



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

“DISEÑO DE RELLENO SANITARIO PARA LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL MUNICIPIO DE OCOTAL, DEPARTAMENTO DE NUEVA SEGOVIA”.

Monografía presentada por:

Br. Samuel Alejandro García Alonzo

Br. Omar Antonio Hooker López

Para optar al título de:

INGENIERO CIVIL

TUTOR

M.Sc. Ing. Mario Castellón Zelaya

Managua, 20 de Junio 2017

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mis padres Norma Lígia Alonzo López y Samuel García Luna, a mi gran amigo y tutor German Antonio Áreas y M. Sc. Ing. Mario Castellón, quienes durante todo este proceso de preparación profesional, hicieron propio este sueño dándome el aliciente necesario para poder llegar a la meta.

Br. Samuel Alejandro García Alonzo

AGRADECIMIENTO

Vienen a mí mente muchas personas a quienes deseo agradecer la culminación de este trabajo que con mucho esfuerzo hemos logrado.

Primeramente quiero agradecer a DIOS, que es quien permite que las oportunidades lleguen a nuestras vidas; quien nos dio la sabiduría y perseverancia para creer en que era posible, aun cuando el panorama se encontraba gris.

A mis PADRES, por su apoyo emocional y económico a lo largo de éste proceso.

Al Ing. MARIO CASTELLÓN, quien en calidad de tutor, nos guió de manera eficiente y con una entereza admirable.

A Germán Antonio Áreas Gutiérrez por haber confiado y apoyado en el transcurso de la elaboración de dicha monografía.

Br. Samuel Alejandro García Alonzo

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mis padres Xiomara del Socorro López Linarte y Ceferino Hooker Vargas y a mi tutor M. Sc. Ing. Mario Castellón, quienes durante todo este proceso de preparación profesional hicieron propio éste sueño dándome el aliciente necesario para poder llegar a la meta.

Br. Omar Antonio Hooker López

AGRADECIMIENTO

Primeramente quiero agradecer a DIOS, que es quien permite que las oportunidades lleguen a nuestras vidas; quien nos dio la sabiduría y perseverancia para creer en que era posible, aun cuando el panorama se encontraba gris.

A mis PADRES, por su apoyo emocional y económico a lo largo de éste proceso y a mi hermana María Gabriela Ruiz López y su esposo Lenin Alexander Padilla García.

Al Ing. MARIO CASTELLÓN, quien en calidad de tutor, nos guió de manera eficiente y con una entereza admirable.

Br. Omar Antonio Hooker López

RESUMEN

El actual manejo de los residuos sólidos urbanos del Municipio de Ocotlán se realiza de forma deficiente principalmente por la carencia de los recursos financieros, la falta de personal capacitado para la prestación del servicio y la falta de conciencia ambiental de la población, por lo cual la Alcaldía precisa de instrumentos para que contribuyan al mejoramiento de la gestión de residuos sólidos. Con este objetivo se realizó una propuesta de mejora para el diseño de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos.

Se realizó una encuesta con el fin de evaluar el grado del servicio de recolección de residuos sólidos. De igual manera requerimos la colaboración de los mismos para la recolección de las muestras.

Se encontró que existe una buena aceptación del servicio de recolección brindado por los operarios, además de la disposición de colaborar de forma participativa a mejorar el problema de los desechos sólidos.

Entre los principales resultados se encuentran: la producción per cápita domiciliar 0.53 kg/hab/día, una producción total de residuos sólidos municipales 24,050.34 kg/día, se dispuso una área 11.55 mzs, el cual contiene las especificaciones ambientales, geotécnicas y topográficas de construcción del relleno en las que se definen las dimensiones de las celdas y la recomendación del uso del metano.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Generalidades.....	16
1.2 Antecedentes.....	17
1.3 Justificación.....	19
II. OBJETIVOS.....	20
2.1 Objetivo general.....	20
2.2 Objetivos específicos.....	20
III. MARCO TEORICO.....	21
3.1 Residuos sólidos.....	21
3.1.1 Definición y origen.....	21
3.1.2 Clasificación de residuos sólidos.....	21
3.1.3 Generación de residuos sólidos.....	23
3.1.4 Densidad de los residuos solidos.....	24
3.1.5 Propiedades y/o características.....	25
3.1.5.1 Propiedades físicas.....	25
3.1.5.2 Propiedades químicas.....	26
3.1.6 Composición de los residuos sólidos.....	27
3.1.7 Componentes de los residuos sólidos.....	28
3.1.8 Manejo de los residuos sólidos.....	29
3.1.9 Macro - micro ruteo.....	31
3.1.10 Factores que influyen en un sistema de recolección.....	31
3.1.11 Frecuencia de recolección.....	32
3.1.12 Rutas de recolección.....	32
3.1.13 Barrido y limpieza de vías y áreas públicas.....	33
3.1.14 Recuperación.....	33
3.1.15 Disposición final.....	33
3.1.16 Efectos de la inadecuada gestión de los desechos sólido.....	34
3.1.17 Relleno sanitario.....	35
3.1.17.1 Tipo de relleno sanitario seleccionado.....	35
3.1.18 Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario.....	43
3.1.19 Criterios a considerar en la selección del sitio potencial para un relleno sanitario.....	44

3.1.20	Reacciones que ocurren en el relleno sanitario	45
IV.	CARACTERIZACION DEL MUNICIPIO DE OCOTAL.....	47
4.1	Localización.....	47
4.1.1	Población	48
4.1.2	Vivienda	48
4.1.3	Educación.....	48
4.1.4	Salud	48
	Fuente: (Caracterización del municipio de Ocotál, 2012).....	49
4.1.5	Recreación	49
4.1.6	Servicios básicos	50
4.1.7	Servicios municipales.....	51
4.1.8	Red vial	52
4.1.9	Clima y precipitación	53
4.1.10	Geomorfología.....	54
4.1.11	Tipo y uso de suelos.....	54
4.1.12	Biodiversidad	55
4.2	Diagnóstico de la situación actual	56
4.2.1	Estructura orgánica del municipio.....	56
4.2.2	Dirección de servicios municipales.....	57
4.2.3	Descripción del servicio actual	58
4.2.3.1	Equipos disponibles	58
4.2.3.2	Ruteo	59
4.2.3.3	Producción y cobertura	60
4.2.3.4	Situación del vertedero municipal.....	60
4.2.3.5	Afectaciones ambientales	62
4.2.3.6	Evaluación ambiental del actual sitio de disposición	65
4.2.3.7	Recaudaciones por el servicio	68
4.2.3.8	Aspectos normativos del servicio	70
4.2.3.9	Participación ciudadana	72
4.2.3.9.1	Percepción ciudadana de la calidad del servicio	73
4.2.3.9.2	Principales fortalezas y limitaciones del servicio	75
V.	DISEÑO METODOLOGICO.....	77
5.1	Estudio de población	77

5.1.1	Tasa de crecimiento.....	77
5.1.2	Proyección de población	77
5.1.3	Caracterización de los RSU	78
5.1.3.1	Muestra	78
5.1.3.2	Clasificación física	79
5.1.3.3	Producción per cápita.....	81
5.1.3.4	Densidad suelta	81
5.1.3.5	Almacenamiento	82
5.1.3.6	Recolección.....	82
5.1.3.7	Macro ruteo.....	82
5.1.3.8	Micro ruteo.....	83
5.1.3.9	Tratamiento y disposición final	84
5.1.3.10	Ventajas de un relleno sanitario.....	86
5.1.3.11	Desventajas de un relleno sanitario	87
5.1.3.12	Tipo de Relleno Sanitario seleccionado.....	88
5.1.3.13	Relleno Sanitario Semi mecanizado	88
5.1.3.14	Método constructivo del Relleno Sanitario.....	89
5.1.3.15	Elementos principales de un Relleno Sanitario	90
5.1.3.16	Localización del sitio del Relleno Sanitario.....	97
5.1.3.17	Estudio hidrogeológico	98
5.1.3.18	Estudio geológico.....	98
5.1.3.19	Estudio de suelos	98
VI.	CALCULOS Y RESULTADOS	99
6.1	Proyección de población	99
6.1.1	Tasa de crecimiento.....	99
6.1.2	Población de diseño.....	99
6.2	Caracterización de los RSU.....	99
6.2.1	Muestra	99
6.2.2	Clasificación física	100
6.2.3	Producción per cápita.....	102
6.2.4	Densidad	104
6.3	Almacenamiento	105
6.4	Recolección	105

6.4.1	Macro ruteo.....	105
6.4.2	Micro ruteo.....	106
6.5	Disposición final	109
6.5.1	Evaluación del sitio de emplazamiento del Relleno Sanitario.....	112
6.5.2	Estudio hidrogeológico	112
6.5.3	Estudio geológico.....	114
6.5.4	Elementos del relleno sanitario.....	116
VII. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES		127
7.1	Conclusiones.....	127
7.2	Recomendaciones.....	128
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....		129
IX. ANEXOS		130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Valores típicos de la producción per cápita en Latinoamérica.....	23
Tabla No. 2 Producción de residuos sólidos en estudios de tesista UNI.....	24
Tabla No.3 Densidad de los residuos sólidos domésticos en sus diferentes etapas.....	24
Tabla No. 4 Composición física típica de los residuos sólidos.....	29
Tabla No 5 Enfermedades relacionadas con residuos sólidos por vectores.....	34
Tabla No. 6 Coeficiente de Escorrentía según disposiciones del suelo.....	39
Tabla No. 7 Ventajas y desventajas de un relleno sanitario.....	43
Tabla No.8 Centro de salud del municipio de Ocotlán.....	49
Tabla No. 9 Longitud y Estados de las Vías.....	53
Tabla No.10 RR.HH de la Dirección de Servicios Municipales.....	57
Tabla No.11 Descripción del equipo disponible.....	58
Tabla No.12 Barrios atendidos según ruta.....	59
Tabla No. 13 Evaluación del sitio NTON 04 014-01.....	66
Tabla No.14 Evaluación Socio-ambiental del sitio del vertedero actual.....	67
Tabla No.15 Ingresos anuales y mensuales por la recolección de basura.....	69

Tabla No.16 Control de cobro mes de Octubre 2016.....	69
Tabla No. 17 Coeficiente de escorrentía según disposición del suelo.....	92
Tabla No.18 Cálculos de cámaras de fosa séptica.....	96
Tabla No.19 Distribución muestral por barrios.....	100
Tabla No.20 Clasificación Física.....	101
Tabla No. 21 Registro de residuos sólidos depositados en el vertedero municipal.....	103
Tabla No.22 Tiempo de ciclo estimado.....	106
Tabla No. 23 N° de camiones para diferentes frecuencias de recolección.....	108
Tabla No. 24 Criterios para dimensionamiento de relleno sanitario.....	109
Tabla No.25 Calculo de agua requerida del relleno sanitario (100% de residuos sólidos depositados).....	110
Tabla No.26 Calculo de agua requerida del relleno sanitario (90% de residuos sólidos depositados).....	111
Tabla No.27 Dimensionamiento de trincheras.....	116
Tabla No.28 Tiempo de maquina requerida.....	117
Tabla No.29 Numero de trincheras y vida útil de residuos sólidos.....	117
Tabla No 30 Dimensiones de celda diaria.....	118

Tabla No.31 Caudales pluviales.....	119
Tabla No.32 Dimensiones de caudales pluviales.....	119
Tabla No.33 Balance hídrico para determinar película de percolación.....	120
Tabla No.34 Caudal de lixiviado anual.....	122
Tabla No.35 Niveles y profundidades de cajas de registro.....	123
Tabla No.36 Dimensión de Fosa Séptica y FAFA.....	125

INDICE DE FOTOS

Fotografía No.1 Camión Recolector propiedad de la Alcaldía.....	58
Fotografía No.2 Panorámica del Vertedero municipal de Ocotál.....	60
Fotografía No.3 Entrada de vertedero municipal (Ausencia de Control).....	62
Fotografía No.4 Vehículos particulares depositando residuos sólidos en el vertedero...62	
Fotografía No.5 Presencia de animales en el vertedero.....	63
Fotografía No.6 Arrastre de residuos por escorrentía.....	63
Fotografía No.7 Recolectores de material reciclable.....	64
Fotografía No.8 Depósitos de basuras clandestinas.....	65

INDICE DE FIGURAS

Figura No.1 Combinación de métodos de área y trincheras para construcción de un relleno sanitario.....	36
Figura No.2 Posición de los tubos de drenaje de lixiviados.....	40
Figura No.3 Micro localización Municipio de Ocotal.....	46
Figura No.4 Organigrama de la Dirección de Servicios Municipales.....	56
Figura No.5 Combinación de métodos de área y trincheras para construcción de un relleno sanitario.....	88
Figura No.6 Posición de los tubos de drenajes de lixiviados.....	92
Figura No.7 Acuífero aluvial Valle de Ocotal.....	112
Figura No 8 Mapa Hidrogeológico del Acuífero Valle de Ocotal.....	113
Figura 9 Mapa Geológico de Nicaragua.....	114

ANEXOS

- ANEXO 1. Organigrama Alcaldía Municipal de Ocotlán
- ANEXO 2. Producción per Cápita Final
- ANEXO 3. Valores de Coeficiente de escurrentía "C" para la ciudad de Ocotlán
- ANEXO 4. Radiación solar en el hemisferio Norte en unidades de 12 hrs.
- ANEXO 5. Retención Humedad según evo transpiración potencial
- ANEXO 6. Retención De humedad según evo traspiración potencial
- ANEXO 7. Evo transpiración diaria no ajustada para diferentes temperaturas
- ANEXO 8. Coeficientes de escurrentía según tipo de suelo y pendiente
- ANEXO 9. Valor de factor de Rugosidad n, para la formula de Manning
- ANEXO 10. Calidad de lixiviado
- ANEXO 11. Manual de Operación y Mantenimiento de Relleno Sanitario
- ANEXO 12. Modelo de Encuesta sobre percepción ciudadana
- ANEXO 13. Resultados de encuestas sobre percepción ciudadana del servicio de RS.
- ANEXO 14. Tablas de precipitación
- ANEXO 15. Planos

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Los residuos sólidos existen desde el principio de la humanidad, la humanidad ejerce una gran influencia sobre el equilibrio ecológico a nivel mundial. De las actividades propias de los individuos y como colectivo o comunidad. Se produce un elemento que es tan antiguo como la misma historia: la basura.

El manejo de los residuos sólidos tiene un impacto negativo en la salud de la población, en los ecosistemas y en la calidad de vida. Los impactos directos sobre la salud afectan principalmente a los recolectores y segregados formales e informales. Estos impactos se agravan cuando no se separan en el punto de origen y se mezclan con los desechos municipales una práctica común en los países de la región. Algunos impactos directos se deben a que los residuos en sí y la contaminación de los residuos hídricos, del aire, del suelo, de los ecosistemas diversos de Nicaragua y deterioro del paisaje.

El presente estudio sobre la “Diseño de Relleno Sanitario para la Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos en el municipio de Ocotol, departamento de Nueva Segovia” se enmarcará dentro del convenio de cooperación suscrito entre el Gobierno Municipal de Ocotol y el Programa para el Desarrollo Local (PRODEL).

En Nicaragua al igual que en el resto de América Latina y el Caribe la producción y el manejo de los residuos sólidos municipales (RSM) son complejos y han evolucionado paralelamente a la urbanización, al crecimiento económico y a la industrialización.

Hasta hace pocos años la gestión de los Residuos Sólidos en Nicaragua no era una prioridad en las políticas públicas estatales y municipales. Es a partir de la década de los 90’s que la gestión de los RSM toma relevancia al ser incorporada en la Estrategia Nacional de Desarrollo Sostenible 1996 – 2001 y hasta en el 2004 es que se aprueba la Política Nacional sobre Gestión Integral de Residuos Sólidos 2004 - 2023.

Sin embargo, en los últimos años el nuevo Gobierno de Unidad y Reconciliación Nacional (GURN) ha asumido como un reto importante y necesario el trabajo por recuperar el medio ambiente a través del manejo adecuado de los residuos sólidos con la aprobación la **Ley Especial de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Peligrosos y No Peligrosos**.

Con ello, establece que los recicladores de base tendrán prioridad para conformar rutas de recolección con separación desde el origen, además de declarar que serán beneficiarios de los programas de reinserción socio-cultural municipal, con lo que se transformará el tratamiento de los residuos sólidos con el fin de obtener beneficios ambientales, económicos y sociales para los nicaragüenses.

1.2 Antecedentes

Los antecedentes de los actuales rellenos sanitarios se remontan, por lo menos a los tiempos bíblicos. En las excavaciones de Kouloure en Chosos, antigua capital de Creta, se encontraron trazas de mezcla de basura o fango, así como residuos que habían sido enterrados. Alrededor de 1910 en Estados Unidos se sabe que la basura se usó como rellenos de hondonadas.

La producción y acumulación de residuos sólidos se convirtió en un producto de la vida cotidiana trayendo en muchas ocasiones consecuencias graves para la humanidad. La práctica de depositar residuos sólidos en las calles sin pavimentar, terrenos desocupados y lugares no acondicionados para tales fines, llevo a la aparición de vectores de transmisión de enfermedades y gérmenes.

Hasta el año 2015 el manejo de residuos sólidos de la ciudad de Ocotal es ineficiente ya que de los cerca de 70 metros cúbicos de desechos sólidos producidos por los casi 42,000 habitantes de la ciudad, que viven en más de 8,000 casas, sumada a la

población flotante que entra de visita, solamente 54 m³ son evacuados por el servicio de recolección de la municipalidad.

