Figura 11 Pilas para el Proceso de Compostaje

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE

RELLENO

SANITARIO

MANUAL

5.1 Ingeniería del Proyecto

5.1.1 Aspectos demográficos.

➤ Población

De acuerdo a los datos proporcionados por la unidad de salud del municipio de Joateca, el número de habitantes son 789 distribuidos en 235 viviendas en el área urbana y 964 habitantes distribuidos en 230 viviendas para el año 2015. Partiendo de esta cifra obtendremos el número de habitantes para el año 2018 utilizando el método del crecimiento geométrico. Este considera que las ciudades crecen en proporción correspondiente a un porcentaje uniforme de la población actual del período y que permite obtener resultados menores de población a corto plazo, pero mayores en largos periodos.

Para calcular la población proyectada en el año 2018 se tomará en cuenta que la tasa de crecimiento poblacional es de 1.6790% (Taza de Crecimiento Poblacional según la Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC), año 2008).

Ecuación de crecimiento geométrico

$$PF = Po (1 + r)^n \quad (5.1)$$

Donde:

PF: Población Futura

Po: Población Actual

r: Tasa de crecimiento poblacional

n: Intervalos de años ($t_{final} - t_{inicial}$)

t: Variable tiempo (en años)

Cálculo de población futura área urbana

$$P_{2016} = P_{2015} (1 + r)^n \quad P_{2016} = 789 (1 + 0.01679)^{(2016-2015)}$$

$$P_{2016} = 802$$

$$P_{2017} = P_{2015} (1 + r)^n \quad P_{2017} = 789 (1 + 0.01679)^{(2017-2015)}$$

$$P_{2017} = 815$$

$$P_{2018} = P_{2015} (1 + r)^n \quad P_{2018} = 789 (1 + 0.01679)^{(2018-2015)}$$

$$P_{2018} = 830$$

Cálculo de población futura área rural

$$P_{2016} = P_{2015} (1 + r)^n \quad P_{2016} = 964 (1 + 0.01679)^{(2016-2015)}$$

$$P_{2016} = 981$$

$$P_{2017} = P_{2015} (1 + r)^n \quad P_{2017} = 964 (1 + 0.01679)^{(2017-2015)}$$

$$P_{2017} = 997$$

$$P_{2018} = P_{2015} (1 + r)^n \quad P_{2018} = 964 (1 + 0.01679)^{(2018-2015)}$$

$$P_{2018} = 1013$$

Municipio de Joateca

Tabla 5 Proyección de la población del Municipio de Joateca

Población 2015			Población proyectada para el año 2016			Población proyectada para el año 2017			Población proyectada para el año 2018		
Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
1753	789	964	1783	802	981	1812	815	997	1843	830	1013

Fuente: Elaboración propia para el cálculo de proyección de la población, Proyecto; Plan de Manejo Integral Para los Desechos Sólidos del Municipio de Joateca, Departamento de Morazán año 2018

5.1.2 Proyección de la población

Se proyectará la población para el municipio de Joateca para los próximos 20 años, tomando como base de estudio los resultados obtenidos de la proyección de la población para el año 2018, tomando este año como año cero con una población de 1843 y utilizando el método crecimiento geométrico.

$$P_{2018} = 1843$$

5.1.3 Generación de DSM

De la generación y composición de los desechos que serán manejados en las pequeñas comunidades, podemos decir que para el cálculo de producción el sector residencial es predominante, siendo las demás actividades tan incipientes que su consideración no alcanza a afectar de manera apreciable la cantidad total de DSM, salvo los provenientes de los mercados y de los visitantes, cuando existen atractivos turísticos.

Un método de análisis indirecto sirve para la elaboración de un sistema de recolección, tratamiento y disposición final para poder estimar la cantidad de desechos sólidos que la población genera.

Producción per cápita

Globalmente se estima con la siguiente ecuación:

$$PPC = \frac{DSr \text{ en una semana}}{Pob \times 7 \times Cob} \quad (5.2)$$

Donde:

PPC: Producción por habitante por día (Kg/Hab/Día)

DSr: Cantidad de DSM recolectados en una semana (Kg/Semana)

Pob: Población total (Habitantes)

7: Días de la semana

Cob: Cobertura de servicio de aseo urbano (%)

Para calcular la cobertura de servicio actual:

$$\text{Cobertura de servicio \%} = \frac{\text{Población Atendida (hab)}}{\text{Población Total (hab)}} \times 100$$

$$\text{Cobertura de servicio \%} = \frac{1843}{1843} \times 100 \quad \text{Cobertura de servicio \%} = \mathbf{100\%}$$

Proyección de la Producción Per Cápita de los Desechos Sólidos

Se estima la producción Per Cápita con un aumento del 1% anual y se proyecta para los siguientes 20 años partiendo del año 2018 como año cero.

$$PPC(2018) = \frac{10,000 \text{ kg}}{1843 \times 7 \times 1} = 0.7751 \frac{\text{kg}}{\text{hab}} / \text{día}$$

5.1.4 Proyección de la producción total

La proyección de la producción diaria de los desechos sólidos se encuentra por la relación de la población con la producción per cápita, para cada año.

$$\mathbf{DSp = Pob \times PCC} \quad \mathbf{(5.3)}$$

Donde:

DSp: Cantidad de desechos sólidos producidos (kg/día)

Pob: Población (hab)

PCC: Producción Per Cápita (kg/hab/día)

$$DSp(2018) = 1843 \times 0.7751$$

$$\mathbf{DSp(2018) = 1428.5093kg/día}$$

Proyección de la Producción Anual

La proyección de la producción anual de los desechos sólidos se encuentra por la relación de la producción diaria por los 365 días del año.

$$D_{Sp}(Anual) = D_{Sp}(2018 \dots 2037) \times 365 \text{ Días}$$

$$D_{Sp}(2018) = 1428.5093 \times 365 \text{ Días}$$

$$D_{Sp}(Anual) = 521.4058 \text{ Ton}$$

5.1.4 Cálculo de Volumen Necesario

Para determinar los volúmenes necesarios se tomarán en cuenta los siguientes parámetros:

- De los datos obtenidos de la producción diaria de desechos se obtuvo que es de 1,428.5093 kilogramos, se proyecta que el servicio cubrirá el 100% de la población proyectada para 20 años en el Municipio de Joateca.
- Los parámetros de las densidades para un relleno sanitario manual:

Tabla 6 Densidades de los Desechos Sólidos

DISEÑO	DENSIDAD kg/m³
Celda diaria (basura recién compactada manualmente)	400 - 500
Volumen del relleno (basura estabilizada en el relleno sanitario)	500 - 600

Fuente. Guía para el Diseño de un Relleno Sanitario Manual

Estas densidades se alcanzan con la compactación homogénea y, a medida que se estabiliza el relleno, con todo lo que incide en la estabilidad y vida útil del sitio.

- La cantidad de material de cobertura que varía entre el 20 y el 25% del volumen estabilizado de los desechos sólidos.

Para obtener el volumen de los desechos sólidos se tiene el dato de la producción diaria y la densidad de los desechos sólidos estabilizados se puede obtener el volumen diario y anual de los desechos sólidos que se requieren disponer, calculándose con las siguientes ecuaciones:

Volumen diario compactado

$$V_{diario} = \frac{DSp}{Ddsm} \quad (5.4)$$

Donde:

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

$Ddsm$: Densidad de los desechos sólidos recién compactados ($400 - 500 \text{ kg}/m^3$)

DSp : Cantidad de desechos sólidos producidos ($kg/día$)

$$V_{diario}(2018) = \frac{1428.5093 \text{ kg}/día}{450 \text{ kg}/m^3} \quad V_{diario}(2018) = 3.1745 \text{ m}^3/día$$

Calculando volumen anual compactado

$$V_{anual} = V_{diario} \times 365 \text{ días} \quad (5.5)$$

Donde:

V_{anual} : Volumen de desechos sólidos en un año ($m^3/año$)

365: Equivalente a un año (Días)

$$V_{anual}(2018) = 3.1745 \text{ m}^3/día \times 365 \text{ días} \quad V_{anual}(2018) = 1,158.69 \text{ m}^3$$

Calculo de volumen anual estabilizado

$$V_{anual} = \frac{DSp}{Ddsm} \times 365 \text{ días}$$

Donde:

D_{Sp}: Cantidad de desechos sólidos producidos (kg/día)

D_{dsm}: Densidad de los desechos sólidos recién compactados, (400-500 kg/m³) y estabilizados (500-600 kg/m³).

365: Equivalente a un año (días)

$$V_{\text{annual}}(2018) = \frac{1428.5093 \text{ kg/día}}{550 \text{ kg/m}^3} \times 365 \text{ días} \quad V_{\text{annual}}(2018) = 948.01 \text{ m}^3/\text{año}$$

Calculo del volumen necesario

$$VRS = V_{\text{annual}} \times MC \quad (5.6)$$

Donde:

VSR: Volumen del relleno sanitario (m³/año)

MC: material de cobertura equivale al 20 a 25% del volumen de los desechos recién compactados.

$$VRS(2018) = 948.01 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \times 1.25 \quad VRS(2018) = 1,185.01 \text{ m}^3/\text{año}$$

Cálculo de volumen total utilizado durante la vida útil

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$VRS_{vu} = \sum_{i=1}^n VRS$$

Donde:

VRS_{vu}: Volumen relleno sanitario durante la vida útil (m³)

n: Número de años

Este resultado se obtiene al sumar los datos de la columna de (Desechos sólidos acumulados del año anterior y DC+MC del año posterior) como se muestra en la tabla 5.3 de Volumen y Área requerida.

5.1.5 Calculo del Área requerida

$$ARS = \frac{VRS}{HRS} \quad (5.7)$$

Donde:

ARS: Área a rellenar sucesivamente (m²)

VRS: Volumen del relleno sanitario (m³/año)

HRS: Altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

$$ARS(2018) = \frac{1,185.01 \text{ m}^3/\text{año}}{5 \text{ m}} \quad ARS(2018) = 470.02 \text{ m}^2/\text{año}$$

Cálculo de área total requerida

$$A_T = F \times ARS \quad (5.8)$$

Donde:

A_T: Área total requerida (m²)

F: Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de retiro a linderos, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este es entre 20-40% del área que se deberá rellenar.

ARS: Área a rellenar sucesivamente (m²)

$$A_T(2018) = 1.40 \times 470.02 \text{ m}^2/\text{año} \quad A_T(2018) = 658.03 \text{ m}^2/\text{año}$$

Volumen y Área Requerida													
Año	Población (Hab)	PCC Total (kg/hab/día)	Cantidad de Desechos Sólidos			Volumen de Desechos Sólidos					Área Requerida		
			Diaria (kg)	Anual (Ton)	Acumulada (Ton)	Compactado		Estabilizado anual (m3)	Relleno		Relleno Área (m2)	Total Área (m2)	Área Total (mz)
						Diario (kg)	Anual (m3)		DS+MC (Anual)	Acumulada(m3)			
2017	1,812	0.7751	1,404.4812	512.6356	512.6356	3.1211	1,139.20	932.06	1,165.08	1,165.08	233.02	326.23	0.05
2018	1,843	0.7751	1,428.5093	521.4059	1,034.0415	3.1745	1,158.69	948.01	1,185.01	2,350.09	470.02	658.03	0.09
2019	1,874	0.7751	1,452.5374	530.1762	1,564.2177	3.2279	1,178.18	963.96	1,204.95	3,555.04	711.01	995.41	0.14
2020	1,905	0.7751	1,476.5655	538.9464	2,103.1641	3.2813	1,197.67	979.90	1,224.88	4,779.92	955.98	1,338.37	0.19
2021	1,937	0.7751	1,501.3687	547.9996	2,651.1637	3.3364	1,217.79	996.36	1,245.45	6,025.37	1,205.07	1,687.10	0.24
2022	1,970	0.7751	1,526.9470	557.3357	3,208.4994	3.3932	1,238.52	1,013.34	1,266.67	7,292.04	1,458.41	2,041.77	0.29
2023	2,003	0.7751	1,552.5253	566.6717	3,775.1711	3.4501	1,259.29	1,030.31	1,287.89	8,579.93	1,715.99	2,402.39	0.34
2024	2,036	0.7751	1,578.1036	576.0078	4,351.1789	3.5069	1,280.02	1,047.29	1,309.11	9,889.04	1,977.81	2,768.93	0.40
2025	2,071	0.7751	1,605.2321	585.9097	4,937.0886	3.5672	1,302.03	1,065.29	1,331.61	11,220.65	2,244.13	3,141.78	0.45
2026	2,105	0.7751	1,631.5855	595.5287	5,532.6173	3.6257	1,323.38	1,082.78	1,353.47	12,574.12	2,514.82	3,520.75	0.50
2027	2,141	0.7751	1,659.4891	605.7135	6,138.3308	3.6878	1,346.05	1,101.30	1,376.62	13,950.74	2,790.15	3,906.21	0.56
2028	2,177	0.7751	1,687.3927	615.8983	6,754.2291	3.7498	1,368.68	1,119.82	1,399.77	15,350.51	3,070.10	4,298.14	0.61
2029	2,212	0.7751	1,714.5212	625.8002	7,380.0293	3.8100	1,390.65	1,137.82	1,422.27	16,772.78	3,354.56	4,696.38	0.67
2030	2,250	0.7751	1,743.9750	636.5509	8,016.5802	3.8755	1,414.56	1,157.37	1,446.71	18,219.49	3,643.90	5,101.46	0.73
2031	2,288	0.7751	1,773.4288	647.3015	8,663.8817	3.9410	1,438.47	1,176.91	1,471.14	19,690.63	3,938.13	5,513.38	0.79
2032	2,327	0.7751	1,803.6577	658.3351	9,322.2168	4.0081	1,462.96	1,196.97	1,496.22	21,186.85	4,237.37	5,932.32	0.85
2033	2,366	0.7751	1,833.8866	669.3686	9,991.5854	4.0753	1,487.48	1,217.03	1,521.29	22,708.14	4,541.63	6,358.28	0.91
2034	2,405	0.7751	1,864.1155	680.4022	10,671.9876	4.1425	1,512.01	1,237.09	1,546.37	24,254.51	4,850.90	6,791.26	0.97
2035	2,446	0.7751	1,895.8946	692.0015	11,363.9891	4.2131	1,537.78	1,258.18	1,572.73	25,827.24	5,165.45	7,231.63	1.03
2036	2,487	0.7751	1,927.6737	703.6009	12,067.5900	4.2837	1,563.55	1,279.27	1,599.09	27,426.33	5,485.27	7,679.38	1.10
2037	2,529	0.7751	1,960.2279	715.4832	12,783.0732	4.3561	1,589.98	1,300.88	1,626.10	29,052.43	5,810.49	8,134.69	1.16
2038	2,570	0.7751	1,992.0070	727.0826	13,510.1558	4.4267	1,615.75	1,321.97	1,652.46	30,704.89	6,140.98	8,597.37	1.23

Tabla 7 Producción de desechos Sólidos, volúmenes y áreas

Fuente: Elaboración propia para el cálculo de volumen y área requerida, Proyecto; Plan de Manejo Integral Para los Desechos Sólidos del Municipio de Joateca, Departamento de Morazán año 2018

5.1.6 Cálculo de la vida útil de la Zanja o Trinchera

Para la excavación periódica de las zanjas que deberán tener una vida útil entre 30 y 90 días, para evitar así su empleo constante. La excavación de las zanjas entonces se deberá planificar para todo el año, dependiendo de la disponibilidad del equipo idóneo para su excavación. Se deberá contar con la disposición del equipo para la posterior excavación de las siguientes Zanjas sin presentar interrupciones para continuar con la disposición sanitaria final de los desechos sólidos para proteger el ambiente y no convertir el relleno sanitario en un botadero a cielo abierto.

Partiendo de la vida útil de la Zanja, se calcula el volumen de excavación y el tiempo requerido de la maquinaria a utilizar con las siguientes ecuaciones:

Volumen de la zanja

$$V_z = \frac{t \times DSr \times 1 \times MC}{Ddsm} \times 3 \text{ trimestres} \quad (5.9)$$

Donde:

Vz: Volumen de la zanja (m³).

t: Tiempo de vida útil (90 días).

DSr: Cantidad de desechos sólidos recolectados (1,428.5093 kg/día).