Los 16 metros cúbicos restantes quedan arrinconados en predios baldíos, en basureros ilegales, en cauces, en alcantarillas y en hondonadas, pero al final, las escorrentías pluviales se encargan de arrastrar toda esa basura hasta los ríos cercanos, principalmente al río Coco.

Los residuos que son recolectados se depositan en vertedero de cielo abierto creando impactos ambientales y sanitarios por su excesiva acumulación y falta de tratamiento de los mismos.

1.3 Justificación

El sector urbano del municipio de Ocotál presenta una notable actividad comercial y pecuaria. Estos procesos de desarrollo traen consigo aumento gradual en la cantidad de residuos sólidos generados, cuyos manejos repercute principalmente en la estética del sector urbano, la salud pública y las condiciones medio ambientales y sanitarias de la localidad.

Actualmente el manejo de residuos sólidos del municipio de Ocotál es ineficiente ya que no tiene capacidad para la recolección de todos los desechos y esto ocasiona la acumulación de basura, el cual es uno de los principales problemas que afronta el municipio ya que tiene un efecto directo a la salud de la población y al medio ambiente, disminuyendo la calidad de vida.

El desarrollo del presente trabajo de monografía pretende ser una herramienta fundamental en la toma de decisiones de la municipalidad de Ocotál, con el fin de gozar de un buen uso del servicio de recolección adecuado, además de un manejo de los residuos sólidos que garantice un ambiente sano y agradable que a su vez le permita un desarrollo integral. Los impactos ambientales son significativos de igual manera por el mal manejo de relleno sanitario.

Actualmente el vertedero municipal se maneja sin ningún control técnico o un manual que guie su operación, ya que esto trae como consecuencia un ambiente insalubre. También cabe mencionar la afectación que esta situación provoca en cuanto a la imagen negativa que proyecta la ciudad.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Realizar el diseño del relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Ocotál, departamento de Nueva Segovia.

2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar los residuos sólidos domiciliarios, generados en el casco urbano de Ocotál a fin de estimar los tipos y volúmenes de producción de los mismos.
2. Proponer alternativas de recolección y transporte de los residuos sólidos considerando el desarrollo urbanístico de la ciudad de Ocotál.
3. Realizar estudio topográfico y de suelos para la evaluación del sitio de disposición final de los residuos sólidos urbanos según NTON.
4. Elaborar estudio Hidrológico e Hidráulico para la determinación de la escorrentía superficial.
5. Diseñar el sistema de tratamiento de lixiviado de acuerdo a las Normas de Calidad de Vertidos (Decreto 33-95).
6. Elaborar manual de actividades para la adecuada operación y mantenimiento del relleno sanitario.

III. MARCO TEORICO

3.1 Residuos sólidos

3.1.1 Definición y origen

Se puede catalogar como residuo sólido todo tipo de material o sustancia de las que su poseedor ha decidido desprenderse debido a falta de utilidad o valor económico. Son materiales excedentes, que provienen de las acciones cotidianas del hogar o de la transformación de las materias primas en bienes de consumo. Estos residuos son normalmente descargados al sitio en forma sólida porque no se necesitan o porque no se desean.

El término residuo sólido involucra toda una masa de naturaleza diferente de compuestos urbanos y una masa más homogénea de compuestos agrícolas e industriales.

3.1.2 Clasificación de residuos sólidos

La clasificación de los residuos sólidos depende de distintos criterios, aplicados de acuerdo con los objetivos planteados para la realización. Entre los parámetros comúnmente utilizados para clasificar se encuentra: Origen o Actividad emisora, toxicidad y peligrosidad, tamaño, naturaleza química de los materiales emisores, parámetros físico-químicos en general.

De acuerdo con la naturaleza química de los residuos podemos encontrar dos clases de materiales:

a.- Residuos inorgánicos

Incluye todo aquello de origen mineral y sustancia sintetizada por los seres humanos. Entre estos se encuentran: materiales plásticos y vidrios. Por lo general este tipo de material no es biodegradable, aunque existen algunos que sufren un proceso de descomposición, muy lento en comparación con los residuos orgánicos. Entre las principales fuentes de residuos inorgánicos están:

- Industria metalúrgica
- Industria química
- Comercio
- Industria Vidriería

b.- Residuos orgánicos

Comprende todos aquellos desechos de origen animal y vegetal que sufren alguna explotación por los seres humanos. Generalmente los componen desechos domiciliarios procedentes de la preparación de alimentos o productos de la actividad animal de las labores agrícolas, las cuales sufren un proceso de degradación rápido.

Como los principales generadores de residuos orgánicos se encuentran:

- Actividad agropecuaria
- Actividad agroindustrial
- Industria láctea
- Industria frigorífica
- Industria aceitera y granos oleaginosos
- Industria de la pesca
- Industria forestal
- Residuos sólidos urbanos:
 - Residuos domiciliarios
 - Residuos de limpieza, barrido y mantenimiento

3.1.3 Generación de residuos sólidos

Se entiende por generación a la cantidad de residuos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo determinado, este abarca las actividades en las que los materiales son identificados como sin ningún valor adicional o bien son tirados y recogidos para la evacuación.

La generación de residuos es de momento una actividad poco controlable, sin embargo, es dentro de los centros urbanos donde se generan las mayores cantidades de residuos sólidos.

La generación de residuos sólidos varía mucho con el tiempo, de país a país y de ciudad a ciudad y según la cantidad de habitantes es muy influenciada por las costumbres o hábitos y según el estado socioeconómico e ingreso de la sociedad.

Tabla N°01. Valores típicos de la producción per cápita en Latinoamérica.

Tamaño de la ciudad (Miles de Habitantes)	ppc Kg/hab/día	ppv kg/vivienda/día
>1000	0.80	4.00
<1000 Y > 500	0.70	3.60
<500 Y > 100	0.50	2.60
<50	0.30	1.60

Fuente: Héctor Collazos Peñalosa (Abril, 2001)

En la tabla 2 se muestran los datos de generación de los residuos sólidos per cápita por día para distintas municipalidades de Nicaragua.

Tabla N°02. Producción de residuos sólidos en estudios de tesistas UNI

Municipio	Departamento	Población	Generación per
			cápita kg/hab/día
Jinotepe	Carazo	38,000	0.530
Santa Teresa	Carazo	16,636	0.435
Masaya	Masaya	80,000	0.530
Chinandega	Chinandega	53,082	0.550

Fuente: UNI (1996 – 2003).

La producción de residuos sólidos se puede expresar en función de:

- Producción total de desechos sólidos (país, ciudad),
- Producción per cápita

3.1.4 Densidad de los residuos solidos

Densidad es la relación entre el peso y el volumen ocupado. La densidad de los residuos sólidos varía según la localización geográfica, la estación del año y el tiempo de almacenamiento.

Tabla N°03. Densidad de los residuos sólidos domésticos en sus diferentes etapas.

Etapas	Densidad Ton/m ³
Almacenamiento dentro de la residencia	0.35
Cuando se entrega la empresa recolectora	0.40
Dentro del vehículo compactador	0.60
Dentro del vehículo sin compactador	0.40
Al descargar en el botadero de los residuos	0.40
En el botadero de los residuos después de dos meses	0.70

Etapas	Densidad Ton/m ³
En el botadero de los residuos después de un año	1.00

Fuente: Héctor Collazos Peñalosa (Abril, 2001)

3.1.5 Propiedades y/o características

3.1.5.1 Propiedades físicas

- **Contenido de humedad:** Es la diferencia entre el peso húmedo y seco expresado en porcentaje y este varía según la composición de los residuos sólidos, según la estación del año y las condiciones de humedad y meteorológicas particular mente de la lluvia.
- **Tamaño de la partícula y distribución del tamaño:** El tamaño y la distribución de los componentes de los materiales en los residuos sólidos son una consideración importante dentro de la recuperación de materiales especialmente con medios mecánicos, como cribas, tromel y separadores magnéticos.
- **Capacidad de campo:** es la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuos sometida a la acción de la gravedad. La capacidad de campo de los residuos es de importancia crítica para determinar la formación de los Lixiviados en los rellenos sanitarios ya que un exceso de agua sobre la capacidad de campo se imitara en forma de Lixiviados.
- **Porosidad de los desechos compactados:** es una propiedad física importante que en gran parte gobierna el movimiento de los líquidos y gases dentro de un relleno sanitario.

3.1.5.2 Propiedades químicas

La información sobre la composición química de los componentes que conforman los residuos sólidos domésticos es importante para evaluar las opciones de procesamiento y recuperación. Por ejemplo, la viabilidad de la incineración depende de la composición química de los residuos sólidos. Si los residuos van a utilizarse como combustibles, las cuatro propiedades más importantes que es preciso conocer son:

- **Análisis físico**

El análisis físico para los tres componentes combustibles de los residuos sólidos incluye los siguientes ensayos:

1. Humedad (Pérdida de humedad cuando se calientan a 105°C durante una hora)
2. Materia volátil combustible (Pérdida de peso adicional con la ignición a 950°C en un crisol cubierto)
3. Carbono fijo (Rechazo de combustible dejado después de retirar la materia volátil)
4. Ceniza (Peso del rechazo después de la incineración en un crisol abierto)

- **Punto de fusión de la ceniza**

El punto de fusión de la ceniza se define como la temperatura resultante de la incineración de los residuos sólidos se transforman en sólido (Escoria) por la fusión y aglomeración. Las temperaturas típicas de la fusión para la formación de escorias de residuos sólidos oscilan entre 1,000°C y 1,200°C.

- **Análisis elemental**

El análisis elemental de un residuo normalmente implica la determinación del porcentaje de C (Carbono), O (Oxígeno), S (Azufre) y ceniza. Debido a la preocupación acerca de la emisión de compuestos clorados durante la combustión, frecuentemente se incluye la

determinación de halógenos en el análisis elemental de la composición química de la materia orgánica en los residuos sólidos domésticos.

- **Contenido energético**

El contenido energético de los componentes orgánicos en los residuos sólidos domésticos se puede determinar así:

1. Utilizando una caldera a escala real como calorímetro
2. Utilizando bomba calorimétrica de laboratorio
3. Por cálculo, si se conoce la composición elemental. Por las dificultades que existen para instrumentar una caldera a escala real, la mayoría de los datos sobre el contenido de energía de los componentes orgánicos de los residuos sólidos domésticos están basados en los resultados de ensayos con bomba calorímetro.

3.1.6 Composición de los residuos sólidos

Composición es el término utilizado para describir los componentes individuales que construyen el flujo de residuos sólidos y normalmente se estudia la composición por porcentaje, en peso o por masa.

El conocimiento sobre la composición de los residuos sólidos tanto domésticos como industriales y comerciales tiene gran importancia para evaluar las necesidades de equipo de recolección, los sistemas de tratamiento, los programas y planes de gestión. Además la composición indica el origen de las fuentes de contaminantes a presentarse en un relleno sanitario, volumen depositado, densidad de los residuos y de operación adecuada

3.1.7 Componentes de los residuos sólidos

Conocer la composición física de los residuos sólidos municipales determinara fundamentalmente el tipo de equipos e instalaciones a utilizar en el servicio, la forma de tratarlos, sirve para evaluar la factibilidad de recuperación y aprovechamiento de los residuos (reciclaje o compostaje, energía, biogás, entre otras aplicaciones). En términos generales, en Nicaragua los residuos sólidos están compuestos mayoritariamente por desperdicios de alimentos o materia orgánica, lo que significa en gran medida el mejor aprovechamiento que se le puede dar a la basura es la del abono orgánico o compost, entre otras utilidades.

En el caso de Nicaragua, el conocimiento de la composición física de los residuos sólidos puede establecerse, a partir de una clasificación de los diez grupos que se describen a continuación:

- Materia orgánica (restos de alimentos, follaje)
- Papeles y cartones
- Plástico, cauchos y cueros
- Textiles
- Escombros, cenizas y lodos
- Metales férricos
- Metales no férricos
- Vidrios
- Madera
- Otros

Los porcentajes varían según la localidad, la época del año, las costumbres, el nivel de vida de la población y otros factores. Esto implica que para cada localidad debería de hacer su propia medición con el propósito de averiguar la composición de la basura y lo que es determinante para el manejo, transporte, disposición y aprovechamiento.

Sin embargo hay que considerar que tales mediciones son difíciles y costosas y llevan mucho tiempo, si es que se hacen con la mayor exactitud posible.

Tabla N°04. Composición física típica de los residuos sólidos.

Componentes de los residuos sólidos	Rango de % del peso total	% típico del peso total
Residuos de alimentos	De 6 a 26	15
Papel	De 25 a 45	40
Cartón	De 3 a 15	4
Plástico	De 2 a 8	3
Textil	De 0 a 4	2
Cauchos	De 0 a 2	0.5
Cuero	De 0 a 2	0.5
Residuos de jardín	De 0 a 20	12
Madera	De 1 a 4	2
Vidrio	De 4 a 16	8
Embaces de hojalatas	De 2 a 8	6
Metales no ferrosos	De 0 a 1	1
Metales ferrosos	De 1 a 4	2
Tierra, cenizas, ladrillos, etc.	De 0 a 10	4
Total		100

Fuente: CEPIS/OPS

3.1.8 Manejo de los residuos sólidos

Son las distintas fases que interviene en la presentación del servicio propiamente dicho. Desde que se genera un residuo hasta que se realiza su disposición final, ocurre una serie de operaciones o manipulaciones en diversas etapas complementarias.

Las etapas o fases de la gestión son las siguientes:

- **Almacenamientos temporal o domiciliar**

La acción por el cual las personas, instalaciones o empresas, depositan o guardan temporalmente los residuos sólidos, producto de su actividad cotidiana, para esta acción se utilizan distintos de depósitos: bolsas plásticas, recipientes plásticos o de metal, caja de cartón, etc.

Los materiales recolectados pueden tener dos destinos:

- Si la recolección se hace de manera separada los materiales reciclables se trasladadas a los centros de acopio donde se preparan para ser llevados a las empresas recicladoras o a los centros de elaboración de compost.
- Si la recolectan revueltos o se trata de materiales no aprovechables, el vehículo los llevara al sitio de disposición final el adecuado almacenamiento temporal permitirá que los trabajadores municipales realicen efectivamente su trabajo.

- **Recolección y transporte**

Recolección implica la recogida de los residuos sólidos y su traslado hasta su sitio donde el camino o vehículo recolector. Este sitio puede ser una estación de transferencia, estación de procesamiento o sitio de disposición final. Cuando el sitio de disposición final a más de 15 km, el transporte empieza tener mucho impacto económico. La recogida abarca servicios municipales y servicios privados bajo concesión. Puede llegar a representar entre el 50% y 80% de los costos totales de tratamientos. Los vehículos destinados al transporte de residuos deben reunir las condiciones propias para esta actividad.

Pueden ser compactadores tradicionales, que se utilizan en las ciudades o también equipos no convencionales para las pequeñas poblaciones y áreas marginales, tales como el tractor agrícola conectado como un remolque, carreta de tracción animal, etc.

3.1.9 Macro - micro ruteo

Con el fin de optimizar los recursos asignados a la recolección de los residuos sólidos, es necesario tomar en cuenta factores como: tiempo de recolección, distancia a recorrer, imprevistos, entre otros. Estos tipos de factores y su influencia se analizan en las operaciones de macro y micro ruteo.

El macro ruteo se encarga de los recorridos dentro de la unidad de división más grande de la jerarquía asignada a la zonificación (municipio, ciudad, etc.). Toma en cuenta las distancias de los puntos de recolección a los sitios de disposición final, periodo de descarga, retorno del vehículo recolector, distancia del garaje a los puntos de recolección entre otros.

El micro ruteo está encargado del análisis de los tiempos y las distancias en las áreas más pequeñas, es decir en las zonas residenciales o barrios. Toma en cuenta factores como el tiempo de recolección puerta en puerta y las rutas optimas dentro de la unidad espacial asignada.

3.1.10 Factores que influyen en un sistema de recolección

Entre los factores que influyen en un sistema de recolección están:

- El tamaño y la densidad de la población, ya que mientras más grande sea la población más complejas se vuelven las rutas. Si la densidad es muy baja toma más tiempo el servicio de recolección entre residencia y residencia incrementando los costos

- El clima
- La topografía, si la ciudad posee topografía montañosa va a requerir un equipo y servicios especiales para atender zonas de difícil acceso.
- Distancia al sitio de disposición final ya que mientras más largo este el sitio de disposición mayores será los costos
- La frecuencia de colección son muy fluidas por los costos y disponibilidad de equipos. Estas frecuencias van de uno a tres veces cada semana.
- El sitio de recolección

3.1.11 Frecuencia de recolección

Dependen básicamente de tres factores:

- Cantidad normal de basura que se pueden acumular en recipientes de tamaño adecuado
- Tiempo que se demora la basura susceptible a la descomposición en emitir olores desagradables.
- Tiempo de incubación de las larvas de moscas, aproximadamente 7 días.

3.1.12 Rutas de recolección

Las rutas de recolección pueden influir en la eficiencia de los equipos utilizado en las labores de recolección de material del residuos. Aunque su trazo depende en gran parte del sentido común, existen ciertos elementos a tomar en cuenta en el momento de su elaboración. Entre los más importantes están:

- Selección del equipo adecuado
- Capacidad de los equipos
- Condición del sistema vial

- Distancias a recorrer
- Maximizar el nivel de cobertura del servicio
- Accesibilidad
- Configuración del terreno
- Horarios de trabajo

3.1.13 Barrido y limpieza de vías y áreas públicas

El barrido y limpieza se complementa con la recolección e incide en la estética de la localidad y tiene como propósito mantener las vías y áreas públicas libres de los residuos que arrojan al suelo los peatones, los responsables de la carga y descarga de mercancía o de materiales diversos, etc.

3.1.14 Recuperación

Esta operación se efectúa para la recuperación de artículos de valor, algunos productos que se pueden convertir en otros o en energía que se puede obtener de estos. Este paso requiere de un análisis económico muy serio pues depende del producto de los subproductos en el mercado.

3.1.15 Disposición final

La disposición final o destino final de los Residuos sólidos es la etapa más crítica en la presentación del servicio de aseo por la municipalidad, ya que el método adaptado debe procurar el aprovechamiento de materia orgánica y/o inorgánica, según el caso, armoniosamente con la protección del medio ambiente y de los recursos naturales, el funcionamiento eficaz del método y su sostenibilidad económica.

3.1.16 Efectos de la inadecuada gestión de los desechos sólidos

La importancia de los residuos sólidos como causa directa de enfermedades no está bien determinada, sin embargo se les atribuye una incidencia en la transmisión de algunas de ellas, al lado de otros factores, principalmente por vías indirectas. Para comprender con mayor claridad sus efectos en la salud de las personas, es necesario distinguir entre los riesgos directos y los riesgos indirectos que provocan.

- Riesgos directos

Son los ocasionados por el contacto directo con la basura, por la costumbre de la población de mezclar los residuos con materiales peligrosos.

- Riesgos indirectos

El rasgo indirecto más importante se refiere a la proliferación de animales portadores de microorganismos que transmiten enfermedades a toda la población conocidos como vectores.

- Efecto en el ambiente

- ✓ Contaminación del agua
- ✓ Contaminación del suelo
- ✓ Contaminación del aire

Tabla N°05. Enfermedades relacionadas con residuos sólidos por vectores.

Vectores	Formas de transmisión	Principales Enfermedades
Rata	<ul style="list-style-type: none">– Mordiscos, orina y heces– Pulgas	<ul style="list-style-type: none">– Peste bubónica– Leptopirosis
Moscas	Vía mecánica	<ul style="list-style-type: none">– Fiebre tifoidea– Cólera

Vectores	Formas de transmisión	Principales Enfermedades
Mosquitos	Picadura del mosquito hembra	– Malaria – Dengue
Cucarachas	Vía mecánica	– Heces – Cólera
Cerdos	Ingestión de carne contaminada	– Teniasis – cisticercosis
Aves	– Heces	– Toxoplasmosis

Fuente: Manuel de Saneamiento e Protección Ambiental para los municipios. Departamentos de Ingeniería Ambiental. DESA/UPMG. Fundación estatal de Medio Ambiente 1995

3.1.17 Relleno sanitario

Un adecuado manejo y disposición de los residuos sólidos prevé la difusión de cargas contaminantes al subsuelo.

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro a la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica al ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capa de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen, además prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efectos de la descomposición de la materia orgánica.

3.1.17.1 Tipo de relleno sanitario seleccionado

- Relleno sanitario semi-mecanizado

Se seleccionó este tipo tomando en cuenta que la producción estimada está entre 20 y 40 toneladas diarias. En este caso es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo

al trabajo manual, a fin de lograr una buena compactación de los desechos, estabilizar los terraplenes y dar una mayor vida útil al terreno. En estos casos, un tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y un rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para utilizarse en la operación de este tipo de relleno sanitario.

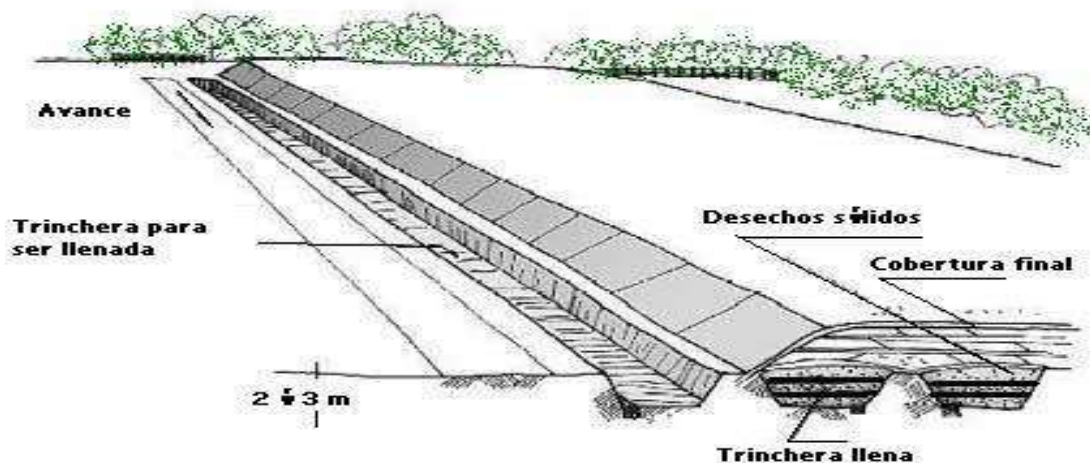
– **Método constructivo del relleno sanitario**

El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados entre otros factores por la topografía del terreno seleccionado, de la fuente del material de cobertura y de la profundidad del nivel freático.

Considerando estos factores se determinó construir un relleno sanitario con una combinación del Método de Trinchera y el Método del Área.

Dado que estos dos métodos de construcción de rellenos sanitarios tienen técnicas similares de operación, es posible combinar ambos para aprovechar mejor el terreno y el material de cobertura, así como para obtener mejores resultados. La combinación del método de trinchera y del área en la construcción de un relleno sanitario se puede observar en la figura siguiente:

Figura N°01. Combinación de métodos de área y trincheras para construir un relleno sanitario.



- **Elementos principales de un relleno sanitario**

- **Las celdas**

Es el espacio donde los desechos tienen un frente, una altura y un fondo. Está conformada por el 15 – 20% de material de cobertura y el 80 % de desechos sólidos, o sea 4 0 5 partes de basura y una de tierra. Las formas de diseño de las celdas dependen de la operación que se seleccione, sin embargo las condiciones reales obligan a cambios durante la operación del relleno.

- **Cobertura primaria**

Una de las diferencias fundamentales entre un relleno sanitario y un botadero a cielo abierto es la utilización de material de cobertura para separar adecuadamente las basuras del ambiente exterior y confinarlas al final de cada jornada diaria. Es tierra vegetal u otro material adecuado susceptible de compactación que se esparce sobre una capa de residuos sólidos con el fin de prevenir los malos olores, la presencia de insectos y roedores; y la dispersión de la basura. También contribuye a impedir la propagación del suelo y a reducir la percolación del agua a través del relleno.

- **Cobertura final**

Es material de cobertura compactado, aplicado sobre la cobertura primaria de la capa terminada de residuos con el fin de acondicionar el sitio para su restauración final y permite el crecimiento de vegetación, controlar los incendios y sirve de base para las vías de acceso de los vehículos recolectores y el desplazamiento de trabajadores durante la operación del relleno.

Una regla sencilla indica que, alcanzar una mayor densidad, resulta mucho mejor desde el punto de vista económico y ambiental.

– **Chimeneas de gases**

Bajo condiciones ideales, los gases generados deben ser enviados o liberados a la atmósfera o en grandes rellenos sanitarios recogidos para la producción de energía. En términos generales el control de los gases puede resumirse en la creación de conductos que permitan o induzcan el paso de gases o barreras impermeables que obstruye o limitan el paso.

Los gases encontrados en un relleno sanitario incluyen amonio, CO₂, CO, hidrógeno, H₂S, metano, y Oxígeno. El alto porcentaje de CO₂ inicialmente se debe a la descomposición aerobia. A medida que se agota el aire empieza el proceso anaerobio con una generación de metano.

Las chimeneas de gases son un sistema de filtros de piedras, las cuales se construyen verticalmente y/o en redes según el caso. Estas pueden espaciarse cada 2 metros y van disminuyendo su diámetro a medida que se eleve, por estas chimeneas se desprenden los gases generados por la degradación de la basura.

– **Canales pluviales**

Con el fin de evacuar las aguas de escorrentías de las áreas tributarias del relleno sanitario por un lado, y por otra parte evitar la entrada de escorrentías superficiales provenientes de áreas adyacentes a las del relleno, se hizo uso del método racional $Q = CIA$ para la determinación de los diversos caudales de diseño y modelos matemáticos características a los canales abiertos para los cálculos de las diversas dimensiones de las secciones adecuadas.

En la Tabla N° 06 se muestran los valores del coeficiente de escorrentía para las diferentes condiciones de suelo.

Tabla N°06. Coeficiente de Escorrentía según disposiciones del suelo.

Condiciones Superficiales (Inclinación)	Coeficientes de Escorrentía
Suelos arenosos, planos 2%	0.05-0.10
Suelos arenosos, promedio, 2-7%	0.10-0.15
Suelos arenosos, escarpados, 7%	0.15-0.20
Suelos gravosos, planos, 2%	0.13-0.17
Suelos gravosos, promedio, 2-7%	0.18-0.22
Suelos gravosos, escarpados, 7%	0.25-0.35

Fuente: Fenn et al, 1975

– **Caudal de lixiviados**

Para determinar el caudal de lixiviados se utilizó el Método PERC o Método de Balance Hídrico, el cual tiene las siguientes consideraciones:

Se considera que el suelo se encuentra en su estado natural, o sea con una alta porosidad, esto para hacer más crítica la cantidad de lixiviado generada y así suponer las condiciones más desfavorables en el diseño de los sistemas de conducción y tratamiento de lixiviados.

También que todo el líquido que se infiltra en la capa de cobertura y sobrepasa el almacenamiento de humedad en el suelo se convierte en percolado, sin tomar en cuenta el nivel de compactación de los desechos sólidos que podrían retener la humedad y así disminuir la cantidad de lixiviado, así como también se desprecia la capacidad de almacenamiento de los residuos sólidos.

La cuantificación de la evapotranspiración es la clave para el balance hídrico. La evapotranspiración es una función de la temperatura, humedad, viento, radiación solar, agua disponible, tipo de vegetación y tasa de crecimiento.

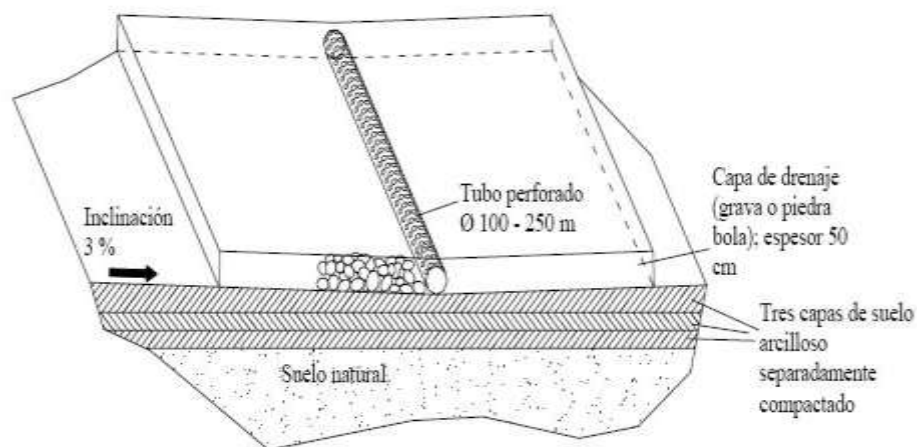
El así llamado método de Balance Hídrico (WBM) fue desarrollado en los años 40 y 50 por Thornthwaite y Mather (1957) para cuantificar la evapotranspiración y fue adoptada por Mather y Rodríguez (1978) y Fenn para condiciones de relleno.

El método computa la evapotranspiración (ET) desde una ecuación empírica que calcula la ET potencial como una función potencial de la temperatura mensual media del aire. Entonces se asume que la ET es igual a la ET potencial multiplicado por el radio del actual contenido de humedad cuando empieza el drenaje en el suelo. El exceso de humedad en suelo es drenaje/percolación no afectados por la ET. El WBM ha sido desarrollado para obtener estimados mensuales y su uso en periodos muy cortos no están recomendados.

– Sistema de recolección de lixiviados

Es un conjunto de tuberías que conectan a los canales internos de recolección de lixiviados con el sistema de tratamiento. En la Figura 2 se observa la posición en que deben instalarse los tubos de drenaje de los lixiviados.

Figura N°02: Posición de los tubos de drenaje de lixiviados.



– **Sistema de tratamiento de lixiviados**

La selección de Fosa Séptica y Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente (FAFA) como sistema de tratamiento de los lixiviados se hizo tomando en cuenta lo siguiente:

- Poca capacidad económica para trabajar con otro sistema de tratamiento tal como las Lagunas de Estabilización.
- Poco terreno disponible para la instalación de otro tipo de sistema de tratamiento.
- El FAFA en comparación con las Lagunas remueve los contaminantes químicos (DQO). En cambio las lagunas son más eficientes en la remoción de patógenos.
- Este sistema de tratamiento de aguas lixiviadas (Fosa Séptica y FAFA) tiene una eficiencia mínima de remoción del 80% de la concentración inicial, lo que resulta apropiado usarlo en el relleno sanitario.

– **Zona de Descarga de aguas lixiviadas tratadas**

Para el dimensionamiento de los pozos de infiltración se consideraron las siguientes Especificaciones Técnicas:

- La distancia mínima de cualquier punto del pozo de infiltración a viviendas, tuberías de agua, pozos de abastecimientos y cursos de agua superficiales serán de 6, 15, 30 y 15 metros respectivamente.
- La distancia mínima entre el pozo de infiltración y cualquier árbol debe ser mayor a 5 metros.
- Cuando se disponga de dos o más pozos de infiltración en paralelo, se requerirá de instalar una o más cajas de distribución de flujos.
- La caja distribuidora del agua sedimentada debería permitir la distribución uniforme del flujo a cada pozo de infiltración. Frente a la boca de ingreso del efluente del tanque séptico a la caja distribuidora, deberá existir una pantalla de atenuación que distribuya el flujo en todo lo ancho de la caja. La repartición a

cada pozo se podrá obtener por medias caña vaciadas en la losa del fondo, vertederos distribuidores de flujos, o por otro sistema debidamente justificado que se ubicará después de la pantalla de atenuación.

- El área efectiva de absorción del pozo lo constituye el área lateral del cilindro, sin incluir el área correspondiente a la base del cilindro o fondo del pozo. Para el cálculo se considerará el diámetro exterior del pozo.
- La profundidad útil del pozo de infiltración, se determinará mediante la división del área útil del campo de infiltración entre la superficie lateral del cilindro.
- La altura de infiltración quedará fijada por la distancia entre el nivel a donde llega el tubo de descarga y el fondo del pozo.
- Todo pozo de infiltración deberá introducirse por lo menos 2 metros en la capa filtrante del terreno, y el fondo de pozo debe quedar por lo menos 2 metros por encima del nivel freático de las aguas subterráneas.
- El diámetro mínimo del pozo de absorción será de 1.5 metros y la profundidad útil recomendada de cada pozo de infiltración no será mayor a 5 metros.
- En donde se cuente con dos o más pozos de infiltración, la distancia de centro a centro entre pozos será de tres veces el diámetro del pozo de mayor diámetro, pero en ningún caso menor a 6 metros entre las tangentes de las circunferencias.
- Los pozos de infiltración tendrán sus paredes verticales formadas por muros de mampostería compuestas de ladrillos o bloques de piedra o de concreto sobre puestos y con juntas laterales libres espaciadas no más de 1 centímetro. El espacio entre el muro y el terreno natural no será mayor a 10 cm y se rellenará con grava de 2.5 a 5 centímetros de diámetro.
- El fondo del pozo deberá ser cubierto por una capa de 0.15 metros de espesor de grava gruesa de las mismas características que la empleada para rellenar el espacio entre el muro y el terreno natural.
- La losa de techo del pozo de infiltración tendrá un tapa de 0.60 m de diámetro o de 0.6 x 0.6 metros por cada lado.

3.1.18 Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario

Tabla N°07. Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario.

Ventajas	Limitaciones
1.- La inversión inicial de capital es inferior la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración o de compost.	La adquisición del terreno es difícil debido a la oposición de los vecinos al sitio seleccionado. <ul style="list-style-type: none"> - La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario - Se asocia el término relleno sanitario al de botadero a cielo abierto - La evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones - La falta de saneamiento legal del lugar
2.- Tiene menores costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamientos.	El rápido proceso de urbanización, que limita y encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, lo que obliga a ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de la población.
3.- Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dado su capacidad para recibir todo tipo de Residuos Sólidos.	La vulnerabilidad de la calidad de las operaciones de relleno y el alto riesgo de transformarlo en un botadero a cielo abierto, principalmente por la falta de voluntad política de las administraciones municipales para invertir los fondos necesarios a fin de asegurar su correcta operación y mantenimiento.
4.- Genera empleo de mano de obra poco calificada, disponible en abundancia en los países desarrollo.	No se recomienda el uso de relleno clausurado para construir vivienda, escuelas, etc.
5.- Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500/día lo que puede constituir una fuente alternativa de energía para algunas ciudades.	La limitación para construir infraestructura pesada por los asentamientos y hundimientos después de clausurado el relleno.
6.- Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca del área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, lo que reduce los costos de transporte y facilita la supervisión por parte de la comunidad.	Se requiere un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario, no solo para controlar los impactos ambientales negativos, sino también para evitar que la población use el sitio indebidamente.
7.- Permite recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de parques, áreas recreativas y verdes, etc.	Puede ocasionar impacto ambiental de largo plazo si no se toman las previsiones necesarias en la selección del sitio y no se ejercen los controles para mitigarlos. En rellenos sanitarios de gran tamaño conviene analizar los efectos del tráfico vehicular, sobre todo de los camiones que transportan los residuos por las vías que confluyen al sitio y que producen polvo, ruido y material volante. En el vecindario el impacto lo generan los líquidos, gases y malos olores que pueden emanar del relleno.
8.- Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación de residuos.	Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse.
9.- Se considera flexible porque puede recibir mayores cantidades adicionales de residuos con poco incremento de personal.	En general, no puede recibir residuos peligrosos.