MC: Factor de material de cobertura de 1.20 a 1.25 (20 a 25%).

Ddsm: Densidad de los desechos sólidos en el relleno (550 kg/m³).

1.0: Se estima que se recolectará el 100% de la producción.

$$V_z(2018) = \frac{90 \times 1,428.5093 \text{ kg/día} \times 1 \times 1.25}{550 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_z(2018) = 292.19 \text{ m}^3 \times 3$$

$$V_z(2018) = 876.59 \text{ m}^3$$

Este cálculo se realizó para los siguientes años proyectados mecánicamente con los datos obtenidos en la tabla 5.3 columna 4 y se presentan en la tabla 5.4 columna 3.

Para depositar los desechos sólidos de un día se requiere excavar:

$$DSrd = \frac{Vz}{tz} \quad (5.10)$$

Donde:

DSrd: Cantidad de desechos sólidos recolectados y depositados en un día (kg/día)

Vz: Volumen de la zanja (m³)

tz: Tiempo de servicio de la zanja (días)

$$DSrd(2018) = \frac{292.19m^3}{90 \text{ días}}$$

$$DSrd(2018) = 2.43m^3/día$$

Este resultado de 2.43 m³/día sería para todo un año, seguidamente este cálculo se repite para cada año proyectado obteniendo la cantidad de desechos sólidos recolectados y depositados en un día. Estos están reflejados en la tabla 5.4 columna 4.

Consideraciones de las dimensiones para las Zanjas

Para el diseño de un relleno sanitario manual y con el método de “Zanjas o Trinchera” se tiene las siguientes limitantes:

- La longitud es directamente proporcional al tiempo de duración o vida útil de la zanja.
- La profundidad de la zanja varía de 2 a 3 metros máximos según el nivel freático.
- Se debe de hacer un análisis visual del suelo, no es recomendable que sea un suelo rocoso debido a que los costos de excavación se elevarían.
- El ancho de la zanja varía de 10 a 30 metros.
- Para el acarreo de material de excavación y la descarga de los desechos sólidos se recomienda colocarlos en ambos lados de la zanja por separado para obtener un rendimiento aceptable.

Cálculo de la longitud de la zanja (Ver plano hoja 2/5 en anexos)

$$long = \frac{Vz}{a \times hz} \quad (5.11)$$

Donde:

Long: Longitud de la zanja (m)

Vz: Volumen de la zanja (m³)

a: Ancho (10 metros)

hz: Profundidad (3 metros)

$$long = \frac{876.59m^3}{10 m \times 3 m}$$

$$long = 29.00m$$

Con los respectivos volúmenes de la zanja para cada año proyectado se obtiene con el cálculo anterior la longitud de las zanjas para los siguientes 20 años, estos datos se presentan en la tabla 5.4 columna 5.

5.1.7 Cálculo de maquinaria

Para el cálculo de la maquinaria se tomará como rendimiento el valor de 15 metros cúbicos por hora, este rendimiento corresponde a una retroexcavadora CAT modelo 313D2 L (2017).

$$Texc = \frac{Vz}{R \times J} \quad (5.12)$$

Donde:

Texc: Tiempo de maquinaria para la excavación de la zanja (días)

Vz: Volumen de la zanja (876.59 m³)

R: Rendimiento de excavación de maquinaria pesada (15 m³/hora)

J: Jornada de trabajo diario (8 hora/día)

$$Texc (2018) = \frac{876.59m^3}{\frac{15m^3}{hora} \times 8 \frac{horas}{dia}}$$

$$Texc (2018) = 7 \text{ días}$$

Este resultado en días será distribuido durante un año para la conformación de las zanjas por medio de una retroexcavadora, resulta pocos días en el año tomando en cuenta que el rendimiento con esta maquinaria es más factible, este cálculo se realiza mecánicamente para los siguientes años proyectados, obteniendo los días trabajados para la maquinaria. Los resultados son expresados en la tabla 5.4 columna 6.

Calculo de número de zanjas a construir por año

$$n = \frac{At}{F \times Az} \quad (5.13)$$

Donde:

n: Número de zanjas

At: Área del terreno (m²)

F: Factor para áreas adicionales de 1.2 a 1.4 (20 a 40%)

Az: Área de la zanja (m²)

$$n(2018) = \frac{15,000.00 \text{ m}^2}{1.25 \times (29m \times 10m)}$$

$$n(2018) = 41 \text{ zanjas}$$

Para el año 2018 se proyectan 41 zanjas a construir en el terreno del relleno sanitario, con sus volúmenes correspondiente. El número de zanjas disminuye a medida la edad del relleno aumenta debido a que se irá agotando el área efectiva del terreno disponible, estos resultados se presentan en la tabla 5.4 columna 7.

Tabla 8 Volúmenes d excavación

Obras de terracería						
Año	DS Diario (kg)	Volumen de la Zanja (m3)	Excavación para un día (m3)	longitud de la zanja (m)	excavación con maquinaria (días)	Número de zanjas
2017	1,404.4812	861.84	2.39	29	7	41
2018	1,428.5093	876.59	2.43	29	7	41
2019	1,452.5374	891.33	2.48	30	7	40
2020	1,476.5655	906.07	2.52	30	8	40
2021	1,501.3687	921.29	2.56	31	8	39
2022	1,526.9470	936.99	2.60	31	8	39
2023	1,552.5253	952.69	2.65	32	8	38
2024	1,578.1036	968.38	2.69	32	8	38
2025	1,605.2321	985.03	2.74	33	8	36
2026	1,631.5855	1,001.20	2.78	33	8	36
2027	1,659.4891	1,018.32	2.83	34	8	35
2028	1,687.3927	1,035.45	2.88	35	9	34
2029	1,714.5212	1,052.09	2.92	35	9	34
2030	1,743.9750	1,070.17	2.97	36	9	33
2031	1,773.4288	1,088.24	3.02	36	9	33
2032	1,803.6577	1,106.79	3.07	37	9	32
2033	1,833.8866	1,125.34	3.13	38	9	32
2034	1,864.1155	1,143.89	3.18	38	10	32
2035	1,895.8946	1,163.39	3.23	39	10	31
2036	1,927.6737	1,182.89	3.29	39	10	31
2037	1,960.2279	1,202.87	3.34	40	10	30
2038	1,992.0070	1,222.37	3.40	41	10	29

Fuente: Elaboración propia para el cálculo obras de terracería, Proyecto; Plan de Manejo Integral Para los Desechos Sólidos del Municipio de Joateca, Departamento de Morazán año 2018

Los resultados obtenidos en la tabla 5.4 muestran el aumento cada año en el volumen de las zanjas o trincheras a construir, la excavación diaria es mínima tomando en cuenta la producción de desechos sólidos, la longitud de la zanja presenta aumento considerable cada año, por lo que la actividad de excavación con maquinaria aumenta en días de trabajo para la construcción de las zanjas a pesar de que el número de zanjas disminuye cada dos años, esto debido a que se irá

cumpliendo el ciclo de efectividad del relleno sanitario. Cabe mencionar que la maquinaria intervendrá según programación para las actividades de excavación.

5.1.8 Cálculo de la celda

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

El volumen y la dimensión de las celdas dependen de los siguientes factores:

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

Para la celda diaria se recomienda una altura que fluctúe entre 1 y 1,5 metros, esto debido a la baja compactación alcanzada por la operación manual y a fin de brindar una mayor estabilidad mecánica a la construcción de los terraplenes del relleno sanitario. A partir del volumen diario de desechos compactados y teniendo en cuenta las limitaciones de altura, se calculará el avance y el ancho de la celda, procurando mantener un frente de trabajo lo más estrecho posible.

Diseño de la celda diaria para la disposición de los desechos sólidos, se obtiene los siguientes resultados:

$$DSrs = \frac{DSp \times 7}{DHab} \quad (5.14)$$

Donde:

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

DSp: Cantidad de los desechos sólidos producido por día (kg/día)

DHab: Días hábiles o laborales en una semana (normalmente dhab varía entre 5 ó 6 días y aún menos en municipios más pequeños)

$$DSrs(2018) = \frac{1,428.5093 \frac{kg}{dia} \times 7 días}{5 días} \qquad DSrs(2018) = 1,999.91 \text{ kg/día}$$

El anterior resultado demuestra la cantidad media diaria de los desechos sólidos en el relleno sanitario para el año 2018, este cálculo se realiza para los siguientes años proyectados de la misma manera, los resultados se presentan en la tabla 5.5 columna 3.

Cálculo de volumen de celda diaria

$$Vc = \frac{DSrs}{Ddsm} \times MC \qquad (5.15)$$

Donde:

Vc: Volumen de la celda diaria (m³)

Ddsm: Densidad de los desechos sólidos recién compactados en el relleno sanitario manual, 400-500 kg/m³.

MC: Factor de material de cobertura (1.20 – 1.25)

$$Vc(2018) = \frac{1,999.91 \frac{kg}{dia}}{450 \frac{kg}{m^3}} \times 1.25 \qquad Vc(2018) = 5.56 m^3/día$$

Para el año 2018 el volumen de celda diaria es de 5.56 m³/día y sucesivamente se realizará el mismo cálculo para cada año proyectado tomando los datos de cantidad media diaria de los desechos sólidos. Los resultados del volumen de celda diaria son presentados en la tabla 5.5 columna 4.

Cálculo de dimensiones de las celdas

Área de la celda: $Ac = \frac{Vc}{Hc} \qquad (5.16)$

Donde:

Ac: Área de la celda (m²/día)

Hc: Altura de la celda (m) (Se toma el límite de 1.50 m).

$$Ac(2018) = \frac{5.56m^3/día}{1.50 m}$$

$$Ac(2018) = 3.71 m^2/día$$

El anterior procedimiento se repite sucesivamente para los próximos años proyectados y son presentados en la tabla 5.5 columna 5.

Largo o avance de la celda

$$L = \frac{Ac}{a} \quad (5.17)$$

Donde:

a: Ancho que se fija de acuerdo con el frente de trabajo necesario para la descarga de la basura por los vehículos recolectores; Debe tenerse en cuenta que en pequeñas comunidades serán uno o dos vehículos como máximo los que descarguen a la vez, lo que determina el ancho entre 3 y 6 metros. Para este caso tomaremos ancho de 4 metros.

$$L(2018) = \frac{3.71 m^2/día}{3 m}$$

$$L(2018) = 1.24 m$$

Este resultado es presentado en la tabla 5.5 columna 6. El largo o avance de la celda aumenta con los años, aunque su variación es mínima debido a que la cantidad de desechos sólidos es pequeña.

Como los taludes (perímetro) también deben ser cubiertos de tierra, la relación del ancho con el largo de la celda que menos material de cobertura requerirá sería la de un cuadrado. Se trata, entonces, de la raíz cuadrada del área de la celda:

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

$$a = L = \sqrt{3.71 m^2/día}$$

$$a = L = 1.92 m/día$$

Tabla 9 Cantidad de Desechos Sólidos para las Celdas

Diseño de la celda					
Año	DS diario (kg)	Cantidad de DS a disponer (kg/día)	Volumen de celda diaria (m ³ /día)	Área de la celda (m ² /día)	largo o avance de celda (m)
2017	1,404.4812	1,966.27	5.46	3.64	1.21
2018	1,428.5093	1,999.91	5.56	3.71	1.24
2019	1,452.5374	2,033.55	5.65	3.77	1.26
2020	1,476.5655	2,067.19	5.74	3.83	1.28
2021	1,501.3687	2,101.92	5.84	3.89	1.3
2022	1,526.9470	2,137.73	5.94	3.96	1.32
2023	1,552.5253	2,173.54	6.04	4.03	1.34
2024	1,578.1036	2,209.35	6.14	4.09	1.36
2025	1,605.2321	2,247.32	6.24	4.16	1.39
2026	1,631.5855	2,284.22	6.35	4.23	1.41
2027	1,659.4891	2,323.28	6.45	4.3	1.43
2028	1,687.3927	2,362.35	6.56	4.37	1.46
2029	1,714.5212	2,400.33	6.67	4.45	1.48
2030	1,743.9750	2,441.57	6.78	4.52	1.51
2031	1,773.4288	2,482.80	6.9	4.6	1.53
2032	1,803.6577	2,525.12	7.01	4.67	1.56
2033	1,833.8866	2,567.44	7.13	4.75	1.58
2034	1,864.1155	2,609.76	7.25	4.83	1.61
2035	1,895.8946	2,654.25	7.37	4.91	1.64
2036	1,927.6737	2,698.74	7.5	5	1.67
2037	1,960.2279	2,744.32	7.62	5.08	1.69
2038	1,992.0070	2,788.81	7.75	5.17	1.72

Fuente: Elaboración propia para el cálculo de celdas, Proyecto; Plan de Manejo Integral Para los Desechos Sólidos del Municipio de Joateca, Departamento de Morazán año 2018

5.1.9 Cálculo de mano de obra

Consideraciones a tomar en cuenta para la mano de obra:

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

La siguiente es una guía para calcular el número de trabajadores necesarios en el relleno sanitario manual. En ella se considera una jornada de ocho horas diarias, con un tiempo efectivo de seis horas. Estos rendimientos son bajo condiciones normales de trabajo y pueden variar en cada lugar según las consideraciones descritas anteriormente.

Tabla 10 Rendimientos de Mano de Obra Manual

OPERACIÓN	RENDIMIENTO
Movimiento de desechos	0.95 ton/hora-hom
Compactación de desechos	20 m ² /hora-hom
Movimiento de tierra	0.35 a 0.70 m ³ /hora-hom
Compactación de la celda	20 m ² /hora-hom

Fuente. Guía para el Diseño de un Relleno Sanitario Manual

Respecto a los rendimientos anteriores obtenemos el número de trabajadores que operará la actividad de movimiento de desechos, compactación de desechos, movimiento de tierra y compactación de la celda.

$$\text{Movimiento de desechos} = \frac{DS \left(\frac{\text{Ton}}{\text{día}} \right)}{0.95 \frac{\text{ton}}{\text{horas hombre}}} \times \frac{1}{6 \text{ horas}}$$

$$\text{Movimiento de desechos(2018)} = \frac{1.43 \left(\frac{\text{Ton}}{\text{día}} \right)}{0.95 \frac{\text{ton}}{\text{horas hombre}}} \times \frac{1}{6 \text{ horas}}$$

$$\text{Movimiento de desechos(2018)} = \mathbf{0.25 \text{ hom/día}}$$

$$\text{Compactación de desechos} = \frac{\text{Área superficial de celda (m2)}}{20\text{m}^2} \times \frac{1}{6 \text{ horas}}$$

$$\text{Compactación de desechos(2018)} = \frac{3.71 \text{ m}^2/\text{día}}{20\text{m}^2} \times \frac{1}{6 \text{ horas}}$$

$$\text{Compactación de desechos(2018)} = \mathbf{0.03 \text{ hom/día}}$$

$$\text{Movimiento de tierra} = \frac{\text{Volumen de celda diaria (m3)}}{0.30 \text{ a } 0.70 \text{ m}^3} \times \frac{1}{6 \text{ horas}}$$

$$\text{Movimiento de tierra(2018)} = \frac{5.56\text{m}^3/\text{día}}{0.53 \text{ m}^3} \times \frac{1}{6 \text{ horas}}$$

$$\text{Movimiento de tierra(2018)} = \mathbf{1.75 \text{ hom/día}}$$

$$\text{Compactación de la celda} = \frac{\text{Área superficial de celda (m2)}}{20\text{m}^2} \times \frac{1}{6 \text{ horas}}$$

$$\text{Compactación de la celda} = \frac{3.71 \text{ m}^2/\text{día}}{20\text{m}^2} \times \frac{1}{6 \text{ horas}}$$

$$\text{Compactación de la celda} = \mathbf{0.03 \text{ hom/día}}$$

Los resultados para la mano de obra están proyectados para cada año partiendo del presente, obteniendo así el número de hombres al día que operarán en el relleno sanitario, estos datos son presentados en la tabla 5.7.

Tabla 11 Cantidad de Personal para Operación de Actividades del Relleno Sanitario

Mano de obra							
Año	DS diario (ton)	Movimiento de DS (hom/día)	Compactación de DS (hom/día)	Movimiento de tierra (hom/día)	Compactación de la celda (hom/día)	Mano de obra (hombres)	Sobredimensionar mano de obra + 2
2017	1.40	0.25	0.03	1.72	0.03	2	4
2018	1.43	0.25	0.03	1.75	0.03	2	4
2019	1.45	0.25	0.03	1.78	0.03	2	4
2020	1.48	0.26	0.03	1.81	0.03	2	4
2021	1.5	0.26	0.03	1.84	0.03	2	4
2022	1.53	0.27	0.03	1.87	0.03	2	4
2023	1.55	0.27	0.03	1.9	0.03	2	4
2024	1.58	0.28	0.03	1.93	0.03	2	4
2025	1.61	0.28	0.03	1.96	0.03	2	4
2026	1.63	0.29	0.04	2	0.04	2	4
2027	1.66	0.29	0.04	2.03	0.04	2	4
2028	1.69	0.3	0.04	2.06	0.04	2	4
2029	1.71	0.3	0.04	2.1	0.04	2	4
2030	1.74	0.31	0.04	2.13	0.04	3	5
2031	1.77	0.31	0.04	2.17	0.04	3	5
2032	1.8	0.32	0.04	2.2	0.04	3	5
2033	1.83	0.32	0.04	2.24	0.04	3	5
2034	1.86	0.33	0.04	2.28	0.04	3	5
2035	1.9	0.33	0.04	2.32	0.04	3	5
2036	1.93	0.34	0.04	2.36	0.04	3	5
2037	1.96	0.34	0.04	2.4	0.04	3	5
2038	1.99	0.35	0.04	2.44	0.04	3	5

Fuente: Elaboración propia para el cálculo de mano de obra, Proyecto; Plan de Manejo Integral Para los Desechos Sólidos del Municipio de Joateca, Departamento de Morazán año 2018

5.2.1 Diseño de las Obras de Drenaje

El diseño debe de ser no contaminante para los mantos acuíferos subterráneos, la atmosfera y el agua superficial del área de donde se construirá el relleno sanitario. Es necesario construir obras de drenaje con dimensiones adecuadas a las condiciones de precipitación pluvial local, área tributaria, características del suelo, vegetación y topografía del lugar. Para ellos se debe de poseer la información de la precipitación pluvial del lugar con el fin de obtener características de los drenajes perimetrales y las obras necesarias para minimizar la producción del líquido lixiviados o percolado y la contaminación del agua. Se diseñará un canal trapezoidal perimetral al terreno, para ello es necesario conocer el tiempo de concentración del agua que recorrerá sobre el lugar de estudio.

5.2.2 Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración equivale al tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado hasta el punto de salida de la zona en estudio, para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$Tc = \frac{\sqrt{A} + 1.5 Lc}{0.80 \sqrt{\Delta H}} \quad (5.18)$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (horas)

A: Área de la cuenca (km²)

Lc: Longitud del cauce más largo (km)

ΔH: Elevación media de la cuenca (metros)

Cálculo de la elevación media:

$$\Delta H = \frac{1}{2} (\text{Elevación máxima} + \text{Elevación mínima})$$

$$\Delta H = \frac{1}{2} (908 \text{ m} + 886 \text{ m})$$

$$\Delta H = 897 \text{ m} \quad \Delta H = 0.8970 \text{ km}$$

Parámetros físicos de la cuenca

Datos del terreno: A: 0.0558 km² Lc: 0.31 km ΔH: 897 m ΔH: 0.8970 km

Calculando tiempo de concentración:

$$T_c = \frac{\sqrt{0.0558} + 1.5 (0.3100)}{0.80 \sqrt{0.8970}}$$

$$T_c = \frac{0.2362 + 0.465}{0.7576}$$

$$T_c = 0.9255 \text{ horas} \quad T_c = 55.53 \text{ minutos} \approx 56.0 \text{ minutos}$$

La intensidad de diseño se calcula en base al dato obtenido del Tiempo de Concentración que se ha calculado, equivalente a 56 minutos y también se calcula con el valor de las Intensidades de Lluvia de la zona en estudio, para el municipio de Joateca la estación Pluviométrica correspondiente es Perquín Z - 3, ubicada en el Departamento de Morazán, los valores se muestran en la siguiente Tabla dichos datos fueron proporcionados por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

Tabla 13 Intensidades de lluvia de la Zona de Estudio

Año/Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	8.6	5.8	26.5	73.4	311.4	406.6	285.9	372.1	550.4	373.5	101.6	14.4
Temp. Promedio (°C)	19.9	20.3	21.2	21.9	21.2	20.6	21.0	20.8	20.2	20.2	20.1	19.8
Temp. Máx. Promedio (°C)	26.0	27.2	28.3	28.4	26.6	25.4	26.1	26.0	24.9	24.9	25.3	25.5
Temp. Min. Promedio (°C)	16.9	17.8	19.0	19.7	19.8	19.2	19.4	19.2	18.8	18.1	17.4	17.1
Temp. Máx. Absoluta (°C)	30.5	32.5	32.5	32.9	33.0	30.0	30.0	30.5	28.7	28.5	28.5	28.5
Temp. Min. Absoluta (°C)	10.5	10.4	13.3	13.0	13.8	13.6	14.0	14.0	12.0	14.0	11.0	9.0
Temp. Humeda Prom. °C	15.4	15.3	16.5	17.4	18.5	18.4	17.9	18.1	18.2	18.0	17.0	15.9
Humedad Relativa (%)	64	61	62	66	78	81	74	77	84	82	73	67
Nubosidad en /10	3.5	3.7	4.0	5.5	7.1	7.1	6.4	6.8	7.7	6.8	5.3	4.2
Viento Veloc. Media Escala Beaufort Km/hr	2.2	2.3	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	1.8	2.1
Evapotranspiración potencial (mm)	130	129	161	162	149	135	155	149	129	125	120	121

Fuente. Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2017)

5.2.3 Pendiente Media de la Zona de Estudio

Utilizando la siguiente formula se obtiene la pendiente media:

$$S = \frac{D \times \sum L}{A} \quad (5.19)$$

Donde:

S: Pendiente media de la cuenca (%)

D: Intervalo entre curva de nivel (m)

A: Área total de la cuenca (km²)

$\sum L$: Sumatoria de los contornos de las curvas de nivel (m)

$$S = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ km} \times 22 \text{ km}}{0.0558 \text{ km}^2} \times 100\%$$

$$S = 9.62\%$$

La sumatoria de los contornos de las curvas de nivel se ha calculado a partir de la medición directa de las curvas de nivel en los planos.

Cálculo del coeficiente de escorrentía.

Datos usados en el nomograma es la pendiente de 9.62% y tipo de superficie o cobertura vegetal que se usó permeable con hierba corta-grama y resulta un coeficiente de escorrentía de C=0.13

5.2.4 Cálculo del caudal máximo de diseño

Para obtener el caudal que influirá en el relleno sanitario, se utiliza el “método racional”, se sabe que el caudal toma un valor de caudal máximo cuando debido a una cierta intensidad de lluvia sobre el área de drenaje, esta produce una precipitación que se mantiene por un tiempo igual a la escorrentía superficial desde la parte más remota de la cuenca alcance el punto de interés. Su fórmula es la siguiente:

$$Q = C \times I \times A \quad (5.20)$$

Donde:

Q: Caudal (m³/seg)

C: Coeficiente de escorrentía superficial

I: Intensidad pluvial máxima (m/seg)

A: Área total de la cuenca (m²)

$$Q = 0.13 \times 3 \times 10^{-5} \times 55,800$$

$$Q = 0.2176 \text{ m}^3/\text{seg}$$

5.2.5 Drenaje Pluvial

Las aguas lluvias deben encausarse con el fin de desviar la escorrentía dentro del mismo terreno y no a los terrenos aledaños, esto se pretende realizar a través de un sistema superficial de canaletas perimetrales forjadas en tierra, disminuyendo en gran medida el riesgo de un aumento significativo de líquidos lixiviados y por supuesto para mejorar las condiciones de operación del relleno sanitario. Al obtener las dimensiones de la canaleta, es necesario calcular el tamaño del desagüe, utilizando la fórmula de Manning, se tiene:

$$Q = \frac{A \times R n^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \quad (5.21)$$

Donde:

Q: Área de la sección del canal (m²)

A: Caudal que ingresa o máximo escurrimiento (m³/seg)

S: Pendiente longitudinal del canal (2%) (m/seg)

n: Coeficiente de Manning (n = 0.023 y 0.015 para canales de tierra)

Rh: Radio Hidráulico

Para un canal trapezoidal se tiene el cálculo del área y de su radio hidráulico igual a:

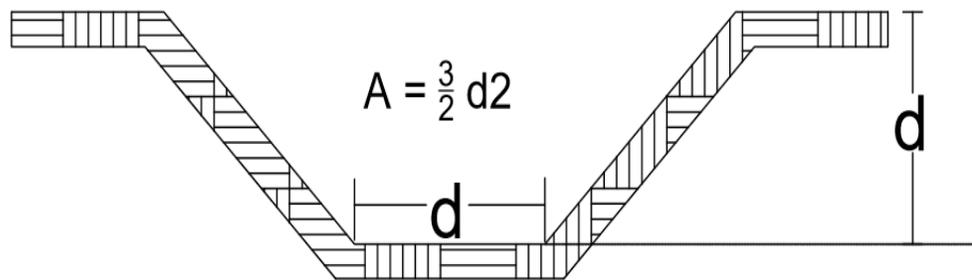


Figura 12 Canal Perimetral

$$A = \frac{3}{2} d^2$$

Para el radio hidráulico se tiene la siguiente expresión:

$$Rh = \frac{3d}{2(1+\sqrt{5})} \quad (5.22) \quad Rh = 0.4635d$$

Sustituyendo valores en la ecuación para n = 0.023

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

$$0.2176 = \frac{(\frac{3}{2}d^2) \times (0.4635d)^{2/3} \times (0.02)^{1/2}}{0.023}$$

$$0.2176 = \frac{1.5d^2 \times 0.5989d^{2/3} \times 0.1414^{1/2}}{0.023}$$

$$0.2176 = 5.5228d^{19/6}$$

$$\frac{0.2176}{5.5228} = d^{19/6}$$

$$d = 0.36 \text{ m}$$

Sustituyendo valores en la ecuación para $n = 0.15$

$$0.2176 = \frac{(\frac{3}{2}d^2) \times (0.4635d)^{2/3} \times (0.02)^{1/2}}{0.015}$$

$$0.2176 = \frac{1.5d^2 \times 0.5989d^{2/3} \times 0.1414^{1/2}}{0.015}$$

$$0.2176 = 8.4684d^{19/6}$$

$$\frac{0.2176}{8.4684} = d^{19/6}$$

$$d = 0.31 \text{ m}$$

Tenemos dos resultados que van de 0.31 a 0.36, el valor a tomar varía entre dicho intervalo. Se tomará el valor de $d = 0.35\text{m}$.

Teniendo el valor de $d = 0.35$ se presenta el detalle de la canaleta para el drenaje de aguas lluvias en el perímetro del terreno y dentro del mismo.

Detalle de canaleta perimetral:

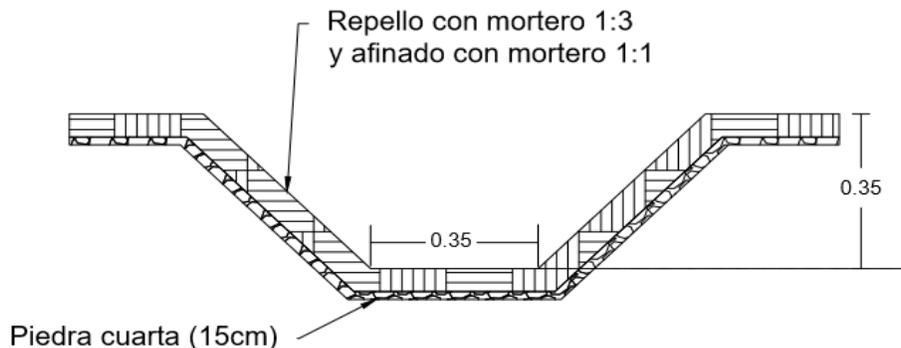


Figura 13 Diseño del Canaleta

5.2.6 Drenaje para Líquidos Lixiviados

El volumen de lixiviado o líquido percolado en un relleno sanitario depende de los siguientes factores:

- Precipitación pluvial en el área del relleno.
- Evapotranspiración.
- Humedad natural de los DSM.
- Grado de compactación.
- Escorrentía superficial y/o infiltración subterránea.
- Capacidad de campo (capacidad del suelo y de los DSM para retener humedad).

Dado que resulta difícil obtener información local sobre los datos climatológicos, se suelen utilizar coeficientes que correlacionan los factores antes mencionados con el fin de precisar el volumen de lixiviado producido. Se trabajará con el método llamado Dren Frances, este consiste en un sistema de canaleta con área transversal cuadrada, ésta se llena con grava n°2 y tubería de PVC perforada que descansa sobre suelo semipermeable debidamente compactado.

Cálculo del diámetro de la tubería PVC.

$$Q = P \times A \times K \times T^{-1} \quad (5.23)$$

Donde:

Q: Caudal medio de lixiviados (m/seg)

P: Precipitación media anual (mm de agua)

A: Área de relleno sanitario (m²)

K: Coeficiente de compactación (según el grado de compactación)

- Para rellenos débilmente compactados con peso específico de 0,4 a 0,7 t/m³, se estima una producción de lixiviado entre 25 y 50% (k = 0,25 a 0,50) de precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

- Para rellenos fuertemente compactados con peso específico > 0,7 t/m³, se estima una generación de lixiviado entre 15 y 25% (k = 0,15 a 0,25) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

T: Número de segundos en un año (31,536,000 seg)

La precipitación pluvial anual para el departamento de Morazán varía entre los 2100mm hasta los 2218mm, obteniéndose una precipitación promedio anual de 2159.4mm.

El coeficiente de compactación se calcula por medio de la densidad de los desechos sólidos por medio de la siguiente formula:

$$k = \frac{\text{Densidad de la basura descargada en el Relleno Sanitario}}{\text{Densidad en el Relleno Sanitario}}$$

$$k = \frac{0.1442 \text{ ton/m}^3}{0.450 \text{ ton/m}^3} \qquad \qquad \qquad \mathbf{k = 0.3204}$$

Sustituir datos en formula 5.23:

$$Q = (2,159.4) \times (15,000) \times (0.3204) \times (31,536,000)^{-1}$$

$$\mathbf{Q = 0.000329m^3/seg}$$

Aplicando la fórmula de Manning

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

Donde:

$$A: \frac{\pi \times d^2}{8}$$

Rh: d/4

S: 0.02

n: 0.013 (Para tubería PVC)

Sustituyendo valores en formula 5.21 obtenemos el diámetro requerido para la tubería PVC.

$$0.000329 = \frac{\pi \times d^2 \times d^{2/3} \times \sqrt{0.02}}{8 \times 4^{2/3} \times 0.013}$$

$$0.000329 = \frac{0.4442 d^{8/3}}{0.2620}$$

$$0.000329 = 1.70 d^{8/3}$$

$$d = 0.04 m$$

$$d = 1.58 \text{ pulgadas}$$

El diámetro de la tubería PVC a utilizar seria de 2 pulgada para ramales o drenajes secundarios. Para caso del drenaje principal se tomará el diámetro de 4 pulgadas, tomando en cuenta que en la zona de estudio se caracteriza por periodos largos de lluvia.