Fuente: Tomado de Guía de diseño, construcción y operación de rellenos manuales

OPS

3.1.19 Criterios a considerar en la selección del sitio potencial para un relleno sanitario

- a. Condiciones de suelo y topografía: Debido a que es necesario proveer material de cobertura para la correcta operación del relleno es necesario conocer las características del suelo, su material de cobertura van hacer extraídos del mismo sitio. Si el material va hacer extraído de otro lugar, también es necesario realizar un estudio de suelo a través de excavaciones o perforaciones. La topografía local también definirá el tipo de operación de relleno sanitario, o sea, desde donde inicia la operación, altura de celda, etc.
- b. Condiciones climatológicas: Influirán en el estado de las vías de acceso durante el periodo de lluvia, vientos que pueden arrastrar residuos sólidos en una dirección no deseada, lluvias que aumentan las percolación de líquidos en relleno sanitario, etc.
- c. Hidrología de agua superficiales : Es necesario conocer la hidrología de las agua superficiales para conocer las características naturales del tiempo, por donde se recogerán las escorrentías
- d. Geología e Hidrología: Son quizás el aspecto más importante para establecer factibilidad para utilizar un sitio como relleno sanitario. En esta investigación se evaluar si los líquidos percolados contaminan el agua superficial y subterránea. Es posible que en primera instancia no presente problemas, pero fallas en las capas geológicas, que no se han detectado que puedan permitir el paso a la contaminación.
- e. Condiciones ambientales locales: Hay que ser cuidadoso con la generación de olores, ruidos, polvos, riegos de residuos sólidos en las vías de acceso, etc.

- f. Uso final del relleno sanitario: Unas de las ventajas de un relleno sanitario es la utilización futura que se le puede dar a los terrenos. Dependiendo del uso será también la operación que se llevara a cabo. Los relleno sanitarios pueden funcionar como zona de recreación (áreas de juegos, parque de diversión), bosques artificiales, viveros.

3.1.20 Reacciones que ocurren en el relleno sanitario

Los residuos sólidos que se colocan en un relleno sanitario sufren un gran número de cambios biológicos, químicos y físico simultáneamente. Entre los cambios importantes están los siguientes:

- a. Descomposición biológica del material orgánica putrescible, ya sea aeróbicamente, anaeróbicamente con la generación de gases (metano, dióxido de carbono, etc.) y líquidos (lixiviados).
- b. Oxidación y reducción química de materiales
- c. Difusión vertical y lateral de gases.
- d. Movimientos de líquidos causados por diferencia de presión hidrostática.
- e. Disolución por agua y percolación de materia orgánica e inorgánica.
- f. Asentamientos diferenciales por consolidación de materiales en los vacíos del relleno.

La descomposición y estabilización de un relleno sanitario depende de muchos factores, como la descomposición de los residuos sólidos, grado de compactación, porcentaje de mezcla, presencia de material inhibitorio, tasa de movimiento del agua y temperatura.

La principal fuente de organismos aerobios, anaerobios y facultativos responsables de la descomposición está en el suelo utilizada como material de cobertura.

Los principales productos de esta descomposición de gases, líquidos contaminantes o lixiviados.

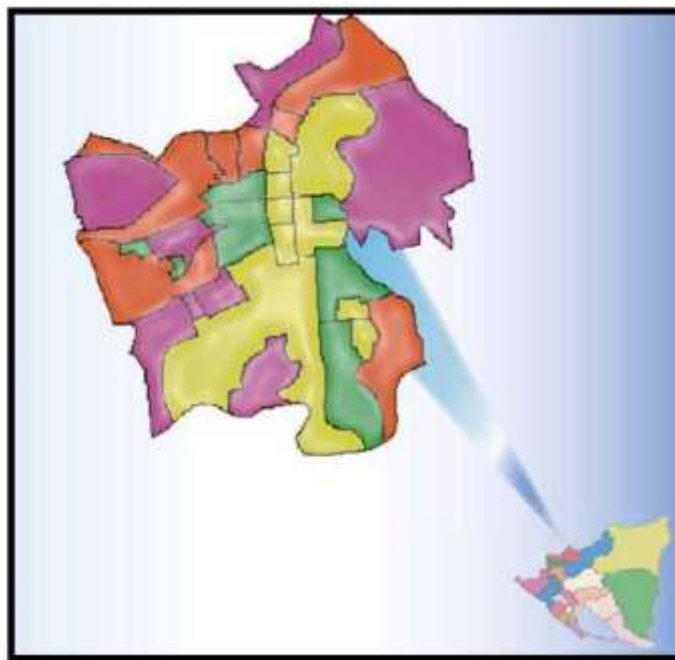
- Gases en un relleno sanitario: Los gases encontrados en un relleno sanitario incluyen amonio, CO₂, CO, hidrogeno, H₂s, metano y oxígeno. El alto porcentaje de CO₂ inicialmente se debe a la descomposición aerobia. A medida que se agota el aire empieza el proceso anaerobio con una generación de metano.
- Lixiviados en un relleno sanitario: El lixiviado puede ser definido como el líquido que se genera por la humedad propia de la materia orgánica, descomposición biológica (aerobia o anaeróbico) y el líquido que se ha percollado a través de un relleno sanitario. En la mayor parte de los residuos sólidos, la porción líquida es producida por líquidos que han entrado en el relleno sanitario de fuentes externas, tales como drenajes superficiales, lluvias, aguas subterráneas, etc.
- Asentamientos y características estructurales de un relleno sanitario: El asentamiento dependerá de la compactación inicial, características del residuo sólido, grado de descomposición y efectos de consolidación por biodegradación de los residuos. La altura de las celdas también afectara la compactación y el grado de consolidación.

IV. CARACTERIZACION DEL MUNICIPIO DE OCOTAL

4.1 Localización

Ocotal, cabecera del municipio homónimo, en el norteño departamento de Nueva Segovia está localizado una distancia de 226 Kilómetros de la ciudad de Managua, capital de la República de Nicaragua. Ver Figura 3.

Figura 3.- Micro localización municipio de Ocotal.



Fuente: Instituto Nicaraguense de Información para el Desarrollo INIDE, 2008

Con una extensión territorial de 85.64 km², el municipio de Ocotal está ubicado entre las coordenadas 13° 38' latitud norte y 86° 28' longitud oeste. Limita al Norte con el municipio de Dipilto, al Sur con el municipio de Totogalpa (Departamento de Madriz), al Este con el municipio de Mozonte y al Oeste con el municipio de Macuelizo.

4.1.1 Población

Según cifras oficiales del Instituto Nacional de Información para el Desarrollo, la población total del municipio proyectada para el 2013 es de 42,586 habitantes para una densidad poblacional de 497.27 hab/km².

La población se distribuye en un único núcleo urbano con 10 zonas urbanas donde habita el 98.87% de la población total y una sola comunidad rural donde habita el restante 1.13 % de la población.¹

4.1.2 Vivienda

Según la Caracterización del municipio de Ocotal, para el año 2013 se estima la existencia 8,320 viviendas habitadas para un índice habitacional general de 5.12 hab/vivienda.

4.1.3 Educación

Hasta el 2012 municipio contaba con un total de 45 centros educativos con atención en los niveles de pre escolar, primarios, secundarios y educación vocacional. Estos centros son atendidos por un recurso humano de 381 personas entre docentes y personal administrativo.

4.1.4 Salud

El municipio de Ocotal cuenta con ocho centros de salud en buen estado y un solo hospital de referencia departamental, el Hospital Alfonso Moncada Guillén. Ver Tabla 8.

Tabla 8.- Centros de Salud del municipio de Ocotal

Sector	Nombre del Centro	Barrios que atiende
1	Luis Alfonso Castillo	Sandino
2	Joaquín Rivera	Laura Sofía Olivas, Danilo Ponce, José Santos Duarte, Yelba María Antúnez, Anexo Yelba María Antúnez
3	Nora Astorga	Nicarao, Nora Astorga, Santa Ana, María Auxiliadora, Anexo Santa Ana
4	Pueblos Unidos	Pueblos Unidos, Dinamarca, Anexo Pueblos Unidos, Nuevo Amanecer, El Quebrantadero
5	Noel Weelock	Noel Weelock, Cristo del Rosario, Roberto Gómez, 26 de Septiembre
6	Clínica del Adolescente	Monseñor Madrigal, Hermanos Zamora, 19 de Julio, Ramón Augusto López
7	José Dolores Fletes	José Santos Rodríguez, Leonardo Matute, Carlos Manuel Jarquín, Lacayo Farfán
8	José Dolores Fletes	Teodoro López, Anexo Laura Sofía Olivas, Juan Carlos Mendoza

Fuente: (Caracterización del municipio de Ocotal, 2012)

4.1.5 Recreación

Como centros públicos de recreación existe un parque central completamente reforestado con diferentes variedades de plantas ornamentales, equipado con sistema de agua, luz, glorieta, una fuente luminosa, cercado por muros de concreto y hierro forjado (barandas), un kiosco al centro del parque, andenes revestidos de piedras y el equipamiento necesario para el mantenimiento de áreas verdes. Es un referente ecológico departamental y nacional.

En cuanto a deportes se cuenta con el Estadio Municipal Glorias del *Baseball* Segoviano y canchas multiusos distribuidas en los diferentes barrios.

4.1.6 Servicios básicos

- Energía eléctrica

El municipio de Ocotal es abastecido de energía eléctrica por el sistema interconectado nacional a través de las sub-estaciones de Yalagüina y Santa Clara, por medio de los circuitos alimentadores YGA-4010 y SK-4030, que tienen conductores, calibre 3/0 ACSR, con capacidades superiores a los 5 MW.

No se cuenta con Indicadores de calidad, cobertura y accesibilidad, y de Recursos Humanos disponibles para prestar el servicio de energía eléctrica en el municipio.

- Telecomunicaciones

Los servicios de telefonía, convencional, celular, internet y TV por cable son prestados por la Empresa Nicaragüense de Telecomunicaciones (ENITEL) y la empresa CLARO. También se cuenta con el servicio de Correo con la entrega y recepción de encomienda y además se presta el servicio de recepción y envío de telegramas que van desde el territorio nacional hasta los municipios del departamento de Nueva Segovia y viceversa.

- Agua potable y saneamiento

El municipio de Ocotal cuenta con servicio público de agua potable cuya administración está a cargo de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).

Hasta el año 2012 todos los barrios del municipio contaban con los servicios de agua potable, aún los de reciente formación y los asentamientos espontáneos contando con un total de 7,995 conexiones domiciliarias para una cobertura del 91%.

Según datos de la Delegación Departamental de ENACAL la cobertura del servicio de Alcantarillado Sanitario era del 25%.

4.1.7 Servicios municipales

- Recolección de residuos sólidos

Para la realización de esta tarea se cuenta con dos camiones, la capacidad es de 15 metros cúbicos IVECO y 12 metros cúbicos MERCEDES BENZ, pero en situaciones de emergencia se disponen más medios para esto. La recolección de los desechos sólidos se realiza con dos conductores de transporte pesado y cuatro operarios.

Existe un vertedero municipal a cielo abierto ubicado en el costado Sur Oeste de la ciudad, a 2 ½ KM del casco urbano, el cual está certificado y legalizado por el MINSA. Este vertedero se encuentra delimitado por una cerca perimetral de las demás propiedades adyacentes y también de las instalaciones del basurero existente.

La generación de desechos es de aproximadamente 70 m³/día de los cuales solo 54 m³ son evacuados a través del servicio de recolección brindado por la municipalidad.

- Rastro

Existe un Rastro Municipal administrado directamente por la Alcaldía Municipal, ubicado en el costado sur oeste de la ciudad, avalado y supervisado por el Ministerio de Salud (MINSA) y el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR). Para la operación del

rastrero se cuenta con los siguientes operarios: un fiel del Rastro con título de zootecnista, y dos vigilantes. El rastro municipal se encuentra dividido en dos áreas una de res y una de cerdo.

Existen actualmente 12 destazadores de res y 9 nueve destazadores de cerdo, los que se encuentran debidamente registrados y matriculados en la Alcaldía.

- Parque

Existe un parque central y un parque infantil e los cuales se encuentran instalados juegos para niños, áreas verdes, kioscos y andenes. Existen tres paseos y varios monumentos históricos.

- Registro civil

El área de Registro Civil está subordinada directamente al Alcalde y al Concejo Supremo Electoral. Cuenta con un responsable y dos secretarias, llevando además el registro de los hechos vitales y el movimiento de comercialización y registro de semovientes.

4.1.8 Red vial

El municipio de Ocotlán por estar situado a la orilla de la carretera panamericana y además es la cabecera departamental de Nueva Segovia cuenta con un buen sistema de transporte hacia el interior del mismo y hacia los demás departamentos del país, al mismo tiempo cuenta con la facilidad de abordar autobuses que viajan hacia la región Centroamericana.

La terminal de buses funciona actualmente en las instalaciones del Mercado Municipal Monseñor Nicolás Antonio Madrigal y García desde el año 2008. El municipio cuenta con un total de 14 rutas de transporte interurbano y 150 concesiones de taxis que operan en el caso urbano y periférico del municipio. En la tabla 9 se muestra el estado de las vías existentes.

Tabla N° 9.- Longitud y estado de las vías.

Revestimiento	Longitud
Asfaltada	5,100 mts
Adoquinadas	11,150 mts
Embolonadas	1,950 mts
Encunetadas de tierra	8,260 mts
Tierra sin cunetas	76,080 mts

Fuente: Caracterización municipal de Ocotol, 2012.

4.1.9 Clima y precipitación

Según la Clasificación Climática de Nicaragua elaborada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Ocotol se encuentra a una elevación de 605.59 msnm, tiene una precipitación media anual de 820 mm, con meses lluviosos entre Mayo y Octubre, una canícula bastante acentuada en Julio, y menos de 10 mm de precipitación por mes durante los meses Diciembre a Marzo.

La temperatura oscila entre los 24.5 °C y los 30 °C, la Humedad Relativa es de 74% y los vientos presentan una velocidad media de 2.5 m/s

4.1.10 Geomorfología

En el Municipio de Ocotlán las áreas de bosques deben ser declaradas como patrimonio municipal y destinarse a la recreación, ecoturismo, investigación, banco genético y para la protección de especies en peligro de extinción.

Se pueden encontrar alguna fauna entre las especies que más predominan en el municipio se encuentra: Garrobo, Guazal, Conejo, Iguana, Ardilla, Guatusa, etc. Además existen algunas variedades de aves como, Zanate, Zopilote, Azulona, Zorzal, Gorrion, Chorchas, Gallina Guineas, Urraca, Guardabarranco, Arrocero, Perico y se pueden encontrar serpientes como Cascabeles, Barba amarilla, Coral, Boa, Bejuquilla, Zumbadoras, Mano de Piedra.

Producto de diferentes acontecimientos a lo largo del tiempo estos recursos han venido disminuyendo por la cacería, las quemas, los despales.

4.1.11 Tipo y uso de suelos

Los cerros ubicados al norte de la ciudad de Ocotlán se caracterizan por ser de forma mamelona, con pendientes fuertes, drenaje dendrítico, con poco espesor del suelo y presencia de rocas volcánicas y conglomerados rojos de la Era Terciaria.

En el ámbito municipal, los suelos entisoles ocupan el 98.79% del área de Ocotlán y los suelos.

El mal uso de los suelos y las quemas de las zonas boscosas existentes urgen una campaña de reforestación y cuidado del bosque del municipio. La degradación de las cuencas de los Ríos Coco, Dipilto y Mozonte, facilitan la erosión de los cerros y suelos productivos contaminando las fuentes de agua del municipio.

4.1.12 Biodiversidad

- Flora

El municipio cuenta con bosques ralos de Coníferas y de Latifoliadas de tacotales combinados con pasto natural; es decir que el 90.01 del área rural total del municipio está ocupado por el recurso forestal.

Sin embargo esto no representa un potencial forestal de explotación, ya que están en sitios que presentan pendientes muy fuertes (mayores del 30 %) con alta susceptibilidad a la erosión y además, la densidad de pinos es baja. Estas áreas no son aprovechables en términos de extracción forestal y deben dedicarlas a la protección de la fauna y flora silvestre.

La parte baja del municipio presenta un tipo de bosque seco subtropical, con especies arbustivas de porte bajo y algunas de porte alto.

La parte media del municipio es de vegetación sub-perennifolia con muchas plantas epífitas. Las plantas son de porte más alto, debido al aumento de las precipitaciones y a la prolongación del período húmedo. También se cuenta con áreas verdes que han sido plantadas para ornato de la municipalidad, además existen áreas de pastos cultivados a orillas del río Dipilto.

Abundan los árboles de Pino, Guanacaste, Nin, Aguacate, Mango, Caoba, Jiñocuabo, Matasano, Tamarindo, Eucalipto, Pochote, Laurel, Nance, Cedro, Ciprés, Sauce, entre otras. El despale voraz ha disminuido la densidad de bosques, sin embargo todavía se encuentran algunas especies de árboles como Cedros, Pochotes, Robles, Guachipilin, Nisperos, Jiñotes, Chilamates, Ceibas, Arbustos y Plantas Menores.

- Fauna

En el Municipio de Ocotlán las áreas de bosques deben ser declaradas como patrimonio municipal y destinarse a la recreación, ecoturismo, investigación, banco genético y para la protección de especies en peligro de extinción.

Se pueden encontrar alguna fauna entre las especies que más predominan en el municipio se encuentra: Garrobos, Guazalotes, Conejos, Iguanas, Ardillas, Guatusas, etc. Además existen algunas variedades de aves como, Zanates, Zopilotes, Azulonas, Zorzales, Gorriones, Chorchas, Gallinas Guineas, Urracas, Guardabarrancos, Arroceros, Pericos y se pueden encontrar serpientes como Cascabeles, Barba amarilla, Coral, Boa, Bejuquilla, Zumbadoras, Mano de Piedra.

Producto de diferentes acontecimientos a lo largo del tiempo estos recursos han venido disminuyendo por la cacería, las quemadas, los despales.

4.2 Diagnóstico de la situación actual

4.2.1 Estructura orgánica del municipio

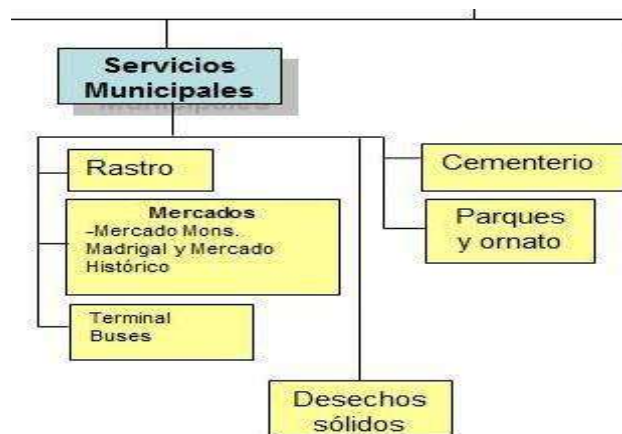
El máximo órgano de Gobierno es el Concejo Municipal, presidido por un Alcalde, una Vice-Alcaldesa y nueve Concejales propietarios con sus respectivos suplentes.

La estructura de la Alcaldía es bastante horizontal, ya que del Alcalde y la Vice-Alcaldesa dependen la mayor parte de instancias del Organigrama Estructural: Recursos Humanos, Administración y Finanzas, Administración Tributaria, Servicios Municipales, Planificación, Proyectos, Promoción y Desarrollo Humano; y la Promotoría del Poder Ciudadano. . Ver Anexo 1.

4.2.2 Dirección de servicios municipales

La Dirección de Servicios Municipales de la Alcaldía de Ocotlán está organizada en 6 grandes áreas de trabajo: Cementerio, Parques y Ornato, Desechos Sólidos, Mercados, Rastro y Terminal de Buses. Ver figura 4.

Figura N° 4.- Organigrama de la Dirección de Servicios Municipales.



Fuente: Alcaldía de Ocotlán.

La Dirección de Servicios Municipales está a cargo del Señor Julián Olivas, quién tiene como responsabilidad la oferta de los servicios. Tiene a su cargo la coordinación de 2 conductores, 4 recolectores, 8 operarios de barrido de calles, y un conductor de la retroexcavadora utilizada para la remoción y mezcla de los desechos que llegan al vertedero municipal. Ver Tabla 10.

Tabla N°10.- RR HH de la Dirección de Servicios Municipales.

N°	Nombres y apellidos	Cargo
1	Julián Olivas	Director
2	Juan Antonio Rodríguez	Conductor
3	Carlos Antúnez	Conductor
4	Francisco Luque Espinal	Conductor
5	José Cristóbal Landero	Operario
6	Jairo Zelaya Maldonado	Operario

N°	Nombres y apellidos	Cargo
7	Pedro González López	Operario
8	Oscar Briones Pastrana	Operario

Fuente: Alcaldía de Ocotál, 2017.

4.2.3 Descripción del servicio actual

4.2.3.1 Equipos disponibles

Para la recolección de los residuos sólidos la alcaldía cuenta con dos camiones compactadores y para el movimiento y mezcla de los residuos en el vertedero cuenta con una retroexcavadora. Los detalles del equipo se muestran en la tabla siguiente:

Tabla N°11.- Descripción del equipo disponible.

N°	Descripción	Marca	Capacidad	Estado
1	Camión compactador	IVECO	12 m ³	Regular
2	Camión compactador	PEGASSO	15 m ³	Regular
3	Retroexcavadora			Regular

Fuente: Alcaldía de Ocotál.

Fotografía 1.- Camión recolector propiedad de la Alcaldía Municipal.



Fuente: Propia del estudio.

4.2.3.2 Ruteo

Para efectos de analizar el sistema de recolección de residuos sólidos, el municipio está dividido en 6 urbanas a través de las cuales se atiende las 10 zonas urbanas y la comarca rural.

Dos de las rutas cubren el área céntrica de la ciudad con tres recorridos semanales por cada ruta. El otro camión cubre las rutas de los barrios periféricos y hace un recorrido por semana. En el caso de los mercados, estos son atendidos diariamente. Las rutas son cubiertas de lunes a sábado con una jornada diaria 8 horas.

Los barrios atendidos por cada ruta se muestran en la tabla 12.

Tabla 12.- Barrios atendidos según ruta.

Día	N° de ruta	Barrios
Lunes, miércoles y viernes	Parte Norte Ruta # 1	Comprende los Barrios: Lacayo Farfán (parte Sur), Ramón Augusto López, Hermanos Zamora.
Martes, jueves y sábado	Parte Sur Ruta #1	Comprende los Barrios: Carlos Manuel Jarquin, José Santos Rodríguez, Laura Sofía Olivas, Leonardo Matute, Lacayo Farfán (parte Norte)
Lunes	Ruta # 2	Yelba María Antúnez, Danilo Ponce, Laura Sofía Olivas. Cotran Mercado, Punta de Plancha y Granero
Martes	Ruta # 3	Sandino, parte Este del Bo. Anexo Laura Sofía Olivas.
Miércoles	Ruta #4	María Auxiliadora, Milagros de Dios, Santa Ana, Nora Astorga, Nicarao, parte Oeste del Bo. Anexo Laura Sofía Olivas. Terminal de Buses, Mercado Monseñor.
Jueves	Ruta # 5	Teodoro López, Nuevo Amanecer, Juan Carlos Mendoza
Viernes	Ruta # 6	Hermanos Zamora, Noel Weelock, Roberto Gómez, 26 de Septiembre, Cristo del Rosario.
Sábado	Especial	Pueblos Unidos, Colonia del Maestro, Ocho de Mayo, Dinamarca y Milagro de Dios (entrada a boulevard), escuela Pueblos Unidos.
Martes y jueves	Limpieza	Vertedero municipal

Fuente: Alcaldía Municipal

4.2.3.3 Producción y cobertura

Según estimaciones de la Dirección de Servicios Municipales, en Ocotral se producen diariamente alrededor de 70 m³ de residuos sólidos, de los cuales 54 m³ son recolectados y transportados al vertedero municipal. Esto equivale a una cobertura del 77% que corresponde a un total 6,267 viviendas atendidas.

Del restante 23 % de residuos no recolectados por la municipalidad, una parte son llevados directamente hasta el vertedero por los pobladores, otros depositados en botaderos clandestinos y otra cantidad son lanzados directamente a las calles siendo arrastrados por las escorrentías y finalmente depositados en cauces y alcantarillas del sistema de drenaje pluvial.

En cuanto a la composición física de los residuos sólidos, la Alcaldía estima que el 60% de estos son materia orgánica. Estos no son aprovechados para compostaje, excepto los desechos provenientes del Rastro Público que se convierten en fertilizantes que luego son utilizados en las áreas verdes de parques y calles.

4.2.3.4 Situación del vertedero municipal

En el municipio existe un vertedero a cielo abierto localizado a 3 km al sur oeste de la ciudad. Según la Alcaldía Municipal, este vertedero cuenta con las respectivas certificaciones del Ministerio de Salud (MINSA). El vertedero tiene una extensión de 3.74 manzanas, dos de las cuales están ocupadas por los desechos allí vertidos.

Según esta información el factor de ocupación es de 53 %, el cual es normal para el periodo de funcionamiento ya que según la Alcaldía municipal, este vertedero tiene 15 años de operar. Ver fotografía 2.

Fotografía 2.- Panorámica del vertedero municipal de Ocotal.



Fuente: Propia del estudio.

Según información obtenida, al vertedero llegan diariamente personas a recolectar material reciclable que luego es vendido a chatarreros y empresas recicladoras. Estas son personas de escasos recursos provenientes de los barrios Pueblos Unidos, 19 de Julio, María Auxiliadora y Nuevo Amanecer. Se estima que mensualmente estas personas obtienen un ingreso de C\$ 14,000.00 por la venta de materiales plásticos y hasta C\$ 18,000.00 por la venta de vidrio.

En cuanto a seguridad y control, el vertedero cuenta con una cerca perimetral en regular estado pero no cuenta con una caseta para el control de la cantidad y el tipo de desechos depositados.

Recientemente se realizó un estudio sobre la posibilidad de que el vertedero actual fuera convertido en un relleno sanitario. Como resultado del estudio se propuso la construcción de 5 zanjas o trincheras de las cuales solo una fue construida. También se construyó una fosa séptica para el tratamiento de los lixiviados, sin embargo esta no se llegó a operar debido a la falta de personal calificado para operarla.

4.2.3.5 Afectaciones ambientales

- Arrastre y descarga de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos hasta el Río Coco, convirtiéndose en una fuente de contaminación para este importante cuerpo de agua. Ver fotografía 6.
- Transporte por el viento de desechos sólidos que afectan las propiedades vecinas causando problemas de contaminación. Ver fotografía 8.
- Contaminación de las aguas subterráneas debido a que no se tratan los lixiviados generados por la descomposición biológica de los desechos sólidos.
- Contaminación de aguas superficiales por el ingreso de la escorrentía al no haber un adecuado sistema de drenaje pluvial.
- Facilita el criadero de vectores que provocan una gran incidencia de enfermedades como diarrea, dengue, gastroenteritis, etc. Ver fotografía 5.
- Al no existir control sobre la cantidad y tipo de desechos sólidos depositados, las personas que se dedican a la recolección de material reciclable se exponen directamente a enfermedades asociadas a los desechos sólidos y a accidentes durante las actividades de recolección. Ver fotografía 3,4 y 7.

Fotografía N° 3.- Entrada al vertedero municipal. (Ausencia de control).



Fuente: Propia del estudio.

Fotografía N° 4.- Vehículos particulares depositando desechos sólidos en el vertedero.



Fuente: Propia del estudio

Fotografía 5.- Presencia de animales en el vertedero.



Fuente: Propia del estudio.

Fotografía N° 6.- Arrastre de residuos por escorrentía.



Fuente: Propia del estudio.

Figura N° 7.- Recolectores de material reciclable



Fuente: Propia del estudio.

Fotografía N° 8.- Depósitos de basura clandestinos.



Fuente: Propia del estudio.

4.2.3.6 Evaluación ambiental del actual sitio de disposición

La evaluación del sitio donde funciona actualmente el vertedero municipal se hizo considerando tres componentes: legal, social y ambiental.

En la evaluación ambiental se incluyen los requisitos que según la NTON 05 014-01 Norma Técnica Ambiental para el Manejo, Tratamiento y Disposición Final de los Residuos Sólidos No Peligrosos. Ver tabla 12.

En el caso de la evaluación social se toma en cuenta el nivel de afectación social provocada por la ubicación actual del vertedero y finalmente en la evaluación ambiental se consideraron todas las variables ambientales relacionadas al clima (agua, suelo, aire, paisajes, etc.). La evaluación socio – ambiental se muestra en la tabla 13.

Tabla 13.- Evaluación del sitio según NTON 04 014-01.

Parámetro	Valor guía	Valor real	Cumplimiento
Distancia del perímetro urbano	>1000 m	3000	5
Tiempo de traslado del centro urbano al sitio	< 30 min	si	5
Ubicación respecto a la dirección del viento.	Sotavento	si	5
Protección de los recursos naturales.	Condiciones ambientales	no	0
Distancia de fuentes de agua superficiales.	>1000 m	no	0
Profundidad del manto freático	>10 m	si	5
Distancia desde el perímetro municipal	>1000 m	si	5
Vida útil	> 10 años	si	5
Tipo de suelo	Areno arcilloso	no	0
Pendiente del terreno	> 1%	30	0
Costo y legalidad del terreno.	Propiedad de la Alcaldía.	si	5
TOTAL DE PUNTOS			35
% CUMPLIMIENTO			63.6 %

Fuente: Propia del estudio.

Al evaluar el sitio se obtiene un puntaje de 35 de un total de 55 puntos, es decir un 63.6 % de cumplimiento de los requisitos establecidos en la NTON 04 014-01

Tabla 14.- Evaluación socio – ambiental del sitio del vertedero actual.

Indicador de evaluación	Puntos	Descripción	Botadero Actual
ENTORNO SOCIAL			
Compatibilidad con la ley	0	No cumple	1
	1	Mejorable	
	2	Cumple	
Compatibilidad con otros planes	0	No cumple	0
	1	Mejorable	
	2	Cumple	
Iglesia	0	Hay en el sitio	2
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Cementerio	0	Hay en el sitio	2
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Escuela	0	Hay en el sitio	2
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Facilidades Médicas	0	Hay en el sitio	0
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Visibilidad desde carretera	0	La mayoría del sitio puede verse desde la carretera	2
	1	Parte del sitio no puede verse debido a árboles y edificios	
	2	Casi todo el sitio no puede verse desde la carretera	
Mirador u observatorio	0	Hay en el sitio	2
	1	Hay a menos de 400 m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
RESULTANTE ENTORNO SOCIAL			11
ENTORNO AMBIENTAL			
Paisaje bello	0	Hay en el sitio	2
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No hay a menos de 400m del sitio	
Terreno Actual	0	Pend. pronunciada en sitio	0
	1	Pend. suave cerca del sitio	
	2	Terreno llano en el sitio	

Indicador de evaluación	Puntos	Descripción	Botadero Actual
Bosque	0	Hay en el sitio	1
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Uso actual de suelo	0	Tierra natural	1
	1	Tierra cultivable	
	2	Tierra no cultivable	
RESULTANTE ENTORNO NATURAL			4
TOTAL			15

Fuente: Propia del estudio.

En la evaluación socio ambiental se obtuvo un puntaje de 15 sobre un total de 24 para un cumplimiento del 62.5 %.

De manera general puede concluirse que el actual vertedero se encuentra bien ubicado y que en los parámetros en los cuales no se cumple o existen deficiencias pueden corregirse o mejorarse perfectamente ya que básicamente dependen de inversión en infraestructura física.

4.2.3.7 Recaudaciones por el servicio

Según información facilitada por la Alcaldía, la tasa actual que se cobra por ofertar el servicio de recolección de basura es simbólica de C\$ 20, C\$ 10 y C\$ 5 córdobas al mes, siendo la tarifa más alta para el comercio.

En la tabla 15 se muestran los registros de ingresos totales por recaudaciones del servicio de recolección de desechos sólidos

Tabla N° 15.- Ingresos anuales y mensuales por recolección de basura.

Año	Total Anual (C\$)	Total mensual (C\$)
2006	87305	7275.42
2007	27235	2269.58
2008	125430	10452.50
2009	112665	9388.75
2010	142676	11889.67
2011	164966	13747.17
2012	131613	10967.75
2013	193464	16122.00
2014	261667	

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotol

Si el total de viviendas servidas es de 6267 (77%) significa que el aporte económico para el año 2012 fue de C\$ 2.57 por mes por cada vivienda lo cual está muy por debajo de la tarifa mínima establecida que es de C\$ 5.00.

Por otra parte si se toma como referencia el control de cobro del mes de Octubre del año 2014, se puede inferir que solo el 29% de las viviendas con servicio de recolección realizan el pago por dicho servicio. Ver tabla 16.

Tabla N°16.- Control de cobro del mes de Octubre 2016.

Fecha	Barrios	Casas visitadas	Casas que pagaron	%
01/10/2014	José Santos Duarte	26	6	23
02/10/2014	Yelba María Antúnez	90	30	33
02/10/2014	José Santos Rodríguez	269	75	28
04/10/2014	Danilo Ponce	116	31	27
07/01/2014	Laura Sofía Olivas	64	24	38
08/10/2014	Anexo Laura Sofía Olivas	92	20	22
09/10/2014	Nicarao	69	25	36
09/10/2014	Nora Astorga	75	18	24
10/10/2014	Santa Ana	245	52	21
13/10/2014	María Auxiliadora	133	10	8
15/10/2014	Pueblos Unidos	161	22	14

Fecha	Barrios	Casas visitadas	Casas que pagaron	%
15/10/2014	Dinamarca	21	0	0
16/10/2014	Anexo Teodoro López	6	0	0
17/10/2014	Teodoro López	265	70	26
21/10/2014	Juan Carlos Mendoza	39	5	13
21/10/2014	Nuevo Amanecer	136	24	18
23/10/2014	Ramón Augusto López	29	7	24
23/10/2014	Lacayo Farfán	125	54	43
23/10/2014	Mercado Centro Histórico	110	59	54
28/10/2013	Carlos Manuel Jarquin	47	44	94
30/10/2013	Monseñor Madrigal	496	216	44
05/11/2013	Hermanos Zamora	284	97	34
12/11/2013	Noel Wheelock	134	48	36
		Promedio		29

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotal.

Extrapolando esta cifra significa que del total de 6267 viviendas con cobertura sólo 1817 pagan el servicio. Finalmente si dividimos el promedio de ingreso mensual del 2012 entre el número de viviendas que pagan resulta un pago mensual por vivienda de C\$ 8.87.