Detalle de drenaje para líquidos lixiviados Primario y Secundario respectivamente

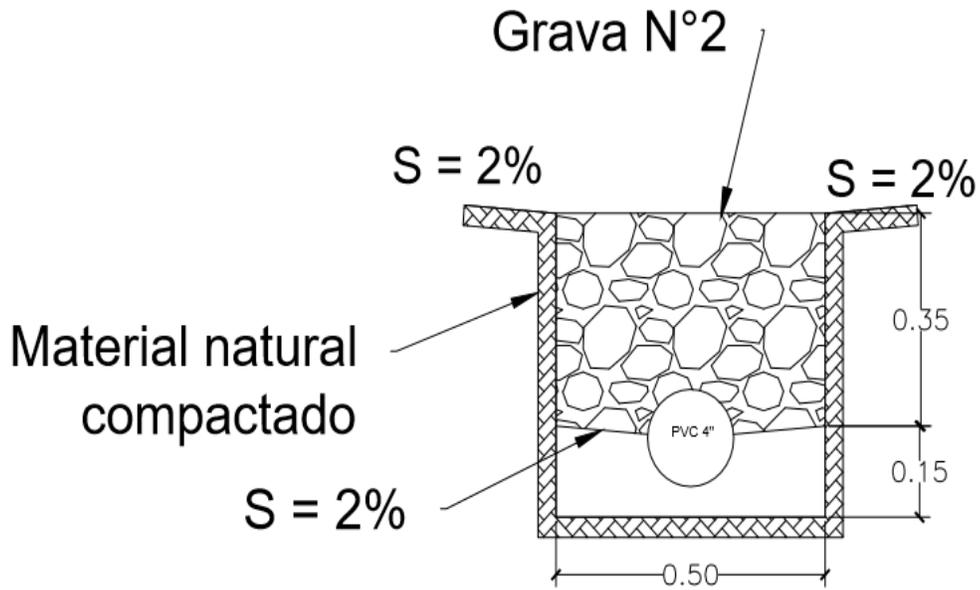


Figura 14 Diseño de Drenaje Primario

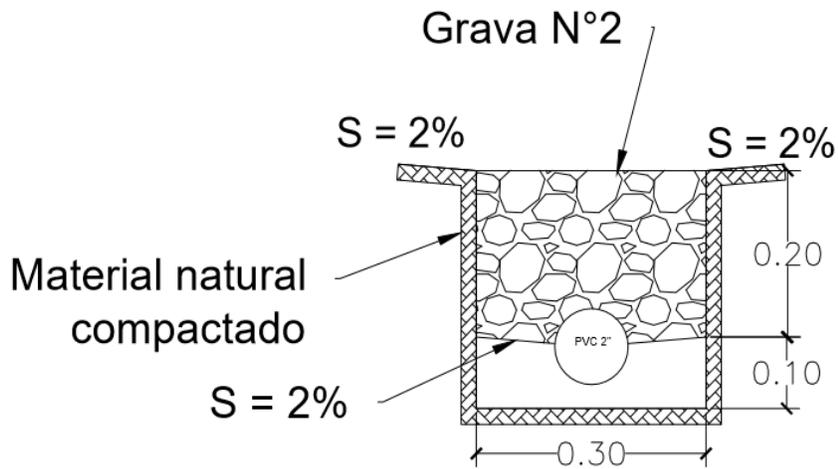


Figura 15 Diseño de Drenaje Secundario

Para determinar el diámetro de los agujeros de la tubería se asumirá una velocidad dentro de la tubería de 1 centímetro/segundo de entrada en el agujero, de esta manera se calculará el área tributaria de cada ramal y en base al caudal por cierta distancia de la tubería.

Utilizando la fórmula 5.23 $Q = P \times A \times K \times T^{-1}$

Para este caso el área será la del talud. $A = 580.38m^2$

$$Q = (2,159.4) \times (580.38) \times (0.3204) \times (31,536,000)^{-1}$$

$$Q = 1.27 \times 10^{-5} m^3/seg$$

Utilizando la fórmula de Manning: $Q = VA$ (5.24)

Donde:

Q: Caudal medio de lixiviados (m³/seg)

V: Velocidad asumida de 1cm/seg

A: Área de terraza (m²)

Sustituir valores:

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

$$A = \frac{1.27 \times 10^{-5} m^3/seg}{0.01 m/seg}$$

$$A = 0.0017 m^2$$

Asumiendo agujeros con diámetro de 5/8 de pulgada (0.015875 metros) colocados a cada 50 centímetros a lo largo de toda la tubería en dos filas y tomando una longitud de 160 metros para el área de influencia, se tendrá en total 640 agujeros. También debe asumirse que dichos agujeros no trabajan completamente, sino que al 50% de su capacidad, entonces se tiene:

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

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

$$A_{\text{agujero}} = 0.000197 \text{ m}^2$$

Tomando el número de agujeros que llevara la tubería, el área de los agujeros y la efectividad del 50% se obtiene el área de trabajo para saber si cumple con el área de la terraza:

$$A_{\text{trabajo}} = (640)(0.000197)(0.50)$$

$$A_{\text{trabajo}} = 0.0633 \text{ m}^2 > 0.0017 \text{ m}^2$$

El resultado muestra que el área de trabajo es mayor al área de terraza por lo que se concluye que si cumple.

Detalle de Agujeros en Tuberías para el Drenaje de Líquidos Lixiviados.

Tubería PVC 4"

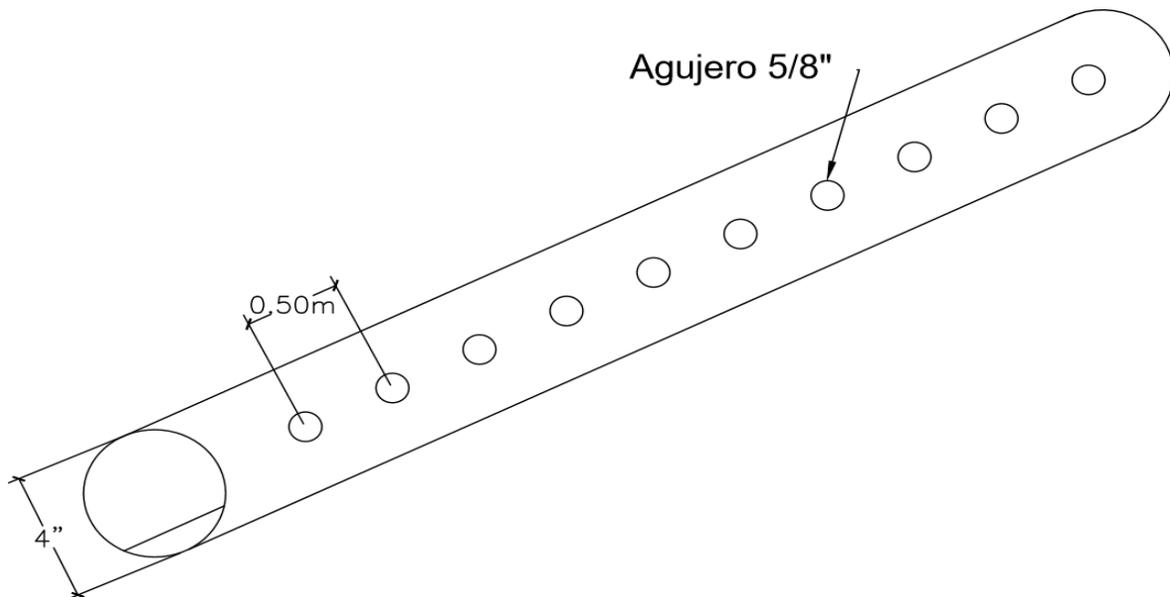


Figura 16 Tubería de Drenaje

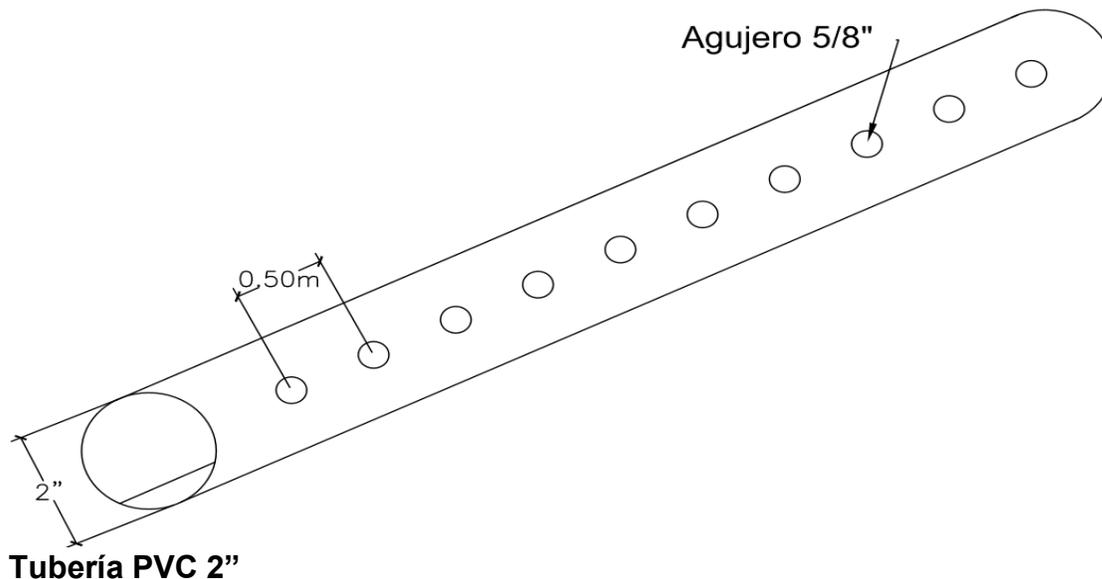


Figura 17 Tubería de Drenaje

Dada la poca extensión superficial de los rellenos sanitarios manuales, en primer lugar, se recomienda minimizar el ingreso de las aguas de lluvia no solo controlando las aguas de escorrentía por medio de canales interceptores a nivel perimetral. También se puede impedir que las lluvias caigan directamente sobre los terraplenes o zanjas con residuos si se construye un techo que funcione a manera de paraguas. De esta manera, la cantidad de lixiviado tiende a ser nula, con lo que se evita uno de los mayores problemas de este tipo de obras, sobre todo en las zonas lluviosas.

Evitar o minimizar el incremento de lixiviados, e impedir de paso la contaminación de las aguas de lluvia, es técnica y ambientalmente mejor y mucho más económico que diseñar e instalar sistemas de impermeabilización artificial, que construir sistemas de drenaje y, por supuesto, que llevar a cabo los tratamientos convencionales para estas aguas altamente contaminadas, en especial en los pequeños municipios por lo que en este sistema se busca reducir en su mayor dimensión sistemas antes mencionados.

Parámetros

- El número más probable de coniformes fecales que caracteriza la contaminación microbiológica.
- La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) que caracteriza la cantidad de materia orgánica.
- Los sólidos disueltos en suspensión, que son la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Potencia de Hidrogeno (PH) y los Nitratos (Ni).

Asumiendo que el volumen del líquido percolado es un 20% del volumen de la precipitación pluvial en el área del relleno sanitario y utilizando el método del coeficiente de compactación en el relleno sanitario basado en una relación empírica que establece que el percolado es una función directa de la compactación de los desechos sólidos se tiene la siguiente expresión:

$$Q = P \times A \times K \quad (5.25)$$

Donde:

Q: Caudal medio de lixiviados ($m^3/año$)

P: Precipitación media anual (2,159.4 mm/año)

A: Área del terreno (15,000.00 m^2)

K: Coeficiente asumido del grado de compactación (20%)

Sustituyendo valores para obtener el caudal medio de lixiviados por día:

$$Q = \left(2.159 \frac{m}{año}\right) \times (15,00.00m^2) \times (0.20\%)$$

$$Q = 6,477 \frac{m^3}{año} \div 365 \frac{año}{día}$$

$$Q = 17.74 \frac{m^3}{día}$$

Para obtener el período de retención se emplea la siguiente fórmula:

$$\Phi f = \frac{V}{Q} \quad (5.26)$$

Donde:

Φf : Período de retención

V: Volumen de las lagunas

Q: Caudal medio de líquidos lixiviados

Suponiendo un período de retención de 75 días para 3 lagunas de estabilización se tiene lo siguiente:

$$V = \Phi f \times Q$$

$$V = 75 \text{ días} \times 17.74 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$V = 1,330.5 \text{ m}^3 \div 3$$

$$V = 443.5 \text{ m}^3$$

El volumen para cada laguna de estabilización será de 443.5m³.

5.2.7 Presupuesto Del Relleno Sanitario Manual. Inversión.

Tabla 14 Partidas para las construcción del Relleno Sanitario

N° de Partida	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Sub Total	Costo
1.00	Instalaciones Provisionales					6,289.20
1.01	Bodega de materiales y caseta	1.00	S.G	\$1,500.00	\$1,500.00	
1.02	Instalaciones Eléctricas Provisionales	1.00	S.G	\$375.00	\$375.00	
1.03	Instalaciones Sanitarias Provisionales	1.00	S.G	\$245.00	\$245.00	
1.04	Barda Perimetral del terreno	483.65	ml	\$8.00	\$3,869.20	
1.05	Rótulo del Proyecto	1.00	Unidad	\$300.00	\$300.00	
1.06	Señalización	5.00	S.G	\$20.00	\$100.00	
2.00	Terracería					60,668.31
2.01	Excavación (0.40m promedio)	6,000.00	m3	\$4.50	\$27,000.00	
2.02	Trazo	15,000.00	m2	\$0.45	\$6,750.00	
2.03	Corte para zanjas	7,200.00	m3	\$1.65	\$11,880.00	
2.04	Corte para lagunas	1,380.00	m3	\$1.65	\$2,277.00	
2.05	Desalojo de excavación	14,580.00	m3	\$0.35	\$5,103.00	
2.06	Conformación de acceso	1,584.84	m2	\$2.75	\$4,358.31	
2.07	Conformación de lagunas	1,200.00	m2	\$2.75	\$3,300.00	
3.00	Drenajes					9,243.98
3.01	Canaleta perimetral concreto	437.80	ml	\$11.00	\$4,815.80	
3.02	Excavación para drenaje de lixiviados	22.90	m3	\$4.50	\$103.05	
3.03	Tubería para drenaje de lixiviados	286.25	ml	\$10.50	\$3,005.63	
3.04	Drenaje para gases	9.00	ml	\$10.50	\$94.50	
3.05	Pozos para gases	3.00	Unidad	\$350.00	\$1,050.00	
3.06	Caja de inspección	1.00	Unidad	\$175.00	\$175.00	
4.00	Calle de acceso, empedrado fraguado					40,692.50
4.01	Conformación de superficie	1,584.84	m2	\$2.75	\$4,358.31	
4.02	Compactación suelo natural	1,584.84	m2	\$0.75	\$1,188.63	
4.03	Empedrado fraguado	1,584.84	m2	\$16.00	\$25,357.44	
4.04	Cordón cuneta	617.98	ml	\$10.00	\$6,179.80	
4.05	Ramplas de acceso a las celdas	225.52	m2	\$16.00	\$3,608.32	
5.00	Laguna de estabilización					2,466.00
5.01	Paredes bloque 20x20x40	137.00	m2	\$18.00	\$2,466.00	

6.00	Cerco perimetral					11,721.20
6.01	Cerco de malla ciclón	482.31	ml	\$20.00	\$9,646.20	
6.02	Portón de acceso con puerta	1.00	Unidad	\$400.00	\$400.00	
6.03	Reforestación	70.00	Unidad	\$2.50	\$175.00	
6.04	Iluminación (Lámparas)	6.00	Unidad	\$250.00	\$1,500.00	
7.00	Caseta de control					3,032.55
7.01	Trazo y nivelación	25.00	m2	\$1.65	\$41.25	
7.02	Excavación solera de fundación	2.40	m3	\$4.50	\$10.80	
7.03	Acero para soleras	1.50	qq	\$33.00	\$49.50	
7.04	Concreto para soleras (20x20)	20.00	ml	\$26.00	\$520.00	
7.05	Acero para columnas	1.00	qq	\$33.00	\$33.00	
7.06	Concreto para columna (20x20)	8.00	ml	\$26.00	\$208.00	
7.07	Paredes (bloque 15x20x40)	35.00	m2	\$18.00	\$630.00	
7.08	Estructura de techo	1.00	S.G	\$600.00	\$600.00	
7.09	Instalaciones eléctricas	1.00	S.G	\$240.00	\$240.00	
7.10	Instalaciones hidráulicas	1.00	S.G	\$300.00	\$300.00	
7.11	Instalaciones sanitarias	1.00	S.G	\$150.00	\$150.00	
7.12	Puerta metálica	1.00	Unidad	\$150.00	\$150.00	
7.13	Ventana	1.00	Unidad	\$100.00	\$100.00	
						INVERSIÓN 134,113.74

La tabla presenta los datos obtenidos a partir del levantamiento topográfico y manuales de costos por partidas desglosadas y sumas globales, representa la inversión inicial para un año para el Relleno Sanitario, el costo de la inversión es menor a los costos anuales del plan actual que corresponden a \$176,000.00.

Mantenimiento del Relleno Sanitario.

Tabla 15 Actividades para la Operación del Relleno Sanitario

N° de Partida	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Sub Total	Costo
1.00	Personal					\$1,300.00
1.01	Operadores	2.00	Hombre	\$300.00	\$600.00	
1.02	Vigilantes	1.00	Hombre	\$300.00	\$300.00	
1.03	Técnico	1.00	Hombre	\$400.00	\$400.00	
2.00	Herramienta y equipo					\$7,172.00
2.01	Palas	8.00	Unidad	\$13.00	\$104.00	
2.02	Piochas	8.00	Unidad	\$14.00	\$112.00	
2.03	Barras	8.00	Unidad	\$11.00	\$88.00	
2.04	Azadón	8.00	Unidad	\$7.00	\$56.00	
2.05	Apisonador manual	2.00	Unidad	\$300.00	\$600.00	
2.06	Carretillas	4.00	Unidad	\$25.00	\$100.00	
2.07	Rastrillos	4.00	Unidad	\$3.00	\$12.00	
2.08	Equipo higiénico	2.00	Unidad	\$50.00	\$100.00	
2.09	Tractor	1.00	Unidad	\$6,000.00	\$6,000.00	
3.00	Mantenimiento de equipo					\$244.50
3.01	Revisión de tractor	1.00	Mes	\$150.00	\$150.00	
3.02	Combustible	30.00	Galones	\$3.15	\$94.50	
4.00	Servicios					\$360.00
4.01	Agua potable	1.00	Mes	\$15.00	\$15.00	
4.02	Electricidad	1.00	Mes	\$25.00	\$25.00	
4.03	Telefonía	1.00	Mes	\$20.00	\$20.00	
4.04	Mantenimiento Calle	1.00	Mes	\$150.00	\$150.00	
4.05	Mantenimiento de obras de drenaje	1.00	Mes	\$150.00	\$150.00	
5.00	Gastos administrativos					\$2,100.00
5.01	Computadora, Escritorio, silla	1.00	S.G	\$1,500.00	\$1,500.00	
5.02	Radios	2.00	Unidad	\$150.00	\$300.00	
5.03	Papelería	1.00	S.G	\$300.00	\$300.00	
					INVERSIÓN	11,176.50

5.3 Impacto Ambiental del Proyecto

5.3.1 Descripción del proyecto

La propuesta de un Relleno Sanitario en el municipio de Joateca está enfocada al mejoramiento del medio ambiente es dicho lugar, la generación de desechos sólidos es un problema que afecta a su gran mayoría en el municipio tomando en cuenta el crecimiento poblacional y la carencia de un plan adecuado para la recolección de los desechos sólidos, por lo que la puesta en marcha de un proyecto de esta categoría requiere tomar en cuenta el impacto ambiental que este generará.

El objetivo del estudio se centra en la construcción de un relleno sanitario que sirva como alternativa de solución para la gestión de los desechos sólidos en el Municipio de Joateca y realizar el tratamiento técnico-sanitario de estos a fin de evitar los efectos adversos sobre el ambiente y la salud de la población que pueden derivarse de la inadecuada disposición final de los mismos. Al mismo tiempo identificar, evaluar e interpretar los impactos ambientales potenciales, cuya ocurrencia tendría lugar durante las etapas del proyecto (construcción, operación y cierre) y proponer las medidas apropiadas orientadas a evitar y/o mitigar los efectos negativos y fortalecer los positivos.

5.3.2 Categorización del proyecto

En base al Acuerdo Ministerial No 39, emitido el 26 de abril de 2007 Tomo 375 el 9 de mayo de ese mismo año, por medio del cual se establece la Categorización de Actividades, Obras o Proyectos, conforme al Art. 22 de la Ley de Medio Ambiente y sus dos reformas posteriores. Contando con esto se pueda determinar si un proyecto requiere o no de la elaboración de un estudio de impacto ambiental, que debe fundamentarse en función de la naturaleza de la actividad, su envergadura y las condiciones ambientales relevantes del medio en donde se pretende instalar.

Para los fines de la categorización de las actividades, obras o proyectos referentes a la disposición final de los desechos sólidos en un relleno sanitario se adopta como un método aceptable de disposición final, el proyecto se clasifica dentro de:

GRUPO B, CATEGORÍA 2: Actividades, obras o proyectos con impacto ambiental potencial moderado o alto que requieren elaborar estudio de impacto ambiental.

Los criterios que categorizan las actividades, obras o proyectos para un Relleno Sanitario dentro del Grupo B, Categoría 2.

Tabla 16 Criterios para un Relleno Sanitario

Criterios	Grupo B, Categoría 2
Operación	Manual, mecanizado o combinado
Disponibilidad de banco de material de cobertura	Dentro del mismo terreno
Topografía del terreno (pendiente)	9.62%
Distancias a cuerpos de agua	Mayor a 1 kilómetro
Camino de acceso	Posee camino de acceso
Distancia a aeropuertos, helipuertos y hangares	A 350 kilómetros
Distancia a núcleos poblacionales	1.5 kilómetros
Profundidad del nivel freático	Promedio 15 metros
Ubicación	Fuera de: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Zonas de inundación ➤ Áreas naturales protegidas ➤ Zona de drenajes naturales

Fuente. Tabla General de Categorización para Actividades, Obras o Proyectos de Disposición Final de Desechos Sólidos Comunes, Relleno Sanitario.

5.3.3 Impacto ambientales negativos

La identificación de los aspectos que están siendo afectados por la preparación del sitio, construcción y cierre del relleno sanitario se detalla a continuación:

➤ Factores físicos

- **Suelo**

Debido a las actividades de construcción, se prevé una alteración de las geoformas y topografía del sitio donde se construirá el relleno sanitario, además habrá una intensificación de la erosión laminar en sitios donde se retirará la cobertura vegetal y una baja en la estabilidad geotécnica del suelo básicamente relacionada con la compresibilidad, capacidad portante y estabilidad del relleno y del terreno, disminución de la permeabilidad del suelo específicamente en los sitios donde se conformaran las celdas, además de una disminución o deterioro de la calidad del suelo. La construcción de la impermeabilización del suelo, para el sistema de drenaje y la laguna lixiviados, se realizará precisamente para evitar posibles daños al suelo y agua subterránea, para esto se ha previsto realizar los movimientos de suelo mínimos y la cobertura de material suelto para evitar la acumulación de partículas de polvo en el aire y el riego de agua constante para el movimiento y compactación del suelo.

- **Agua superficial y subterránea**

Se generará una posible alteración de la calidad del agua superficial y subterránea ante el riesgo de su contacto con los residuos sólidos y los líquidos lixiviados, disminución de los niveles de evapotranspiración en la zona del proyecto, además de la disminución de las cantidades de recarga del acuífero. Se ha considerado realizar la impermeabilización del suelo, ya que, mediante la instalación del drenaje superficial, las trincheras, las lagunas de lixiviados y el sistema de recirculación de estos, contribuirán a la protección del agua superficial y subterránea por la disminución de la contaminación a partir de los lixiviados, además se ha previsto el programa de reforestación en la zona de la periferia del terreno, taludes y contornos de calles de acceso.

- **Calidad d aire**

La cantidad del aire será afectada principalmente por las partículas de polvo generadas en el proceso de construcción y posterior funcionamiento, afectación a nivel sonoro, por los ruidos relacionados con las actividades propias de la construcción y operación del proyecto. A la vez existe la posibilidad de la acumulación de humos y malos olores en el sitio del relleno sanitario. Para lo cual se recomienda el constante control y monitoreo de materiales inflamables como el papel, el cartón, el plástico, etc. La correcta cobertura diaria de los desechos sólidos y la correcta utilización de las chimeneas, evitando así posibles incendios.

- **Calidad del paisaje**

Se plantea una modificación en la estructura paisajística de la zona y una dispersión de materiales ligeros, por lo que se deberá mantener y cuidar del área verde prevista a realizar.

- **Flora cultivada y fauna**

Habrà una alteración de la cobertura vegetal existente, pues esta será retirada para construir el relleno sanitario, además de la desaparición de fuentes alimenticias, sitios de refugio, sitios de reproducción de la fauna de interés e interferencia en el paso de especies terrestres. Para este componente se ha considerado la reforestación y protección de las zonas deforestadas y la periferia de la propiedad principalmente.

Los impactos resultantes al analizar el efecto de las acciones del proyecto sobre los componentes del ambiente fueron clasificados de la siguiente manera:

- Impactos Negativos Significativos (MA)
- Impactos Negativos de Regular Significancia (A)
- Impactos Benéficos
- Impactos Benéficos de Regular Significancia.

Tabla de Impacto Ambiental Adverso con muy Alta Relevancia

Tabla 17 Etapas de ejecución del Relleno Sanitario

Etapas de Ejecución/Actividad del proyecto	Componentes del Ambiente	Caracterización del Impacto	Duración Temporal / Duradera		Relevancia del Impacto
1. Preparación del sitio y cierre del botadero Chapoda y trazo	Suelo	Acumulación general de desechos orgánicos	x		MA
Mejora de drenajes y accesos internos	Aire	Aumento de partículas en el aire	x		MA
Mejora de cercado perimetral, portón e infraestructura básica	Suelo	Impermeabilización del suelo		x	A
2. Construcción de: Trincheras (impermeabilización, sistema de drenaje de lixiviados y gases)	Suelo	Impacta uso futuro del suelo		x	A
	Aguas subterráneas	Disminuye infiltración del agua		x	A
	Aire	Aumento de partículas en el aire	x		MA
3. Funcionamiento del Relleno Sanitario. Operación de relleno sanitario de acuerdo a celdas diarias, con un frente mínimo de trabajo.	Suelo	Acumulación de desechos sólidos		x	A
	Agua	Posible contaminación de aguas		x	A
	Calidad del aire	Posible aumento de olores, humos y gases	x		MA
4. Cierre del Relleno Sanitario	Suelo	Acumulación de desechos sólidos no dispuestos	x		MA
	Agua	Posible contaminación de aguas	x		MA

Fuente. Tabla General de Categorización para Actividades, Obras o Proyectos de Disposición Final de Desechos Sólidos Comunes, Relleno Sanitario.

De acuerdo con los parámetros a tomar en cuenta en el Relleno Sanitario respecto a la relación de impactos y actividades programadas, se concluye que el mayor daño será de carácter residual permanente, debido a la acumulación de desechos compactados en el suelo por lo que se tomarán medidas en el diseño desde el sistema de tuberías, drenajes y gases. El sistema idóneo para las lagunas de líquidos lixiviados influirá en los efectos ambientales negativos que el diseño produzca, así como la eficaz distribución de material al momento de compactar en las celdas.

5.3.4 Aspectos ambientales positivos

Tabla 18 Componentes del Ambiente

Componente del Medio Ambiente Afectado positivamente por el proyecto	Acciones del proyecto que lo impactan positivamente
Economía familiar	Conformación del Equipo Municipal, que serán capacitados y dedicados a realizar la actividad de recolección domiciliar, transporte y disposición final adecuada de los desechos sólidos.
Ambiente salubre	Disponibilidad de un lugar específico para la disposición final de los desechos sólidos generados en el municipio.

5.4 Programa de Manejo Ambiental.

5.4.1 Etapa de preparación del terreno

➤ Impacto ambiental

Una alta contaminación y pérdida de las condiciones de los recursos naturales debido al deterioro ambiental.

➤ Medidas de atenuación

Delimitar las áreas exclusivas del relleno sanitario y su desarrollo futuro, con las consecuentes zonas de prevención de daños al medio ambiente, logrando incrementar el área verde del terreno.

5.4.2 Etapa de construcción del Relleno Sanitario

➤ Impacto ambiental (suelo)

Se disminuirá la capacidad de infiltración del suelo, en cuanto a recarga del manto freático, causando un impacto en la calidad del suelo debido a la construcción de trincheras e impermeabilización de la base antes de depositar los desechos sólidos diarios, además el drenaje de lixiviados, chimeneas, laguna de lixiviados e infraestructura general.

➤ Medidas de prevención

Se deberán de proteger todos los árboles existentes en la zona y periferia total de terreno, lo cual permitirá el desarrollo futuro de acciones de reforestación de dicha área que compense el cambio de uso de suelo permanente en el relleno sanitario, el cual será impermeabilizado a través de la construcción de infraestructura antes descrita, mejorando así la descontaminación visual por las actividades del relleno sanitario. Además de la construcción del sistema de drenajes (superficial y subterráneo) y recirculación de lixiviados.

➤ Impacto ambiental (aire)

Disminución de la calidad de aire por los residuos del movimiento del suelo.

➤ **Medidas de prevención**

Movimientos de suelos húmedos o bien mediante el rociado de agua para evitar así partículas en el aire por las actividades de terracería y preparación de trincheras.

5.4.3 Funcionamiento del Relleno Sanitario

➤ **Impacto ambiental**

Existirá un posible deterioro de la calidad del suelo, agua y aire por la dispersión de desechos sólidos en el sitio del relleno sanitario, además la generación de malos olores por la falta de disposición final adecuada. Deterioro de la calidad del paisaje y contaminación visual a causa de la disposición final de los desechos sólidos.

➤ **Medidas de Prevención, corrección y control**

Una operación adecuada y ordenada del relleno sanitario a través de la cobertura diaria de los desechos sólidos y una recirculación de lixiviados por medio de un sistema de captación y acumulación de lixiviados. Realizar una reforestación en la periferia del terreno, a fin de crear una barrera que disminuya la visibilidad a la zona del relleno sanitario.

5.4.4 Etapa de cierre del Relleno Sanitario

➤ **Impacto ambiental**

Disminución de la infiltración del agua y leve impacto en la calidad del suelo, debido a la cobertura final de los desechos sólidos dispuestos en la trinchera impermeabilizada, compuesta de sus debidos drenajes de lixiviados, chimeneas para gases y laguna de lixiviados. Podría existir un deterioro en la calidad del lugar, por la dispersión de desechos sólidos finales en el sitio del relleno, generando malos olores por la mala disposición de los desechos a diario.

➤ **Medidas de Prevención, Corrección y Control**

Realizar la cobertura final completa de todos los desechos sólidos depositados en el relleno sanitario y realizar la recirculación final de los lixiviados por medio de un sistema de captación y acumulación de lixiviados.

➤ **Medidas de compensación**

Desarrollar un plan de reforestación y conservación del suelo y del agua, que permitan desarrollar acciones de reforestación en un área de 5,000 m², compensando así el cambio de uso del suelo permanente de una parte de suelo usado como relleno sanitario.

5.4.5 Programa de adecuación ambiental

➤ **Preparación ambiental**

Una de las medidas principales para contrarrestar la contaminación ambiental es la implementación del relleno sanitario, ya que esto representa una alternativa ambientalmente amigable, que conjuntamente con las condiciones de la zona del proyecto, deterioro ambiental del lugar y la disponibilidad de espacio para depositar desechos sólidos en la zona.

➤ **Construcción del Relleno Sanitario**

Desarrollar un plan de reforestación de un área de 5,000 m², constituida en la zona del área conformada por el perímetro del terreno, dicha área será debidamente reforestada en la etapa de funcionamiento de relleno sanitario, además de la construcción de zonas de drenaje en la periferia del proyecto para potenciar que la escorrentía superficial descargue en la zona verde y facilitar su infiltración.

➤ **Funcionamiento del Relleno Sanitario**

Esta etapa se incluye desde la recepción hasta la disposición final de los residuos sólidos como un proceso integrado que mediante la utilización de la infraestructura edificada pueda ejercer una gestión ambientalmente menos contaminante del relleno sanitario, de tal manera que se debe realizar una óptima utilización de los recursos

humanos, materiales y financieros disponibles. La cobertura de diaria de los desechos sólidos dentro de la zona impermeabilizada y las celdas diarias en el frente de trabajo, con el objeto de evitar la dispersión de los residuos por todo el terreno. De esta etapa la actividad relevante de mitigación del impacto consiste en la reforestación de zona verde del relleno y la periferia del relleno sanitario.

➤ **Cierre del Relleno Sanitario**

Deberá orientar sobre la utilización futura de la zona donde se construirá el Relleno Sanitario, así como la cobertura final, monitoreo e inspecciones periódicas del sitio, además de los servicios de mantenimiento a los equipos y accesorios instalados. El costo de estas acciones de adecuación dependerá del diseño mismo y de las singularidades de las acciones previstas a desarrollar.