El análisis anterior indica que el servicio de recolección y transporte de los desechos sólidos en el municipio es subsidiado por esta Alcaldía debido a la falta de pago de los usuarios, además que los gastos administrativos y de mantenimiento de los medios de recolección son bastante altos., según datos proporcionados por el área de Finanzas de la Alcaldía Municipal de Ocotal, los Egresos para el Rubro de Desechos Sólidos es de C\$ 1,823,146 , para el año 2017.

4.2.3.8 Aspectos normativos del servicio

A nivel nacional existe un amplísimo Marco Legal asociado al manejo de los desechos sólidos. A continuación se mencionan algunas leyes, reglamentos y normas:

1. Constitución Política de la República de Nicaragua
2. Ley No. 40 Y 261. Reformas e incorporaciones a la Ley No. 40, “Ley de Municipios”; aprobada el 22 de Agosto de 1997, La Gaceta, Diario oficial No. 162, 26 de Agosto de 1997)
3. Decreto No. 52-97, Reglamento a la Ley de Municipios. Publicado en La Gaceta No. 171 del 8 del 8 de Septiembre de 1997)
4. Decreto No. 168. Ley que prohíbe el tráfico de desechos peligroso y sustancias tóxicas. Diciembre 1993.
5. Decreto 45-94 Reglamento de Permiso y Evaluación de impacto ambiental. Octubre 1994.
6. Plan de Arbitrios Municipal. Decreto 455. La Gaceta No. 144, 31 Julio de 1989.
7. Ley General de salud. Ley 423. Aprobada el 14 de Marzo del 2002. Publicado en la Gaceta No. 91 del 17 de Mayo del 2002
8. Decreto No. 33-95, Disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales, domésticas, industriales y agropecuarias.
9. Resolución ministerial MINSA No. 122-2008, Reglamento sanitario de los residuos sólidos, peligrosos y no peligrosos, La Gaceta No. 125 del 2 de Julio de 2008.
10. Ley No. 217. Ley General del Medio Ambiente y los recursos naturales. La Gaceta No. 105 del 6 de Junio de 1996.
11. Decreto No. 9-96. Reglamento de la Ley del Medio Ambiente y de los recursos naturales. La Gaceta No. 163 del 29 de Agosto de 1996.
12. Reglamento de Inspección sanitaria, Decreto No. 432 del 17 de Abril de 1989, La Gaceta No. 71.
13. Ley especial de delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales, Ley No. 559, aprobada el 26 de Octubre del 2005. Publicada en La Gaceta No. 225 del 21 de Noviembre del 2005
14. Ley de Transferencias Presupuestarias a los Municipios de Nicaragua. Ley No. 466, aprobada el 13 de Julio del 2003. Publicado en La Gaceta No. 157 del 20 de Agosto del 2003

15. Ley 475, Ley de Participación Ciudadana. Aprobada el 22 de Octubre del año 2003.
16. Norma Técnica Ambiental para el manejo, tratamiento y Disposición final de los residuos sólidos No-peligrosos, NTON 05 014-02. Aprobada el 03 de Agosto del 2001. Publicada en La Gaceta No. 96 del 24 de Mayo del 2002
17. Norma Técnica para el control ambiental de los rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos, norma técnica N° 05 013-01; Aprobada el día 5 de Diciembre del 2000. Publicada en la Gaceta N° 73 el día 22 de Abril del 2002. Norma Técnica NTON N° 05 013-01
18. Política Nacional sobre Gestión Integral de Residuos sólidos. Decreto No. 47-2005, Aprobado el 21 de Julio del 2005. Publicado en La Gaceta No. 163 del 23 de Agosto del 2005
19. Sistema de Evaluación Ambiental. Decreto No. 76-2006, Aprobado el 19 de Diciembre del 2006. Publicado en La Gaceta No. 248 del 22 de Diciembre del 2006.
20. Decreto Ejecutivo No. 68-2001 “Creación de las Unidades de Gestión Ambiental”

A nivel municipal existe una Ordenanza que orienta las actividades de limpieza e higiene del municipio y por lo tanto, la prestación del servicio de recolección de residuos sólidos.

4.2.3.9 Participación ciudadana

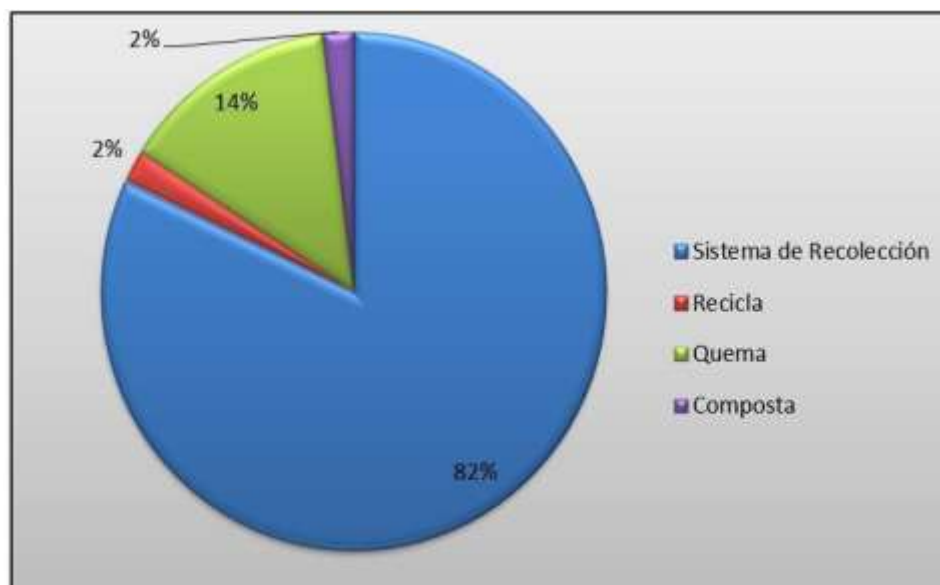
En cuanto a participación ciudadana se han desarrollado campañas de sensibilización para el pago de impuestos de basura en los espacios facilitados por el área de Participación Ciudadana de la Alcaldía Municipal. También se han realizado campañas orientadas a la sensibilización de los ciudadanos en el tema de la clasificación de los desechos sólidos.

Así mismo, en estrecha cooperación con los líderes de los barrios se promueven campañas de limpieza. En estas campañas también participan otras instituciones del Estado como el Ejército de Nicaragua, Ministerio de Salud, Policía Nacional, etc.

4.2.3.9.1 Percepción ciudadana de la calidad del servicio

A fin de conocer la percepción que tiene la ciudadanía respecto a la calidad del servicio de recolección de los desechos sólidos se realizó una encuesta de opinión en 121 viviendas de los diferentes barrios del casco urbano. Ver Anexo 12 y 13 Al ser consultados sobre “¿Se presta el servicio de recolección de desechos en su barrio?” el cual 92 % respondió afirmativamente. Luego se consultó sobre la forma de disponer de los desechos generados en su vivienda, los resultados se muestran en el gráfico 1.

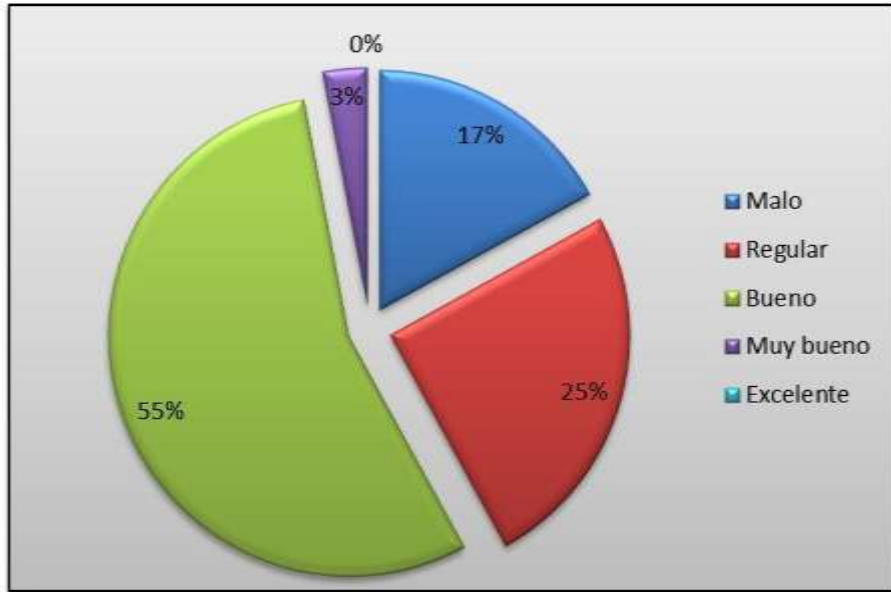
Gráfico 1.- Disposición de los desecho sólidos.



Fuente: Propia del estudio.

En el Gráfico 2 se muestra la percepción de los ciudadanos sobre la calidad del servicio.

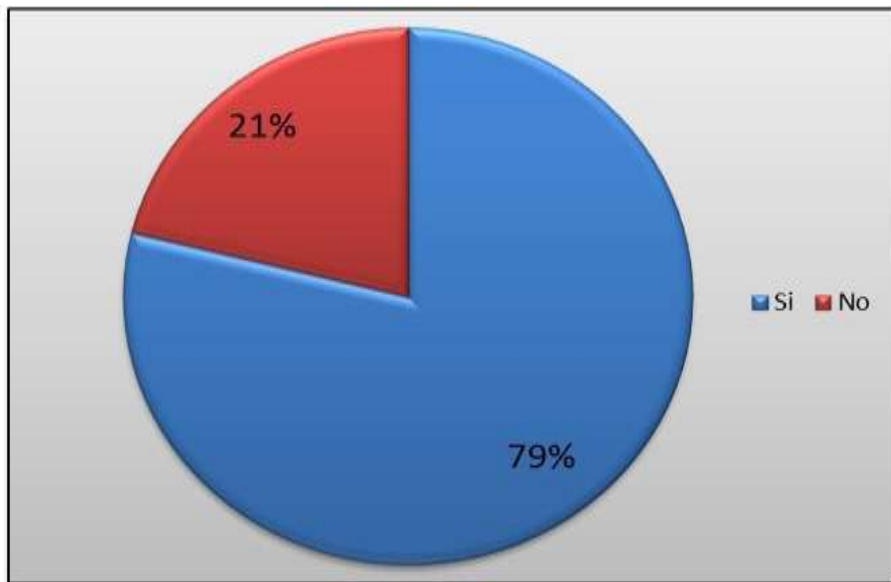
Gráfico 2.- Percepción ciudadana sobre la calidad del servicio.



Fuente: Propia del estudio.

Al consultar a los ciudadanos sobre si hace algún pago por el servicio de recolección el 79% respondió que si paga una cuota. Ver Gráfico 3.

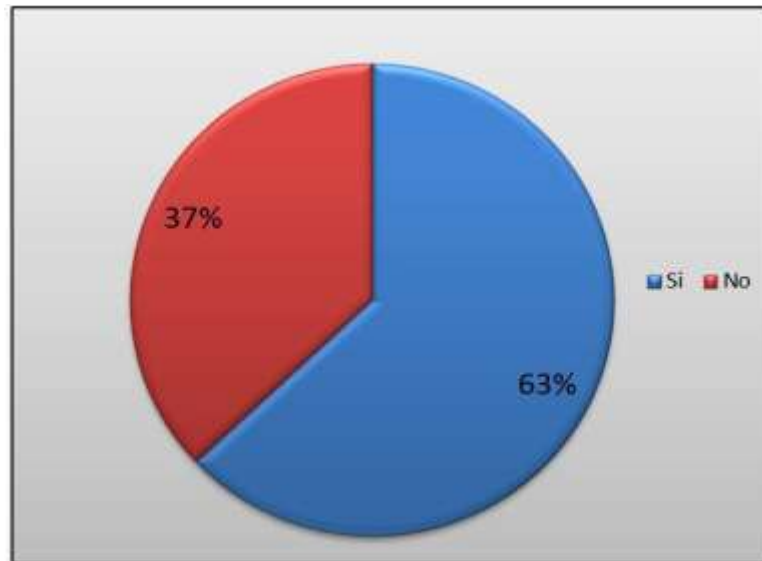
Gráfico 3.- Cantidad de usuarios que afirman pagar el servicio.



Fuente: Propia del estudio.

Luego se preguntó que si se mejorara el servicio de recolección estarían dispuestos a pagar o a pagar más en el caso de los que afirman que ya pagan por el servicio y el 63 % respondió que sí lo haría. Ver Gráfico 4.

Gráfico 4.- Usuarios dispuestos a pagar más si se mejora el servicio.



Fuente: Propia del estudio.

4.2.3.9.2 Principales fortalezas y limitaciones del servicio

1. A pesar de la escasez del equipamiento físico, maquinaria y de recursos se tiene una cobertura del servicio bastante alta y en general existe una percepción positiva de parte de la población servida.
2. La municipalidad ha logrado avances en la cobertura y calidad del servicio de limpieza de calles y mercados. También hay que destacar el involucramiento de las organizaciones ciudadanas en campañas de limpieza y concientización relacionadas al manejo de los desechos sólidos.
3. A pesar de que el vertedero existente no funciona adecuadamente, existe área suficiente para la disposición final de residuos durante un periodo de a5 años o más.

4. No existe práctica de planeación del servicio, controles adecuados, registros de la información, supervisión técnica rigurosa como pesaje de los residuos, caracterización periódica, medición de la densidad, control de calidad del servicio.
5. No existen registros contables apropiados de los contribuyentes, registros de sus obligaciones, control de arreglos de pagos, controles de multas y otros.
6. Existe deficiencia en cuanto a la fluidez y certitud en el manejo de la información relacionada al servicio de recolección de desechos sólidos
7. No hay programas de capacitación para el personal de los servicios municipales.
8. La cultura de pago de los contribuyentes es muy limitada y las actividades de recaudación también. Así mismo las tarifas no están actualizadas ni acordes a los gastos en que incurre la municipalidad.
9. No existe un proceso sistemático de cálculo de los costos del servicio ni un sistema de cálculo de las tasas o tarifas del mismo.
10. El camino al vertedero se pone difícil de transitar en invierno.
11. Los operarios no cuentan con equipo de protección personal para minimizar el riesgo de contagio de enfermedades por la manipulación de los desechos.
12. Hay una demanda de capacitación técnica de parte de los operarios en materia de prevención de enfermedades, manejo adecuado de la basura, etc.

V. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 Estudio de población

La población de diseño fue considerada en base a la proyección de la población del año 2005 del Censo realizado por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). El período de diseño considerado para la proyección de la población fue de 15 años, considerando que la vida útil del terreno para disposición final no debe ser menor de 10 años, según se establece en la Norma Técnica para el Control ambiental de los rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos. Norma Técnica N° 05 013-01.

5.1.1 Tasa de crecimiento

Para determinar la tasa de crecimiento poblacional con la cual se proyectó la población, se consultó al Área de Planificación de la Alcaldía Municipal. Los datos utilizados oficialmente por la Alcaldía son los del Instituto Nicaragüense de Información para el Desarrollo (INIDE) por lo que se adoptó una tasa de 1.6 %.

5.1.2 Proyección de población

La fórmula de proyección de población empleada en el país corresponde a la de crecimiento geométrico. Se obtiene la población de diseño a partir de la población inicial y la tasa de crecimiento geométrico:

$$P_d = P_o \left(1 + \frac{rg}{100} \right)^n$$

Donde,
Po = Población inicial
rg = Tasa de crecimiento geométrico
n = Número de años (periodo de diseño)
Pf = Población final

5.1.3 Caracterización de los RSU

Para la caracterización de los residuos sólidos, se utilizaron los métodos recomendados por la Norma Técnica N° 05 013-01. En base al análisis de la información brindada por la oficina de Servicios Municipales de la Alcaldía, se determinó realizar la caracterización de los RSU sólo en el casco urbano y para el sector doméstico.

5.1.3.1 Muestra

Para la determinación de la población muestra se utilizó el Método de Muestreo en la Fuente, considerando el siguiente proceso:

- Se recopiló información sobre el número de viviendas existentes en el casco urbano, la cual fue obtenida del Área de Planificación y Proyectos de la Alcaldía de Ocotlán.
- El programa de muestreo cubrió ocho días consecutivos, descartando la muestra tomada el primer día de recolección, ya que se desconoce la duración del almacenamiento para esa muestra.
- La duración de ocho días de muestra se determinó a fin de estudiar las posibles variaciones en la producción durante toda la semana y así obtener la mayor precisión posible los datos obtenidos.
- El número de muestras para la determinación de la Producción Per Cápita (PPC) en el casco urbano se obtuvo aplicando el Método de Muestreo Simple Aleatorio (Sakurai K, CEPIS), es un método de selección de unidades tomadas de un total de viviendas N, de tal forma que cada una de las muestras posibles tengan la misma posibilidad de ser escogida.
- Según dicho método, se puede determinar el tamaño necesario de la muestra (n) por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{V^2}{\left(\frac{E}{1.96}\right)^2} + \frac{V^2}{N}$$

Donde,

n = N de viviendas a probar aleatoriamente

V = Desviación estándar de variables xi (xi = PPC de la vivienda i)

(gr/hab/día) E = Error permisible en la estimación de PPC (gr/hab/día)

N = Número total de viviendas del estrato en cuestión

- La muestra se calculó en base a los siguientes parámetros estadísticos: porcentaje de confiabilidad igual al 95%, un error permisible de 50 gr./hab./día y una desviación estándar de 200 gr/hab/día.
- Dos días antes al inicio de la recolección se realizó la distribución de las viviendas de forma aleatoria procurando la mayor representatividad posible. Para tal fin, se hizo un recorrido sobre la vías orientadas Oeste – Este y luego Norte – Sur de manera tal que sobre cada cuadra se seleccionó una vivienda, quedando al final cuadro viviendas por cada manzana, una en cada cuadra.
- Después de la selección de viviendas se hizo una visita explicativa a cada una de ellas, explicando la dinámica del método de muestreo y de los objetivos del estudio en general. A cada unidad se le hizo entrega de una bolsa plástica para la recolección de los residuos y se le asignó un número o código de identificación, el cual consistió en las primeras dos letras del nombre de cada ciudad seguido del número de vivienda seleccionada en orden consecutivo.
- Cada día de muestreo, los recolectores entregaron una bolsa plástica a cada vivienda y establecimiento a cambio de la bolsa llena de basura, marcándola para su identificación.