CAPÍTULO

VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Un plan de manejo integral para los desechos sólidos en el cual se toma en cuenta la producción, recolección y disposición final para estos, reduce la problemática con la que el municipio se enfrenta en la actualidad, por lo que los recursos humanos, económicos e institucionales se aprovecharan de manera adecuada.
- Se identificaron diferentes condiciones para el manejo de desechos sólidos dentro del sector urbano y rural, notándose que el procedimiento que se le aplica no cumplen con lo descrito en la “Ley de Medio Ambiente, Contaminación y disposición final de los residuos sólidos”, quedando evidenciado que las actividades que se realizan dentro del casco urbano no involucran la recolección de los desechos orgánicos, métodos de reciclaje, clasificación de los desechos sólidos y respecto al área rural, se puede apreciar más la actividad de incineración de todos los desechos sólidos.
- Según la información recolectada se determinó que los habitantes del municipio de Joateca no cuentan con una educación ambiental para el manejo de los desechos sólidos en su hogar por lo que no realizan métodos de separación, de igual manera los cantones y caseríos que no cuentan con el sistema de recolección de desechos sólidos, manifestaron quemar o simplemente tirar a cualquier lugar los desechos de su hogar.
- El municipio no cuenta con contenedores adecuados para la clasificación de los desechos sólidos, encontrando solamente recipientes comunes los cuales son utilizados para dejar todo tipo de desechos. El proceso y rutas de recolección se da de una manera empírica y debido al aspecto económico el vehículo utilizado es el camión de usos múltiples para la municipalidad.

- La construcción de un Relleno Sanitario satisface la demanda de acuerdo a los datos obtenidos mediante la proyección de 20 años de producción de los desechos sólidos para el área urbana y rural que entra en el plan por su factible acceso. El sitio escogido en su mayor parte se adapta a la construcción del Relleno Sanitario para el Municipio de Joateca, ya que cumple con las características y requisitos establecidos, pues no se encuentran zonas de recarga de acuíferos cerca del área destinada para la construcción del mismo, no se encuentra ubicado cerca de zonas de inundación, ni de ningún cuerpo de agua, la factibilidad es favorable para la extracción del material de cobertura que servirá para la actividad de compactación en el Relleno Sanitario.

- El método de trinchera o zanja que se aplicará en el Relleno Sanitario del municipio de Joateca, se adapta a las características topográficas del terreno, favoreciendo la reutilización del material de cobertura procedente de la excavación, tomando en cuenta el método de compostaje ayudará a la disminución de desechos orgánicos en el Relleno Sanitario, ya que estos tendrán su propio tratamiento.

- La ejecución del Plan de Manejo Integral de los Desechos Sólidos tendrá cobertura en el casco urbano en su totalidad y con respecto al área rural se beneficiarán los caseríos que entran en la ruta de recolección por su factibilidad de acceso, logrando así disminuir en gran parte las actividades inadecuadas para disposición final. El manejo de los desechos sólidos será de gran aporte a la descontaminación del aire, en el municipio también se disminuirá la acumulación de líquidos de lixiviados en las arterias del casco urbano, malos olores en viviendas donde los desechos sólidos no son recolectados y son incinerados a cielo abierto.

- El presupuesto anual que comprende el plan actual de manejo de los desechos sólidos es de \$176,000.00 (dato proporcionado por la Alcaldía Municipal de Joateca), habiendo desarrollado el estudio para mejorar las condiciones respecto a la disposición final de los desechos sólidos bajo la propuesta de un nuevo plan, obtenemos como presupuesto de inversión en el primer año para el Relleno Sanitario la cantidad de \$134,113.74. Quedando un gasto mensual de \$11,176.50 para funcionamiento del mismo, el costo anual sería de \$134,118.00. Se concluye que los costos de operación de un Relleno Sanitario son menores al costo que se maneja en el plan actual para la disposición final de los desechos sólidos.

Recomendaciones

- Desarrollar un plan de operaciones y capacitaciones al personal involucrado para que optimice las actividades en el Relleno Sanitario y lograr su funcionabilidad en base a sus objetivos en el tiempo estipulado de su operación.
- Realizar dentro de la comunidad programas de sensibilización y capacitación referente al tema de manejo de desechos sólidos, con el fin de hacer conciencia y culturizar a los habitantes de la consecuencia en salud y medio ambiente que ocasionan un manejo inadecuado de desechos, estas consecuencias que pueden empeorar y ser más graves e impactantes conforme transcurra el tiempo, si no se toman acciones en su respectivo tiempo.
- Para el desarrollo del municipio se recomiendan proyectos de apertura de caminos para facilitar el acceso hacia demás cantones y caseríos para que sean incluidos en la propuesta del plan de manejo de desechos sólidos en tiempo futuro.
- Hacer buen uso de los servicios de recolección, separación y reciclaje para su disposición final. Una constante supervisión y control de todas las áreas y actividades que se realizaran, así como en el frente de trabajo, será necesario una persona que dirija y oriente las operaciones en calidad de supervisor, el cual podrá ser una persona profesional capacitada en el manejo de desechos sólidos, un técnico en saneamiento o un promotor de saneamiento.
- Implementar un sistema de vigilancia dentro y fuera del Relleno sanitario para cuidar su funcionabilidad y que sus actividades se realicen de la manera más óptima.

BIBLIOGRAFÍA

FUENTES DE INFORMACIÓN CONSULTADAS

LIBROS Y TEXTOS

Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios/ Santa fe Bogotá, Colombia 1993.

Tchobanoglous George/Gestión Integral de Residuos Sólidos/ México, McGraw-Hill 1994.

Fundamentos de los Métodos de Investigación Social/ Fernando Guerrero.

DOCUMENTOS

Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal (2001) Guía metodológica para la caracterización y composición de los desechos sólidos. 28 de mayo de 2017, de Fondo Ambiental de El Salvador Sitio web: www.esdem.gob.sv/

Estudio de Factibilidad y Propuesta de Diseño para la Construcción de un Relleno Sanitario No Mecánico en el Municipio de Tejutla, Departamento de Chalatenango. Hernández Moz, Gabriela Eugenia. Tesis – UES, abril de 2005. Sitio web: <http://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUES4551>

El Manejo de los Desechos Sólidos en el Municipio de Quezaltepeque, departamento de la Libertad. período 2010-2011. Pablo Alexander Guevara Avelar, Carlos Roberto Maldonado Flores, Alvin Edward Antonio Vásquez Chávez. Tesis UES, abril de 2013. Sitio web: <http://ri.ues.edu.sv/4402/1/>

Guía para El Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Jorge Jaramillo, Universidad de Antioquia, Colombia año 2002. Sitio web: <http://ambiente.lapampa.gob.ar/images/stories/Imagenes/Archivos/Guia.pdf>

Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC), año 2008

Plan de Manejo Ambiental de Desechos Sólidos del Municipio de San Andrés Itzapa Chimaltenango. Guatemala, noviembre de 2013. Sitio web:

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3688.pdf

Manual de Especificaciones Técnicas para la Construcción de Rellenos Sanitarios para Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y Residuos de Manejo Especial (RME), octubre 2009. Sitio web: http://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/infraestructurahidraulica/publicaciones_conagua/RESIDUOS%20PELIGROSOS/MANU-ESP-TEC2010.pdf

Primer Censo Nacional de Desechos Sólidos Municipales. Diciembre 2001 Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultora Ing. MSc Leyla Zelaya. Sitio web: <http://www.marn.gob.sv/>

Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos Municipales. Diciembre 2006 Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Programa de Descontaminación de Áreas Críticas. Sitio web: <http://www.marn.gob.sv/>

Propuesta para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos de la Población Urbana del Cantón Nabón, Dunia Jaqueline Ávila Paucar, María Rosario Ochoa Ordoñez, Cuenca Ecuador 2013. Sitio web: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/>

Desechos Sólidos, Principios de Ingeniería y Administración. George Tchobanoglous Hilary Theissen Rolf Eliassen, Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, Mérida-Venezuela 1982. Sitio web: <http://www.bvsde.paho.org/acrobat>

LEYES Y REGLAMENTOS

Ley de Medio ambiente, Derecho Ambiental y Salud, Órgano Legislativo vigente, Decreto Legislativo N°233 (02/03/1998). Sitio web: <http://www.cne.gob.sv/wp-content/uploads/2017/09/ley-del-medio-ambiente.pdf>

Constitución de la Republica de El Salvador (1983). Decreto N° 38. Reglamento especial sobre el Manejo Integral de los Desechos Sólidos y sus Anexos, Decreto Ejecutivo N°42 (01/06/2000). Sitio web: <http://www.mar-n.gob.sv/reglamentos/>

Marco Regulatorio en Materia Ambiental en El Salvador. Lic Dora Alicia Escobar Canjura, Sub-Coordinadora, Unidad de Medio Ambiente, Corte Suprema de Justicia. Sitio web: http://www.csj.gob.sv/ambiente/images/marco_regulatorio_ambietnal.pdf

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (01 de junio del año 2000). Reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos y sus anexos 2017, de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Sitio web: <http://www.man.gob.sv/descarga/reglamento-especial-para-elmanejo-integral-delos-desechos-solidos/>

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (9 de junio del año 2000). Reglamento especial de normas técnicas de calidad ambiental. 2017, de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Sitio web: <http://www.mam.gob.sv/>

ANEXOS

Anexo 1 Solicitud de información dirigida a la Directora del Observatorio Ambiental (SNET)

Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria Oriental
Departamento de Ingeniería y Arquitectura



23 de octubre de 2017

Inga. Celina kattán

Directora del observatorio ambiental

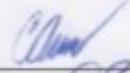
La saludamos alumnos de la Universidad de EL Salvador, que realizamos el proyecto de tesis con el tema: **"Plan de manejo integral para los desechos sólidos del municipio de Joateca, departamento de Morazán"**

El motivo de la presente es para solicitar información meteorológica, mapas de relieve, información de la cuenca del municipio de Joateca, en su totalidad, en los últimos 20 años. La información será utilizada únicamente en el trabajo de graduación que se está realizando y se hará referencia de la fuente que fueron obtenidos.

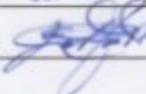
Nos despedimos esperamos obtener una respuesta positiva.

Atentamente:

Br. Carlos Antonio Argueta Chica

f. 

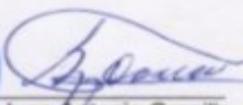
Br. Edwin Roberto Bonilla Bonilla

f. 

Autorizan:

f. 
Ing. David Arnoldo Chávez Saravia
Asesor de tesis




Ing. Juan Antonio Granillo
Jefe de Departamento

Anexo 2 SNET, Servicio Nacional de Estudios Territoriales, 2018



PERFIL CLIMATOLOGICO DE PERQUIN-DEPARTAMENTO DE MORAZAN.

La estación de Perquín se encuentra ubicada en la zona norte del departamento de Morazán, en el cerro Perquín, al sureste se encuentra el cerro El Gigante y el cerro Pericón, al noroeste San Fernando, esta región es muy accidentada con suelos arcillosos y cultivos variados, especialmente café.

La región donde se ubica la estación se zonifica climáticamente según Koppen, Sapper y Laurer como Clima Tropical de las Alturas (1200 - 1800 msnm tierra templada y 1800- 2700 msnm, tierra fría) la elevación es determinante (1225 msnm). Considerando la regionalización climática de Holdridge, la zona de Interés se clasifica como **Bosque muy húmedo subtropical transición a húmedo.**

Los rumbos de los vientos son predominantes del norte en la estación seca y del sureste en la estación lluviosa, durante la noche se desarrolla el sistema local nocturno del viento con rumbos desde las montañas y colinas cercanas, con velocidades promedios de 10 a 12 km/h.

A continuación se presenta un cuadro resumen de promedios mensuales de las variables más importantes:

ESTACION:	PERQUIN											
INDICE:	2 - 3											
DEPARTAMENTO:	MORAZAN											
	LATITUD NORTE: 13° 58'											
	LONGITUD OESTE: 88° 10'											
	ELEVACION: 1225 metros.											
Año/Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	8.8	5.8	28.5	73.4	211.4	408.8	285.9	372.1	559.4	373.5	101.8	14.4
Temp. Promedio (°C)	19.9	20.3	21.2	21.9	21.2	20.8	21.0	20.8	20.2	20.2	20.1	19.8
Temp. Máx. Promedio (°C)	28.0	27.2	28.3	28.4	28.8	25.4	26.1	26.0	24.9	24.9	25.3	25.5
Temp. Mín. Promedio (°C)	16.9	17.8	19.0	19.7	19.8	19.2	19.4	19.2	18.8	18.1	17.4	17.1
Temp. Máx. Absoluta (°C)	30.5	32.5	32.5	32.9	33.0	30.0	30.0	30.5	28.7	28.5	28.5	28.5
Temp. Mín. Absoluta (°C)	10.5	10.4	13.3	13.0	13.8	13.8	14.0	14.0	12.0	14.0	11.0	9.0
Temp. Humedad Prom. °C	15.4	15.3	16.5	17.4	18.5	18.4	17.9	18.1	18.2	18.0	17.0	15.9
Humedad Relativa (%)	84	81	82	86	78	81	74	77	84	82	73	87
Nubosidad en /10	3.5	3.7	4.0	5.5	7.1	7.1	6.4	6.8	7.7	6.8	5.3	4.2
Viento Veloc. Media Escala Beaufort Km/hr	2.2	2.3	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	1.8	2.1
Exposición potencial (mm)	130	129	181	182	140	135	155	140	129	125	120	121

Kilómetro 51/ Carretera a Santa Tecla,
Calle y Colonia Las Mercedes,
Edificio MAPN, complejo ISTA,
San Salvador, El Salvador, Centro América.

Tel: (503) 2132-6276
Correo electrónico: medioambiente@marn.gob.sv
facebook.com/marn.gob.sv
Twitter: @MARN_Oficial_SV

Anexo 3 Transporte de Recolección de los desechos sólidos, Joateca



Anexo 4 Transporte de Recolección de los desechos sólidos, Joateca



Anexo 5 Terreno para el Relleno Sanitario, Planta de Compostaje Caserío El Tizate, Joateca



Anexo 6 Terreno para el Relleno Sanitario, Planta de Compostaje Caserío El Tizate, Joateca



Anexo 7 Desechos Orgánicos no recolectados



Anexo 8 Desechos Orgánicos no recolectados



Anexo 9 Instrumento de medición, aplicado a los habitantes involucrados en el Proyecto.

Plan de Manejo Integral para los Desechos Sólidos del Municipio de Joateca

Departamento de Morazán.



Nombre _____ N° _____

Dirección _____

1. ¿Cuántas personas habitan en su hogar? _____
2. ¿Cuántas personas estudian en su hogar? _____
3. ¿Con que tipo de servicios básicos cuenta en su vivienda?
Energía eléctrica _____ Agua Potable _____ Tren de aseo _____
4. ¿Cuántas comidas prepara en su hogar? (desayuno, almuerzo, etc.) _____
5. ¿Qué tipo de basura produce en su hogar?
Plásticos _____ Papel/Cartón _____ Vidrios _____
Latas _____ Restos de comida _____
6. ¿Separa usted su basura? SI _____ NO _____
7. En su familia hay agricultores _____, ¿Cómo se deshace de la basura que generan los productos agropecuarios? _____
8. ¿Cómo desecha usted su basura? Quema _____ Entierra _____ La deposita en un contenedor _____
En bolsa para que se la lleve el tren de aseo _____
La tira en un botadero común _____
9. ¿Cuenta con el servicio de recolección de basura municipal? SI _____ NO _____
10. ¿Existen contenedores cercanos a su hogar? SI _____ NO _____
11. ¿Cómo califica el servicio de recolección de basura municipal? Excelente _____ Bueno _____
Regular _____ Malo _____

Anexo 10 Población Entrevistada para la recolección de datos de la producción de desechos sólidos

	Nombre	N° DUI	Comunidad
1.	María Paulina Márquez Joya	02411126-3	La Laguna
2.	María Concepción Chica Argueta	02000354-9	La Laguna
3.	José Salomón Márquez Joya	00648716-1	La Laguna
4.	María Natalia Romero	01457744-1	La Laguna
5.	Inés Bonilla Del Cid	01954827-7	La Laguna
6.	Juan Bautista Ramos	01261041-3	La Laguna
7.	Nieves Orellana	01690357-5	La Laguna
8.	Héctor Guevara Argueta	00518866-7	La Laguna
9.	Teodora Argueta	03333924-2	La Laguna
10.	Pastor Guevara Pérez	00683864-7	La Laguna
11.	María Rosa Argueta Amaya	01699553-0	La Laguna
12.	Bacilia Luna	01329544-4	La Laguna
13.	María Pastora Pereira Portillo	04567955-1	Paturla Centro
14.	María Marcelina Hernández	01352507-7	Paturla Centro
15.	Petrona Pérez Pérez	01201657-0	Paturla Centro
16.	Raimundo Ramos Luna	00581073-5	Paturla Centro
17.	Francisca Argueta	02429802-3	Paturla Centro
18.	María Eugenia Guevara Pérez	01991857-9	Paturla Centro
19.	Juan Pablo Argueta Nolasco	01324162-3	Paturla Centro
20.	Teresa De Jesús Romero Romero	01790402-9	El Tizate
21.	José Arcadio Umaña Rubio	00189809-0	El Tizate
22.	José Salvador Pérez Claros	02210604-6	El Tizate
23.	Gertrudis Ramos	00626047-0	El Tizate
24.	Juan Luciano Blanco Argueta	00045838-4	El Tizate

25. Micaela Pereira De Chicas	00853143-7	El Tizate
26. María Catalina Del Cid Romero	03187282-0	El Tizate
27. María De Jesús Maradiaga	02103050-7	El Tizate
28. Francisca Ramos	02301492-1	El Tizate
29. María Ernestina Argueta Argueta	03994586-3	El Tizate
30. Antonina Romero De Romero	01120582-5	El Tizate
31. Ana Paula Blanco Argueta	04056907-8	El Tizate
32. Santana Contreras Argueta	02122998-6	El Tizate
33. José Paulino Argueta Pereira	00097019-0	Paturla Centro
34. Remigio Castro	02043775-6	Paturla Centro
35. Juan Francisco Pérez Claros	02063872-6	Paturla Centro
36. Santiago De Jesús Argueta Chica	02179399-3	Paturla Centro
37. Virginia Romero Argueta	00979065-2	Paturla Centro
38. Rodrigo Valenzuela Blanco	03226247-6	Paturla Centro
39. Isabel Argueta Claros	01819112-4	Paturla Centro
40. María Dorila Ventura De Argueta	00995079-9	Paturla Centro
41. María Bernardina Argueta	02443237-6	Paturla Centro
42. María Juana Márquez Romero	00934927-3	Paturla Centro
43. Encarnación Argueta	02387177-1	Paturla Centro
44. María Raimunda Sáenz	00917817-7	Paturla Centro
45. Florencio Romero Argueta	02187304-4	Paturla Centro
46. Juan Francisco Hernández	03418538-7	Paturla Centro
47. Juan Antonio Argueta Amaya	03941607-6	Paturla Centro
48. José Antonio Ramos Argueta	02062718-1	Mazala
49. José Desposorio Claros Argueta	00758300-9	Mazala
50. José Porfirio Ramos Argueta	00192456-6	Mazala
51. Martina Lopez Lopez	00843322-3	Mazala
52. Teófilo Ramos Argueta	01448795-5	Mazala
53. María Angelina Claros Valenzuela	02122139-4	Mazala

54. Lucia Hernandez Tobar		Mazala
55. Teodora Garcia Ramos	02758719-6	Mazala
56. Perfecta Romero Ramos Lopez	04271099-2	Mazala
57. Juana Francisca Romero Claros	01188296-0	Mazala
58. Doroteo Garcia Hernandez	03333818-1	Mazala
59. Juana De La Cruz Perez	00808049-4	Mazala
60. María Antonina Claros Argueta	01684550-7	Mazala
61. María Isabel Garcia Ramos		San Agustin
62. María Lina Garcia Hernandez	02558504-1	San Agustin
63. Cosme Hernandez	03254299-9	San Agustin
64. Jose Guadalupe Hernandez	02564217-8	San Agustin
65. Prudencia Diaz Argueta	00678567-4	San Agustin
66. Timoteo Garcia Hernandez	00843660-3	San Agustin
67. Daniel Rodriguez Argueta	01493521-7	San Agustin
68. Miguel Lopez	01899650-8	Barrio San Antonio
69. Juan Chica Vigil	00724293-8	Barrio San Antonio
70. Jacinto Hernandez	03419489-9	Barrio San Antonio
71. Dionicia Hernandez De Pereira	01778002-7	Barrio San Antonio
72. María Romualda Chica	00455334-8	Barrio San Antonio
73. Simeon Martir Argueta Marquez	00346388-3	Barrio San Antonio
74. Rosa Ramos Ramos	01743466-8	Barrio San Antonio
75. Juan Santos Gonzalez	02004670-9	Barrio San Antonio
76. Patrocinia Argueta De Argueta	00806361-2	Barrio Buenavista
77. Marcos Romero	00209715-0	Barrio Buenavista
78. Modesto Claros Ramos	01211817-8	Barrio Buenavista
79. José Catalino Marquez Reyes		Barrio Buenavista
80. María Virgilia Argueta	04611546-1	Barrio Buenavista
81. Lorenzo Portillo		Barrio Buenavista
82. María Silvina Argueta Argueta	00875263-5	Barrio Buenavista

83. José Senon Sosa Joya		Barrio Buenavista
84. Santana Sosa Joya	02888511-5	Barrio El Porvenir
85. Francisca Ramos	00902312-8	Barrio El Porvenir
86. Maura Antonia Romero	01278385-0	Barrio El Porvenir
87. María Dolores Portillo	01844091-3	Barrio El Porvenir
88. Gertrudis Argueta Romero	00788437-4	Barrio El Porvenir
89. Creencia Pereira De Argueta	04184208-9	Barrio El Porvenir
90. Francisca Argueta De Argueta	02888905-4	Barrio El Calvario
91. Sacarías Isabel Argueta Nolasco	00317716-5	Barrio El Calvario
92. María Jesús Argueta	02284849-0	Barrio El Calvario
93. Atanacio Bonilla Ventura	01106166-1	Barrio El Calvario
94. José Gilberto Portillo		Barrio El Calvario
95. María Angelina Argueta De Chica	02882114-5	Barrio El Centro
96. Jesús Salvador Romero Romero	01681168-9	Barrio El Centro
97. José Inés Ramos Del Cid	00170215-0	Barrio El Centro
98. María De Jesús Ramos Del Cid	00992681-3	Barrio El Centro
99. Santos Genaro Alvarado	01874558-3	Barrio El Centro
100. Ramón Portillo	01345735-5	Barrio El Centro

Anexo 11 Entrevista Alcaldía Municipal
Plan de Manejo Integral para los Desechos Sólidos del Municipio de Joateca
Departamento de Morazán.



Entrevista con el Licenciado Rafael Claros, encargado de la Unidad de Acceso a la Información Pública, Alcaldía Municipal de Joateca.

1. ¿existe un manejo de los desechos sólidos en municipio?

R. si con un manejo de desechos sólidos inorgánicos, que en realidad es la recolección y transporte hacia un relleno sanitario en Santa Rosa (ASINORLOU)

2. ¿Desde cuándo existe actividad sobre el tratamiento de los desechos sólidos en el municipio?

2008 la administración del señor Vicente Márquez empezaron con este servicio, pero nosotros los ordenamos desde el 2012

3. ¿Cuántas familias son beneficiadas con este servicio?

R. 235 familias directamente, tomando en cuenta que solo se recoge la basura del casco urbano.

4. ¿Cómo se ha modificado desde sus inicios el manejo de los desechos sólidos del municipio de Joateca?

R. Antes pasaban con el camión recogiendo la basura a veces si a veces no, desde el 2012 el sistema se formalizo de manera que la población tiene la seguridad que el tren de aseo hará su recorrido, los días martes sin importar que haya algún tipo de festividad, porque la basura siempre se produce.

5. ¿recursos y materiales con los que cuenta el servicio?

R. tenemos un camión de usos múltiples que es utilizado el día martes exclusivamente para la recolección de basura, contamos con un personal de barrido de calles que utilizan carretillas de mano, escobas y equipo de seguridad como guantes y chalecos.

6. Joateca cuenta con una campaña para la concientización sobre la separación de los desechos sólidos

R. Hasta el momento todavía no se cuenta con una campaña de ese estilo.

7. ¿Qué instituciones están involucradas en el tratamiento actual?

R. Alcaldía, unidad de salud, Complejo Educativo, ASINORLOU

8. Como se tratan los desechos orgánicos

R. En estos momentos no se recogen desechos orgánicos porque el relleno sanitario no los recibe.

9. ¿Hay un programa de reciclaje?

R. No, todos los desechos van para el relleno sanitario.

Anexo 12 Zona Turística

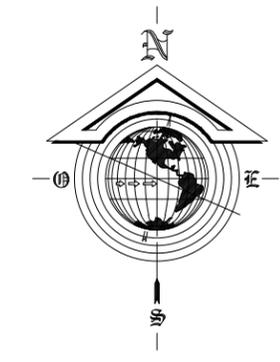
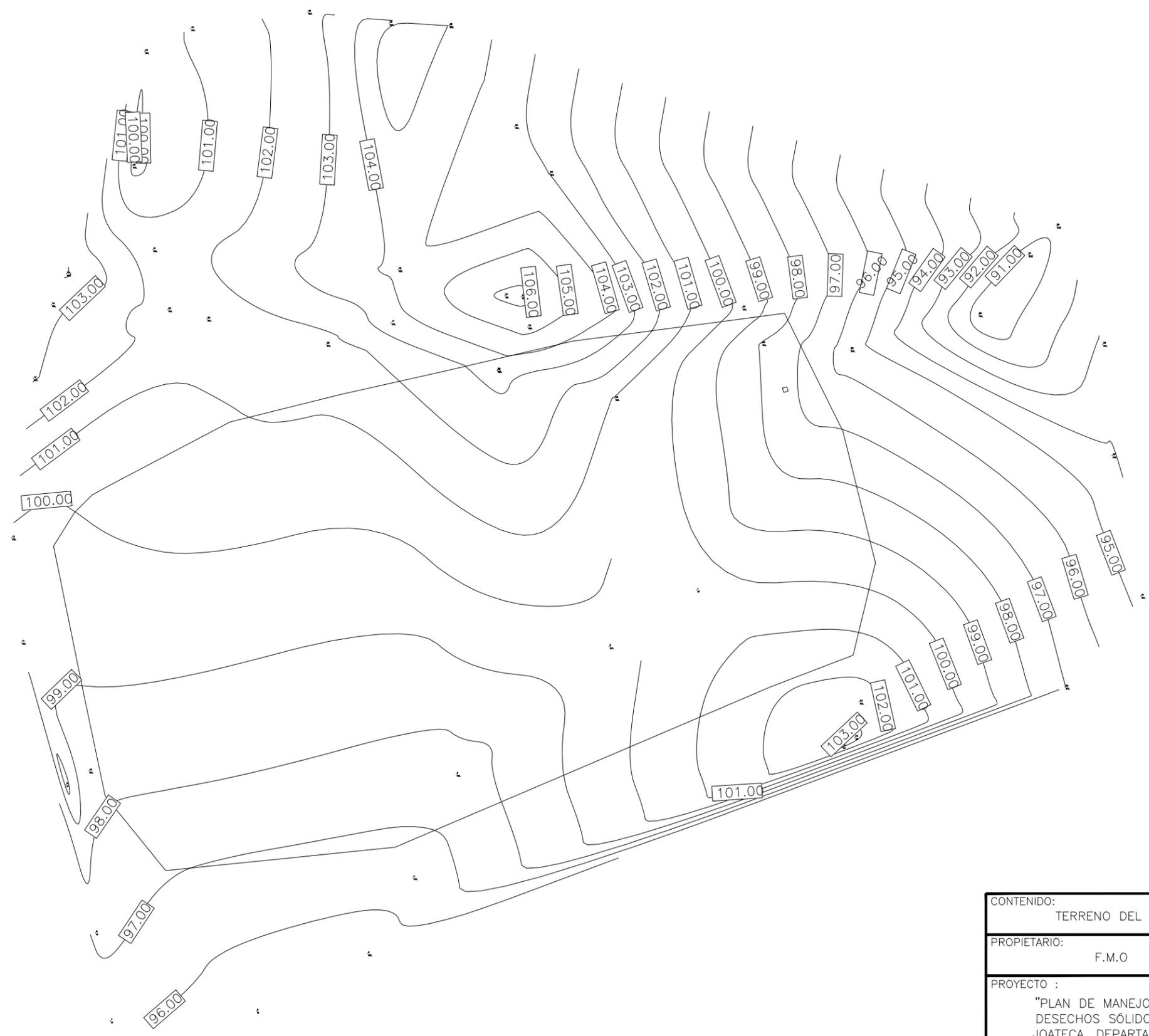


Anexo 13 Recursos Naturales



Anexo 14 Caserío Mazala

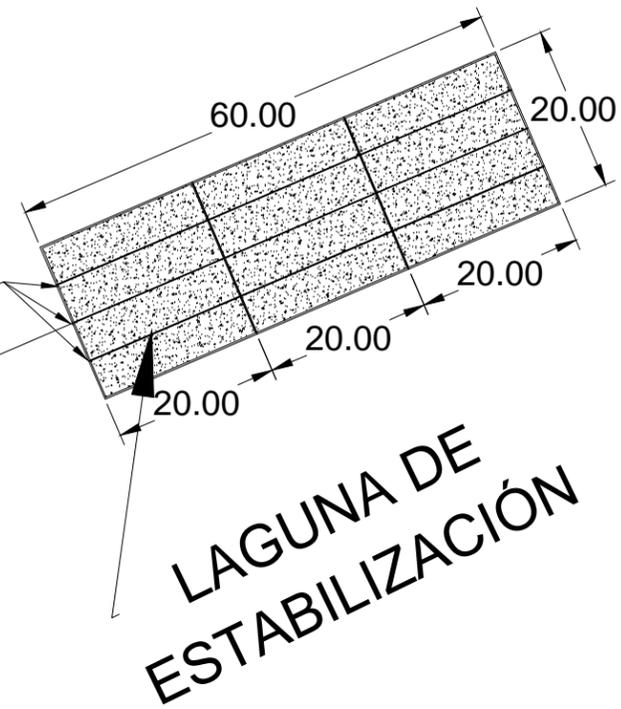
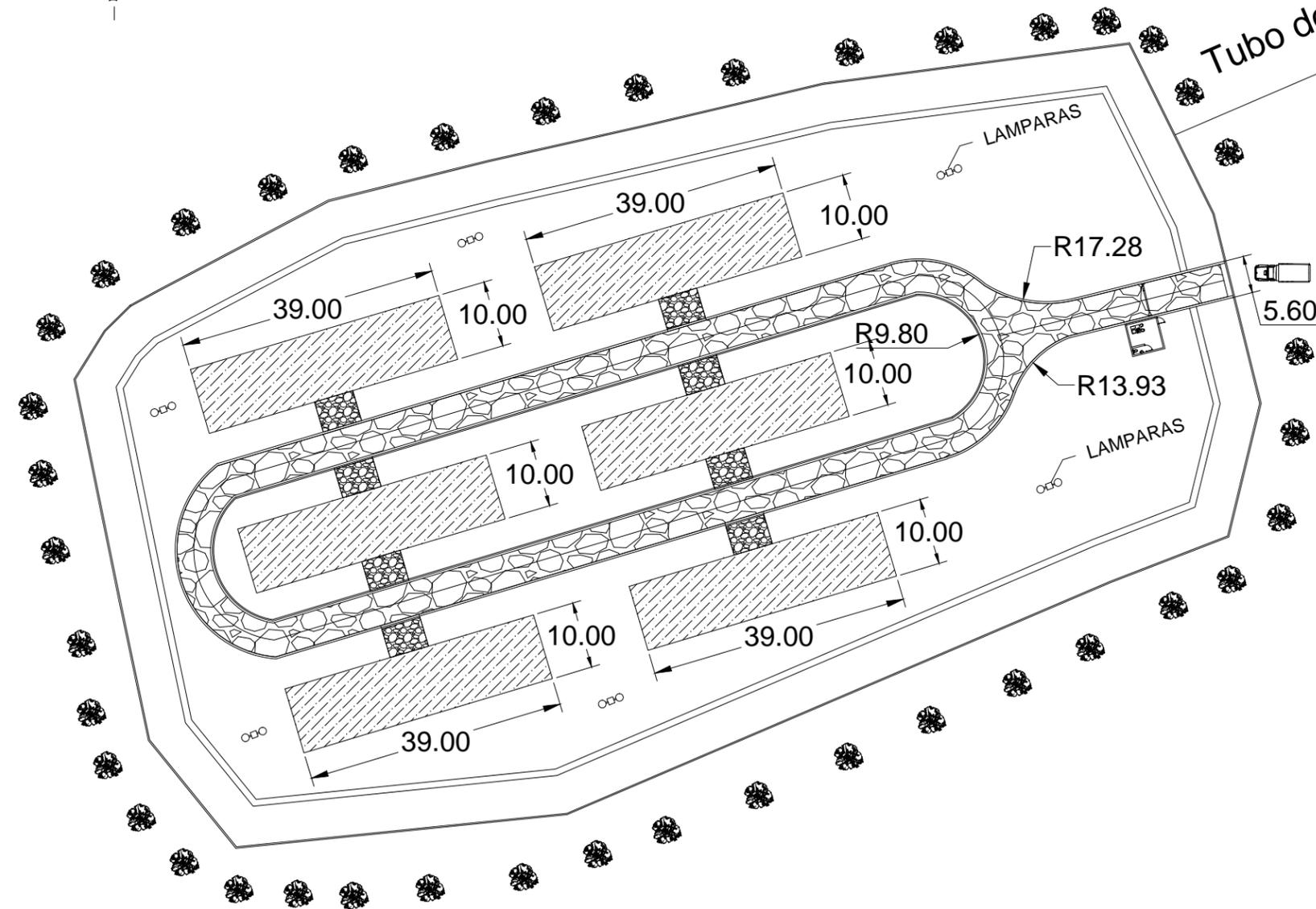
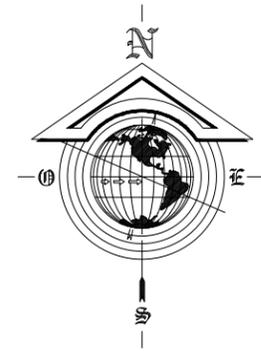




PLANO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TERRENO PARA EL RELLENO SANITARIO.