5.1.3.2 Clasificación física

Para la clasificación física de los desechos se utilizó el Método de Cuarteo, para lo cual se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

- Se tomó la muestra recolectada en el día llevándola a un lugar pavimentado donde fue vertida formando un montón.
- Se rompieron las bolsas y se cortaron los cartones, maderas y otros objetos contenidos en la basura hasta conseguir tamaños máximos de 20 x 20 cm. Se mezcló la muestra hasta lograr su homogenización.
- El montón se dividió en cuatro partes y se escogió dos opuestas para obtener una muestra representativa más pequeña. La nueva muestra se volvió a mezclar y se dividió en cuatro partes, luego se escogió dos opuestas y se formó una muestra más pequeña. Se repitió esta misma operación hasta obtener una muestra aproximada de 45 kg de basura.
- Se separaron los componentes del montón último y se clasificaron de acuerdo a sus características.
- Los componentes ya clasificados se fueron depositando en recipientes pequeños de unos 5 litros.
 - Se pesaron los recipientes antes de empezar la clasificación.
- Terminada la clasificación se pesaron los recipientes conteniendo los desechos y restando el peso del recipiente vacío se obtuvo el peso de los componentes.
- Ya teniendo los pesos del peso total y de los componentes, estos se expresaron como porcentajes del peso total de los desechos, utilizando la fórmula siguiente:

$$\% = \frac{W_{componente}}{W_{total}}$$

5.1.3.3 Producción per cápita

El cálculo de la Producción Per Cápita se realizó con la formula mostrada a continuación a partir de los datos obtenidos del muestreo. La PPC resulta de la relación de producción diaria por vivienda entre el número de habitantes por vivienda.

$$PPC = \frac{PPV (k g / día)}{Hab / vivienda}$$

Donde, PPV= Producción diaria por vivienda.

Para obtener el peso de residuos producidos diariamente en cada unidad, se midió el peso la muestra recolectada cada día a través de una balanza.

El dato sobre número de habitantes por vivienda se recopiló a través de la aplicación de una encuesta en las unidades muestreadas.

5.1.3.4 Densidad suelta

La densidad suelta de la basura se obtiene al dividir su peso total en kilogramos entre su volumen total en metros cúbicos.

Para el cálculo de la densidad se utilizaron dos recipientes distintos. Se utilizó un balde con un volumen de 0.022 m³. Para evitar que hubiese espacios vacíos se realizaron movimientos fuertes de manera circular para que la basura se asentara. Se utilizó la siguiente expresión matemática:

$$Densidad(Kg / m^3) = \frac{Peso(k g)}{Volumen(m^3)}$$

5.1.3.5 Almacenamiento

Este se ejecuta en el lugar de generación. Las particularidades del mismo están en función de la actividad que se realiza en el área en particular. Se describe el tipo de envase que se debe utilizar (cestos tapados de diferentes capacidades, tipo de material, desechables o no como bolsa plásticas o de papel) las condiciones higiénico - sanitarias en sentido general y los medios de protección y seguridad.

5.1.3.6 Recolección

La gestión de recolección de residuos sólidos incluye la recogida de residuos sólidos y de materiales reciclables y el transporte de estos materiales hasta una estación de transferencia o vertedero.

La recolección de los RSU se analizó partiendo de indicadores como frecuencia de cobertura, frecuencia del servicio de recolección, depósitos de almacenamiento en las viviendas, sitios de recolección, entre otros. La información se obtuvo a través de visitas de campo, seguimiento al servicio de recolección y encuestas aplicadas a la población.

5.1.3.7 Macro ruteo

El macro ruteo tiene por objetivo la selección y cálculo de los tiempos de viaje entre los sitios de recolección de desechos sólidos y los sitios de disposición final. Estas macro rutas y tiempos de viajes tienen por objetivo optimizar los recursos disponibles y prestar un servicio más eficiente.

La longitud de micro ruteo es la distancia desde la ciudad hasta el sitio de disposición final (Relleno Sanitario).

5.1.3.8 Micro ruteo

Se analizó la eficiencia del servicio de recolección utilizando criterios como, el estado de las calles, capacidad del equipo recolector, rutas actuales, tiempos de recolección y horarios de trabajo. La información para este análisis fue obtenida de la oficina de Servicios Municipales, Administración y área tributaria de la Alcaldía y a través de encuestas realizadas a los pobladores de la ciudad.

La determinación de las rutas y equipos de recolección se basa en las siguientes consideraciones:

1. Se debe cubrir el 100% de la producción, mediante el aprovechamiento óptimo de los equipos recolectores y con el más bajo costo unitario de recolección y transporte.
 2. Seleccionar el equipo adecuado según las condiciones de explotación local y su disposición en el mercado.
 3. Velocidad de recolección no menor de 2 km/hora.
 4. Jornada laboral no mayor de 6 horas por día con un tiempo productivo de al menos 5 horas.
 5. Frecuencia mínima de recolección de 2 veces por semana.
- **Reglas básicas para el diseño de rutas (Manual para el Diseño de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos Municipales - SEDESOLI 1997)**
 1. Tratar de aumentar la distancia productiva en relación a la distancia total.
 2. Los recorridos no deben fragmentarse ni traslaparse. Cada uno debe consistir en tramos que queden dentro de la misma área de la ciudad.
 3. El comienzo de una ruta debe estar cerca del garaje y el término cerca del lugar de disposición de los residuos sólidos.
 4. En lugares con colinas o fuertes desniveles del terreno el recorrido debe procurar hacerse desde la parte alta hacia la baja.

5. En la medida de lo posible se debe recoger la basura de ambos costados de la calle.
6. Debe respetarse el sentido de la circulación y la prohibición de ciertos virajes.
7. Conviene evitar los giros a la izquierda y las vueltas en U porque hacen perder tiempo, son peligrosos y obstaculizan el tráfico.
8. Calles con mucho tránsito deben recorrerse en las horas que éste disminuye.
9. Cuando hay estacionamiento de vehículos hay que procurar efectuar la recolección en los momentos en que la vía está más despejada.
10. En el caso de calles muy cortas o sin salida es preferible que los camiones recolectores no entren en ellas, sino que esperen en la esquina y que el personal vaya a recoger la basura.

5.1.3.9 Tratamiento y disposición final

Es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos sólidos, según su naturaleza. En este lugar se disponen definitivamente los desechos sólidos. Esta es la etapa más crítica en el manejo de los desechos sólidos, ya que el método adaptado debe procurar el aprovechamiento de materia orgánica y/o inorgánica, debe estar en armonía con la protección del medioambiente y los recursos naturales, debe garantizar funcionalidad y sostenibilidad económica.

Para este estudio se realizó inspección in situ de la disposición final actual. Se recolectó información a través de la dirección de Servicios Municipales de las respectivas Alcaldías. Se aplicó una encuesta a los pobladores del casco urbano a fin de conocer sobre la existencia de botaderos ilegales.

De los diferentes sistemas de tratamiento y disposición final se seleccionó el Relleno Sanitario, el cual es un método de ingeniería para la disposición de residuos sólidos en el suelo de manera que se le dé protección al ambiente, mediante el esparcido de los residuos en pequeñas capas, compactándolos al menor volumen práctico y

cubriéndolos con suelo al fin de día de trabajo, previniendo los efectos adversos en el medio ambiente.

Los criterios utilizados para el cálculo del área requerida del relleno son los establecidos en la Norma Técnica para el control ambiental de los rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos. Norma Técnica n° 05 013-01, los cuales se mencionan a continuación:

- Todo relleno sanitario debe contar con un área de 20% como mínimo para estructuras adicionales tales como: vías de penetración, caseta de control, instalaciones sanitarias, sistemas de drenaje pluvial, caseta de pesaje, patio de maniobras, y rea para el tratamiento de los lixiviados.
- Todo relleno sanitario debe contar de una cerca perimetral y de seguridad, como mínimo a 1.70 m de alto, a partir del nivel del suelo, se sembrará alrededor de la cerca perimetral una cerca viva preferiblemente con Árboles nativos del lugar de rápido crecimiento que se adapten a las condiciones climáticas de la región, que sirvan de barrera natural o zona de amortiguamiento. Se exceptúan Árboles frutales.
- Para el control de la entrada y salida de los vehículos recolectores y particulares se instalará un portón de acceso principal y una caseta de control cuyas dimensiones mínimas serán de 4 metros cuadrados en el relleno sanitario.
- Para drenar las aguas pluviales, se diseñarán las obras requeridas para los drenajes periféricos, drenajes internos, en función del tipo de celdas a utilizar a fin de minimizar (la producción de lixiviados. Estas obras serán capaces de desviar el caudal máximo de una tormenta con periodo de retorno de 50 años y deben tornarse en cuenta todos los estudios realizados previamente.
- Se deben interconectar los drenajes, a fin de lograr una mayor eficiencia. en el drenaje de líquidos y gases en el relleno sanitario.

- Se deben construir sistemas de tratamiento para los lixiviados, éstos variarán dependiendo de la cantidad de desechos a tratar, porcentaje de humedad, precipitación de la zona.
- Se debe garantizar la evacuación de los gases a través de chimeneas colocadas a una distancia entre ellas de 20 a 50 metros, con un diámetro mínimo de 0.45 metros
- Se instalarán señales en las áreas de acceso, en los caminos exteriores e interiores, los cuales serán informativos y preventivos.
- Se construirán pozos para monitorear las aguas subterráneas y lixiviados

5.1.3.10 Ventajas de un relleno sanitario

- 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 implantar cualquiera de los métodos de tratamiento: 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.
- Recuperar terrenos que hayan sido considerados improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de un parque, área recreativa, campo deportivo, etc.
- Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación.
- Se considera flexible, ya que no precisa de instalaciones permanentes y fijas, y también debido a que está apto para recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal.

5.1.3.11 Desventajas de un relleno sanitario

- La adquisición del terreno constituye la primera barrera para la construcción de un relleno sanitario, debido a la oposición que se suscita por parte del público, 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 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 muestran 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.

5.1.3.12 Tipo de Relleno Sanitario seleccionado

5.1.3.13 Relleno Sanitario Semi mecanizado

Se seleccionó este tipo tomando en cuenta que la producción estimada está entre 20 y 40 toneladas diarias. En este caso es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de lograr una buena compactación de los desechos, estabilizar

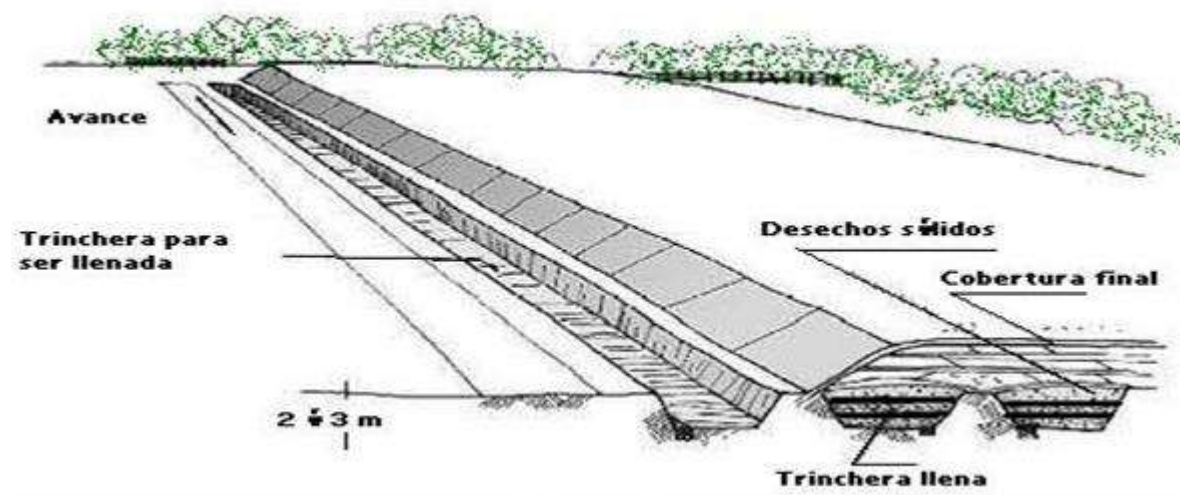
los terraplenes y dar una mayor vida útil al terreno. En estos casos, un tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y un rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para utilizarse en la operación de este tipo de relleno sanitario.

5.1.3.14 Método constructivo del Relleno Sanitario

El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados entre otros factores por la topografía del terreno seleccionado, de la fuente del material de cobertura y de la profundidad del nivel freático. Considerando estos factores se determinó construir un Relleno Sanitario con una combinación del Método de Trinchera y el Método del Área.

Dado que estos dos métodos de construcción de rellenos sanitarios tienen técnicas similares de operación, es posible combinar ambos para aprovechar mejor el terreno y el material de cobertura, así como para obtener mejores resultados. La combinación del método de trinchera y del área en la construcción de un relleno sanitario se puede observar en la figura siguiente:

Figura 5.- Combinación de métodos de Área y Trincheras para construir un relleno sanitario.



5.1.3.15 Elementos principales de un Relleno Sanitario

- **Las celdas**

Es el espacio donde los desechos tienen un frente, una altura y un fondo. Está conformada por el 15 – 20% de material de cobertura y el 80 % de desechos sólidos, o sea 4 0 5 partes de basura y una de tierra. Las formas de diseño de las celdas dependen de la operación que se seleccione, sin embargo las condiciones reales obligan a cambios durante la operación del relleno.

- **Cobertura primaria**

Una de las diferencias fundamentales entre un relleno sanitario y un botadero a cielo abierto es la utilización de material de cobertura para separar adecuadamente las basuras del ambiente exterior y confinarlas al final de cada jornada diaria.

Es tierra vegetal u otro material adecuado susceptible de compactación que se esparce sobre una capa de desechos sólidos con el fin de prevenir los malos olores, la presencia de insectos y roedores; y la dispersión de la basura.

También contribuye a impedir la propagación del suelo y a reducir la percolación del agua a través del relleno.

- **Cobertura final**

Es material de cobertura compactado, aplicado sobre la cobertura primaria de la capa terminada de desechos con el fin de acondicionar el sitio para su restauración final y permite el crecimiento de vegetación, controlar los incendios y sirve de base para las vías de acceso de los vehículos recolectores y el desplazamiento de trabajadores durante la operación del relleno.

Una regla sencilla indica que, alcanzar una mayor densidad, resulta mucho mejor desde el punto de vista económico y ambiental.

- **Chimeneas de gases**

Bajo condiciones ideales, los gases generados deben ser enviados o liberados a la atmósfera o en grandes rellenos sanitarios recogidos para la producción de energía. En términos generales el control de los gases puede resumirse en la creación de conductos que permitan o induzcan el paso de gases o barreras impermeables que obstruye o limitan el paso.

Los gases encontrados en un relleno sanitario incluyen amonio, CO₂, CO, hidrógeno, H₂S, metano, y Oxígeno. El alto porcentaje de CO₂ inicialmente se debe a la descomposición aerobia. A medida que se agota el aire empieza el proceso anaerobio con una generación de metano.

Las chimeneas de gases son un sistema de filtros de piedras, las cuales se construyen verticalmente y /o en redes según el caso. Estas pueden espaciarse cada 2 metros y van disminuyendo su diámetro a medida que se eleve, por estas chimeneas se desprenden los gases generados por la degradación de la basura.

- **Canales pluviales**

Con el fin de evacuar las aguas de escorrentías de las áreas tributarias del relleno sanitario por un lado, y por otra parte evitar la entrada de escorrentías superficiales provenientes de áreas adyacentes a las del relleno, se hizo uso del método racional $Q = CIA$ para la determinación de los diversos caudales de diseño y modelos matemáticos características a los canales abiertos para los cálculos de las diversas dimensiones de las secciones adecuadas.

En la tabla 17 se muestran los valores del Coeficiente de Escorrentía para las diferentes condiciones de suelo.

Tabla 17.- Coeficiente de Escorrentía según disposiciones del suelo.

Condiciones Superficiales (Inclinación)	Coeficientes de Escorrentía
Suelos arenosos, planos 2%	0.05-0.10
Suelos arenosos, promedio, 2-7%	0.10-0.15
Suelos arenosos, escarpados, 7%	0.15-0.20
Suelos gravosos, planos, 2%	0.13-0.17
Suelos gravosos, promedio, 2-7%	0.18-0.22
Suelos gravosos, escarpados, 7%	0.25-0.35

Fuente: Fenn et al, 1975

- **Caudal de lixiviados**

Para determinar el caudal de lixiviados se utilizó el Método PERC o Método de Balance Hídrico, el cual tiene las siguientes consideraciones:

Se considera que el suelo se encuentra en su estado natural, o sea con una alta porosidad, esto para hacer más crítica la cantidad de lixiviado generada y así suponer las condiciones más desfavorables en el diseño de los sistemas de conducción y tratamiento de lixiviados.

También que todo el líquido que se infiltra en la capa de cobertura y sobrepasa el almacenamiento de humedad en el suelo se convierte en percolado, sin tomar en cuenta el nivel de compactación de los desechos sólidos que podrían retener la humedad y así disminuir la cantidad de lixiviado, así como también se desprecia la capacidad de almacenamiento de los desechos sólidos.