ESC:1:900

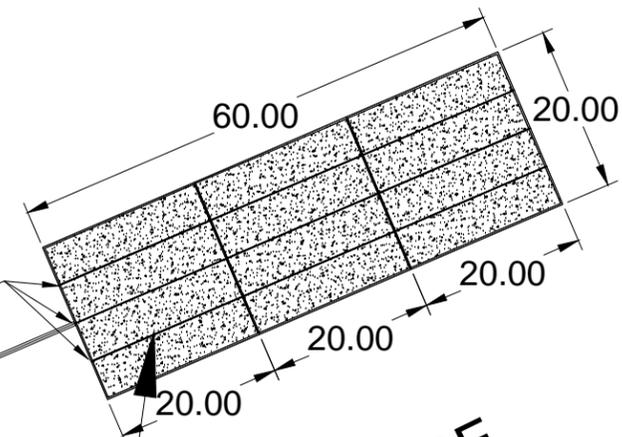
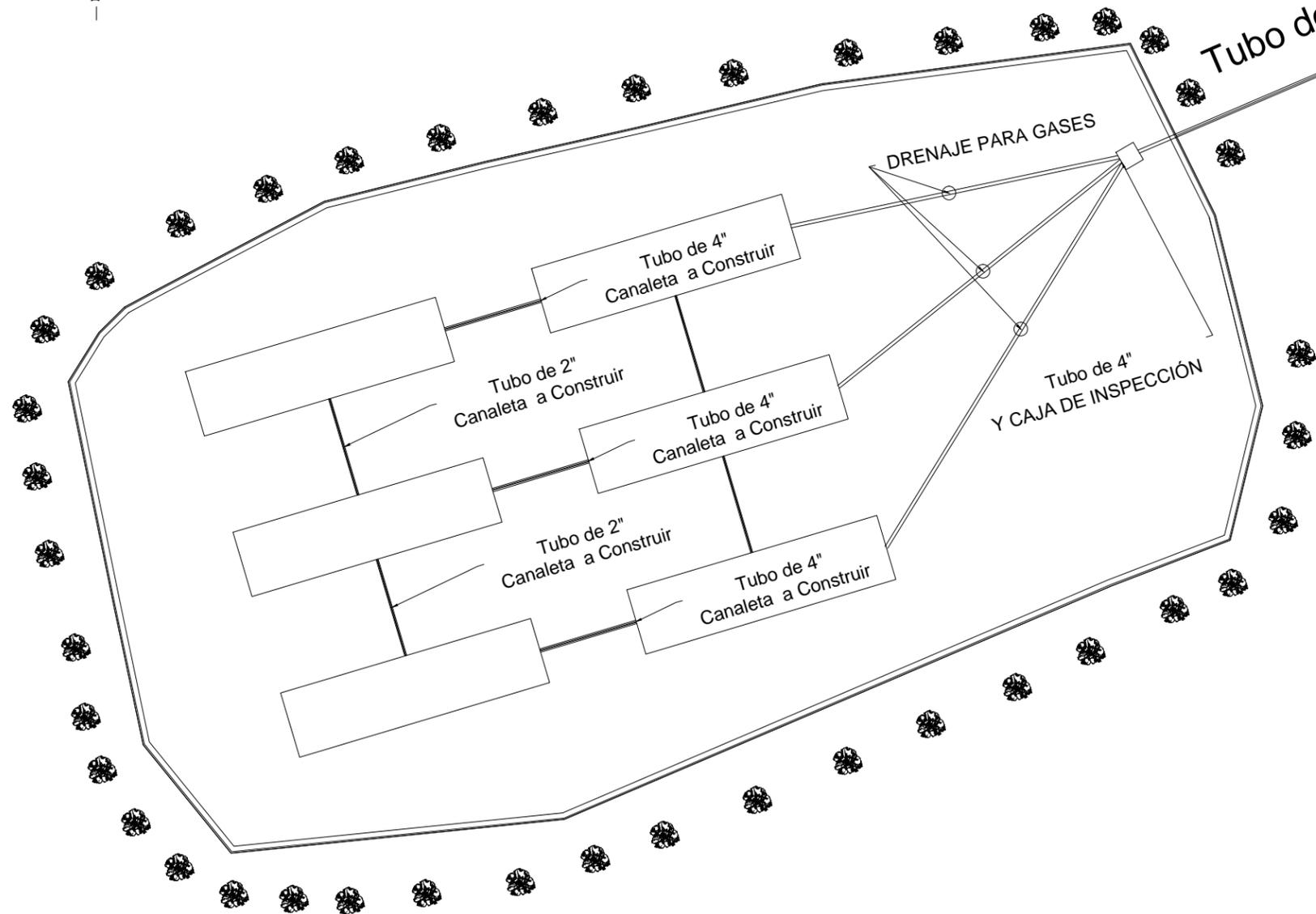
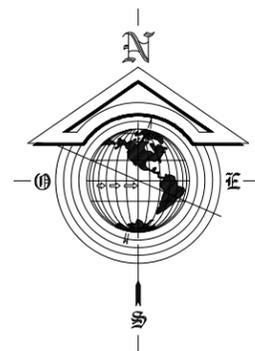
CONTENIDO: TERRENO DEL RELLENO SANITARIO.		UBICACION: MUNICIPIO DE JOATECA, DEPARTAMENTO DE MORAZÁN	
PROPIETARIO: F.M.O		DIBUJO: EDWIN BONILLA CARLOS ANTONIO	
PROYECTO : "PLAN DE MANEJO INTEGRAL PARA LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE JOATECA, DEPARTAMENTO DE MORAZÁN".		AREA: 7,000 M2	FECHA: JUNIO DE 2018
		ESCALA: 1:900	No DE HOJA: 1/5



**PLANO DE DISEÑO DEL
RELLENO SANITARIO.**

ESC:1:800

CONTENIDO: DISEÑO DE RELLENO SANITARIO	UBICACION: MUNICIPIO DE JOATECA, DEPARTAMENTO DE MORAZÁN	
PROPIETARIO: F.M.O		
PROYECTO : "PLAN DE MANEJO INTEGRAL PARA LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE JOATECA, DEPARTAMENTO DE MORAZÁN".	DIBUJO: EDWIN BONILLA CARLOS ANTONIO	No DE HOJA: 2/5
	AREA: 7,000 M2	ESCALA: 1:800
	FECHA: JUNIO DE 2018	

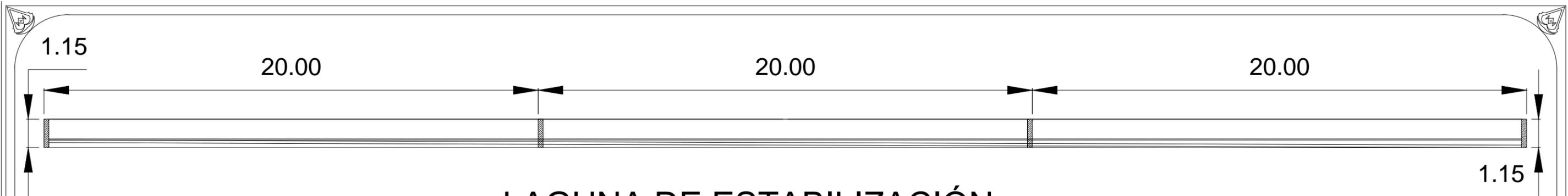


LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN

PLANO DE SISTEMA DE TUBERÍA PARA LIXIVIADOS.

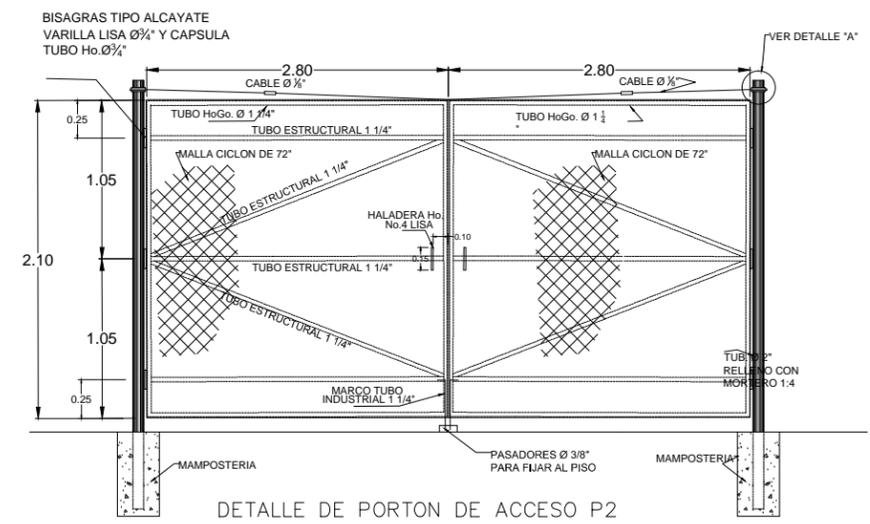
ESC:1:800

CONTENIDO: PLANO DE SISTEMA DE TUBERÍAS.	UBICACION: MUNICIPIO DE JOATECA, DEPARTAMENTO DE MORAZÁN	
PROPIETARIO: F.M.O		
PROYECTO : "PLAN DE MANEJO INTEGRAL PARA LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE JOATECA, DEPARTAMENTO DE MORAZÁN".	DIBUJO: EDWIN BONILLA CARLOS ANTONIO	No DE HOJA: 3/5
AREA: 7,000 M2	ESCALA: 1:300	FECHA: JUNIO DE 2018

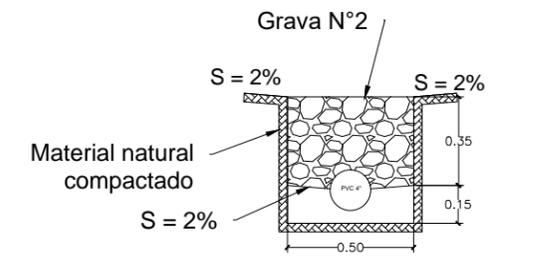
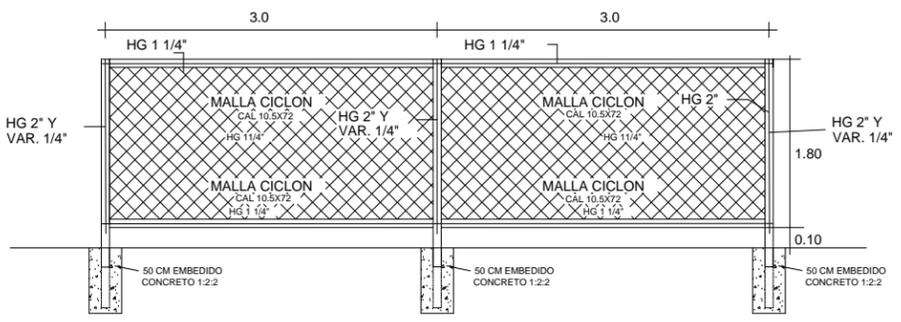
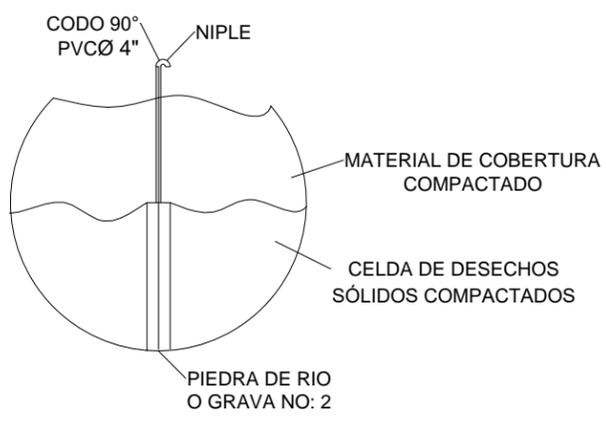


LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN SIN ESC:

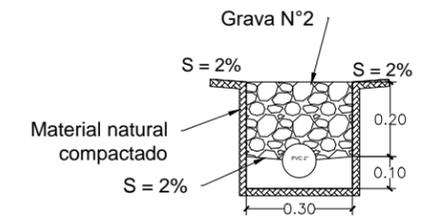
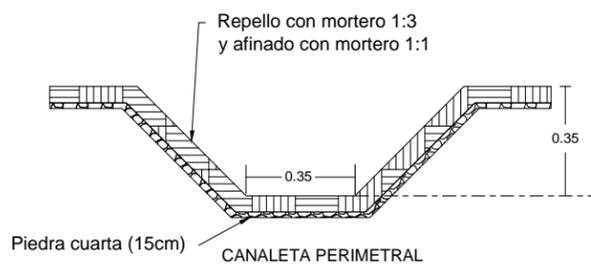
PLANO DE DETALLES. SIN ESCALA:



DRENAJE PARA GASES



DRENAJE PARA LÍQUIDOS LIXIVIADOS PRIMARIO



DRENAJE PARA LÍQUIDOS LIXIVIADOS SECUNDARIO

CONTENIDO: PLANO DE DETALLES.	UBICACION: MUNICIPIO DE JOATECA, DEPARTAMENTO DE MORAZÁN
PROPIETARIO: F.M.O	DIBUJO: EDWIN BONILLA CARLOS ANTONIO
PROYECTO : "PLAN DE MANEJO INTEGRAL PARA LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE JOATECA, DEPARTAMENTO DE MORAZÁN".	FECHA: JUNIO DE 2018



CROQUIS DE LA ZONA DEL PROYECTO SIN ESCALA.

CONTENIDO: CROQUIS DE LA ZONA DEL PROYECTO		UBICACION: MUNICIPIO DE JOATECA, DEPARTAMENTO DE MORAZÁN	
PROPIETARIO: F.M.O		DIBUJO: EDWIN BONILLA CARLOS ANTONIO	
PROYECTO : "PLAN DE MANEJO INTEGRAL PARA LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE JOATECA, DEPARTAMENTO DE MORAZÁN".			
		No DE HOJA: 5/5	
		FECHA: JUNIO DE 2018	