La cuantificación de la evapotranspiración es la clave para el balance hídrico. La evapotranspiración es una función de la temperatura, humedad, viento, radiación solar, agua disponible, tipo de vegetación y tasa de crecimiento.

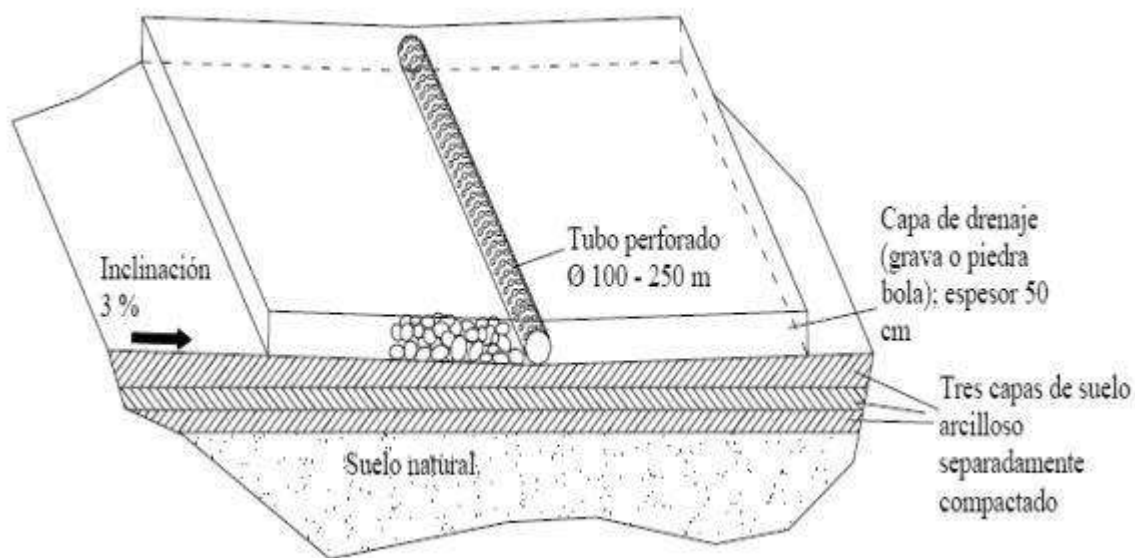
El así llamado método de Balance Hídrico (WBM) fue desarrollado en los años 40 y 50 por Thornthwaite y Mather (1957) para cuantificar la evapotranspiración y fue adoptada por Mather y Rodríguez (1978) y Fenn para condiciones de relleno.

El método computa la evapotranspiración (ET) desde una ecuación empírica que calcula la ET potencial como una función potencial de la temperatura mensual media del aire. Entonces se asume que la ET es igual a la ET potencial multiplicado por el radio del actual contenido de humedad cuando empieza el drenaje en el suelo. El exceso de humedad en suelo es drenaje/percolación no afectados por la ET. El WBM ha sido desarrollado para obtener estimados mensuales y su uso en periodos muy cortos no están recomendados.

- **Sistema de recolección de lixiviados**

Es un conjunto de tuberías que conectan a los canales internos de recolección de lixiviados con el sistema de tratamiento. En la Figura 6 se observa la posición en que deben instalarse los tubos de drenaje de los lixiviados.

Figura 6.- Posición de los tubos de drenaje de lixiviados.



- **Sistema de tratamiento de lixiviados**

La selección de Fosa Séptica y Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente (FAFA) como sistema de tratamiento de los lixiviados se hizo tomando en cuenta lo siguiente:

- Poca capacidad económica para trabajar con otro sistema de tratamiento tal como las Lagunas de Estabilización.
- Poco terreno disponible para la instalación de otro tipo de sistema de tratamiento.
- El FAFA en comparación con las Lagunas remueve los contaminantes químicos (DQO). En cambio las lagunas son más eficientes en la remoción de patógenos.
- Este sistema de tratamiento de aguas lixiviadas (Fosa Séptica y FAFA) tiene una eficiencia mínima de remoción del 80% de la concentración inicial, lo que resulta apropiado usarlo en el relleno sanitario.

- **Elementos de la Fosa Séptica**

Para el cálculo de los elementos de la Fosa Séptica se utilizaron los parámetros establecidos en la Norma Brasileña.

Volumen para el almacenamiento de sólidos

$$V_1 = \left[\frac{0.7 * SST * Q * (1 - SSV)}{0.04} \right] * T_R / 10 \quad 9$$

Donde,

SST = Sólidos suspendidos totales (mg/lt)

SSV = Sólidos suspendidos volátiles (mg/lt)

T_R = Tiempo de residencia de sólidos

Q = Caudal diseño

Volumen Total de la Fosa

$$V_u = Q * TRH + V_1$$

Donde, Q = Caudal diario de lixiviado (m³/día)
 TRH = Tiempo de residencia hidráulica (días)

Sedimentador Primario

- Ancho del tanque (m)

$$b = \sqrt[3]{\frac{V_u}{2h}}$$

Donde, Vu = Volumen útil (m³)
 h = Profundidad útil del filtro (m)

Verificar que la dimensión de “b” cumpla:

1. Relación entre largo L y ancho b $2 \leq L/b \leq 4$
2. Ancho interno (b): no mayor de 2 veces útil

- Longitud total del tanque (m)

$$L = \frac{V_u}{b * h}$$

Donde, Vu = Volumen útil (m³)
 b = Ancho del tanque (m)
 h = Profundidad útil del filtro (m)

Cálculo de las Cámaras

Las fórmulas para el cálculo de los elementos de cada cámara se muestran en la tabla 18.

Tabla 18.- Cálculo de Cámaras de Fosa Séptica.

Cámara	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Capacidad (lts)
1	$P = 2/3L$	b propuesto	H útil tanque	$P*b*H_{\text{útil}}$
2	$P = 1/3L$	b propuesto	H útil tanque	$P*b*H_{\text{útil}}$

Fuente: Propia del estudio.

Cálculo de las aberturas en pantalla

Área transversal de la fosa $A = b*h$

El área de abertura igual al 5% del área transversal.

6. Número de orificios.

$$N^{\circ} \text{orificios} = \frac{A_{\text{utilizar}}}{A_{\text{orificio}}}$$

7. Colocación de los invert de los orificios.

$$h = \frac{2}{3} h_{\text{útil}}$$

8. Altura de los orificios.

$$h_{\text{sumergido}} = h_{\text{útil}} - h$$

Velocidad de sedimentación de las partículas

$$V = \frac{f}{b * h} \quad V < 8mm / seg$$

Donde, V = Velocidad de sedimentación f
= 0.00024684

Elementos del FAFA

Los elementos del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente FAFA fueron calculados y diseñados de acuerdo a los parámetros generales de la Norma Brasileña.

Volumen Útil

$$V_{uf} = 1.6 * Q * TRH$$

Donde, Q = Caudal diario de lixiviado (m^3 /día)
 TRH = Tiempo de residencia hidráulica (días)

Sección Horizontal

$$S = \frac{V}{h}$$

Donde, S = Sección horizontal (m^2)
 h = Profundidad útil del filtro (m)

5.1.3.16 Localización del sitio del Relleno Sanitario

Para la selección del sitio se hizo la evaluación conforme a los requerimientos de la NTON N° 05 013-01. Norma Técnica para el control ambiental de los rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos.

5.1.3.17 Estudio hidrogeológico

Se realizó el estudio hidrogeológico a partir de la información brindada por el Instituto de Estudios Territoriales (INETER).

5.1.3.18 Estudio geológico

Se realizó el estudio geológico a fin de conocer el tipo de suelo (estratigrafía) del sitio para el relleno sanitario ya que un contaminante puede penetrar al suelo y llegar al acuífero, contaminándolo y haciéndolo su vehículo.

Los suelos sedimentados con características areno-arcillosas son las más recomendables ya que son suelos poco permeables. Por lo cual la infiltración del líquido contaminante se reduce sustancialmente.

5.1.3.19 Estudio de suelos

El estudio de suelo se realizó mediante ensayos in situ para determinar la textura del suelo y la capacidad de infiltración de los mismos.

VI. CALCULOS Y RESULTADOS

6.1 Proyección de población

6.1.1 Tasa de crecimiento

En acuerdo con el Área de Planificación de la Alcaldía Municipal de Ocotlán se determinó utilizar la tasa de crecimiento calculada por el INIDE. Según el documento Ocotlán en Cifras del INIDE la tasa de crecimiento calculada para el periodo 2015 – 2020 es de 1.6%, la cual fue adoptada para el presente estudio.

6.1.2 Población de diseño

$$Pd = (42,586) \left(1 + \frac{1.6}{100} \right)^{(4)}$$
$$Pd = 45,378hab$$

Según proyección se tendrá una población de 45,378 habitantes, cifra que fue usada como población base para la proyección a un periodo de 15 años.

6.2 Caracterización de los RSU

6.2.1 Muestra

De la aplicación del método descrito en la metodología se obtuvo un tamaño de muestra de 136 viviendas para el municipio de Ocotlán. Las 136 viviendas fueron distribuidas en 12 barrios a fin de tener una muestra representativa de todo el casco urbano. Ver tabla 19.

Tabla 19. Distribución muestral por barrios.

N°	Barrio	Muestra Total		Muestra efectiva	
		N° viviendas	%	N° viviendas	%
1	Pueblos Unidos	16	12	13	13
2	Monseñor Madrigal	10	7	6	6
3	Hermanos Zamora	12	9	9	9
4	Enrique Lacayo	17	13	7	7
5	Sandino	17	13	15	15
6	Nuevo Amanecer	5	4	5	5
7	Teodoro Lazos	10	7	10	10
8	Yelba María	18	13	15	15
9	19 de Julio	5	4	4	4
10	José Santos Duarte	4	3	2	2
11	María Auxiliadora	3	2	4	4
12	Santa Ana	19	14	13	13
Total		136	100	103	100

Fuente: Propia del estudio

La muestra efectiva se refiere al número de viviendas que realmente fueron parte del muestreo ya que en el resto de viviendas la población se rehusó a participar o la información suministrada no fue suficiente para obtener resultados estadísticamente aceptables.

6.2.2 Clasificación física

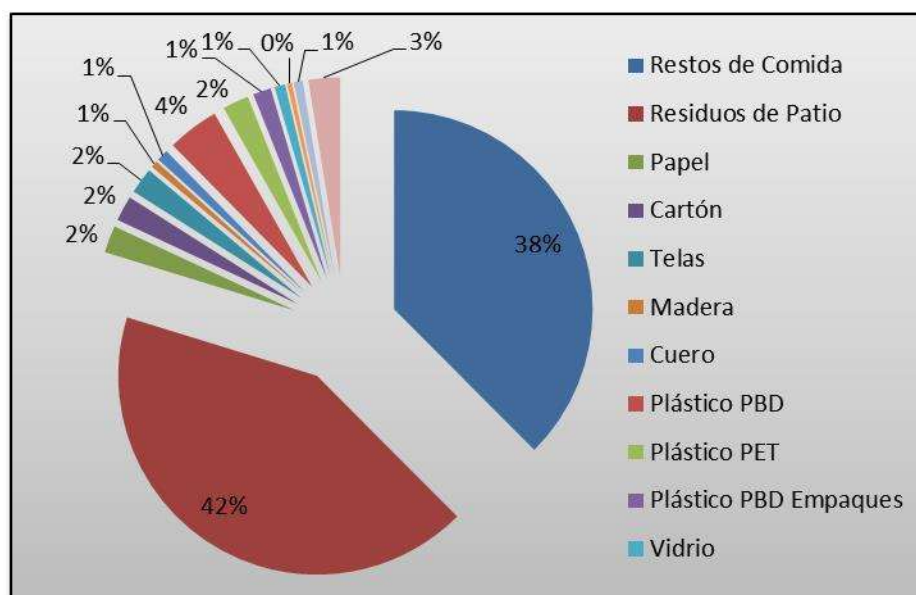
La clasificación promedio de los RSU para el sector urbano municipio de Ocotral se muestra en el gráfico 5. Para la clasificación por día durante el periodo de muestreo.

Tabla 20. Clasificación física

Día	Muestra (lbs)	Materia Orgánica (%MO)					87.60			Materia Inorgánica (%MO)					12.40	
		Restos de Comida	Residuos de Patio	Papel	Cartón	Telas	Madera	Cuero	Plástico			Vidrio	Metal	Hule	Otros	
									PBD	PET	PBD Empaques					
Martes	79.83	50.0	15.0	1.0	3.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	0.7	2.0	0.0	0.1	5.0	
Miércoles	81.88	43.0	17.5	1.5	2.0	2.3	0.0	2.0	5.5	3.0	0.5	0.0	0.0	0.1	4.5	
Jueves	70.06	42.0	14.5	1.5	1.0	1.5	0.5	0.5	4.0	1.5	1.5	0.5	0.5	0.1	0.5	
Viernes	119.63	36.5	61.5	3.0	2.5	2.5	0.0	0.0	5.0	3.0	1.5	0.5	0.5	0.1	3.0	
Sábado	144.70	28.0	85.0	3.5	2.0	6.5	1.5	0.5	9.5	2.5	0.5	1.0	0.5	0.5	3.2	
Domingo	99.00	37.0	48.0	1.0	1.5	2.5	0.5	0.5	3.0	1.0	1.5	0.5	0.5	0.5	1.0	
Lunes	107.50	25.0	61.0	2.5	2.0	0.5	1.5	2.5	3.5	3.0	0.5	1.5	0.5	3.0	0.5	
Martes	93.10	37.0	33.5	3.5	2.3	1.0	0.5	1.5	1.0	2.0	5.0	1.0	0.5	1.5	2.8	
Promedio (Peso)	99.46	37.31	42.00	2.19	2.04	2.09	0.56	0.94	4.19	2.13	1.46	0.88	0.38	0.74	2.56	
Promedio (%)	100.00	37.51	42.23	2.20	2.05	2.11	0.57	0.94	4.21	2.14	1.47	0.88	0.38	0.75	2.58	

Fuente: Propia del estudio

Gráfico 5.- Clasificación de los RSU en el casco urbano de Ocotlán.



Fuente: Propia del estudio

Según los resultados de la clasificación se obtiene que un 87.60 % de los residuos sólidos son materia orgánica y un 12.40 % son materia no biodegradable.

Los valores de residuos son bastante altos (42%) lo que indica que en gran parte la población está haciendo uso del sistema de recolección público para deshacerse de residuos originados en las áreas verdes de sus viviendas y que podrían estar siendo aprovechados para el compostaje en las mismas viviendas.

También se destacan los bajos porcentajes de materiales reciclables, esto podría deberse a que la población hace un proceso previo de selección de estos materiales para luego venderlos a comerciantes que se dedican a este negocio.

6.2.3 Producción per cápita

Para el municipio de Ocotal se obtuvo una Producción per Cápita de 0.53 kg/hab/día. Ver Anexo 2. Estos valores de PPC resultan acordes a estudios similares realizados por la Asociación de Municipios de Nicaragua (AMUNIC) para municipios con población urbana de 5000 a 70000 personas, según los cuales la PPC promedio es de 0.49 kg/hab/día.

También se realizó un monitoreo de los volúmenes de residuos sólidos depositados directamente en el vertedero municipal tanto por la Alcaldía como por otros ciudadanos e instituciones. Para ello se llevó el registro durante tres días consecutivos durante los cuales se contabilizó el volumen total depositado en el vertedero municipal. Ver Tabla 21.

Tabla 21.- Registro de residuos sólidos depositados en el vertedero municipal.

N°	Día 1			Día 2			Día 3		
	Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m ³)	Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m ³)	Tipo	Peso (Kg)	Volumen (m ³)
1	Privado	30.00	0.09	Privado	577.06	1.72	Privado	671.00	2.00
2	Privado	25.00	0.07	Privado	577.06	1.72	Privado	1358.78	4.05
3	Privado	35.00	0.10	Privado	37.58	0.11	Privado	402.60	1.20
4	Privado	20.00	0.06	Privado	201.30	0.60	MINSA	261.69	0.78
5	Privado	25.00	0.07	Privado	345.57	1.03	Privado	905.85	2.70
6	Privado	40.00	0.12	Privado	345.57	1.03	Privado	1352.07	4.03
7	Privado	10.00	0.03	Privado	1221.22	3.64	Alcaldía	2684.00	8.00
8	Alcaldía	1006.50	3.00	Privado	671.00	2.00	Alcaldía	4026.00	12.00
9	Alcaldía	2684.00	8.00	Alcaldía	1154.12	3.44	Privado	57.04	0.17
10	Privado	10.00	0.03	Policía	335.50	1.00	Privado	362.34	1.08
11	Alcaldía	4026.00	12.00	Alcaldía	838.75	2.50	Privado	83.88	0.25
12	Privado	20.00	0.06	Alcaldía	4026.00	12.00	Alcaldía	503.25	1.50
13	Privado	15.00	0.04	Alcaldía	2684.00	8.00	Privado	345.57	1.03
14	Privado	10.00	0.03	Alcaldía	671.00	2.00			
15	Privado	1342.00	4.00	Alcaldía	3690.50	11.00			
16	Alcaldía	4026.00	12.00	Alcaldía	2684.00	8.00			
17	Privado	50.00	0.15	Privado	1268.19	3.78			
18	Alcaldía	40.00	0.12	Privado	416.02	1.24			
19	Privado	45.00	0.13	Privado	335.50	1.00			
20	Alcaldía	2684.00	8.00	Privado	73.81	0.22			
21				Privado	204.66	0.61			
TOTAL		16143.50	48.11	TOTAL	22358.39	66.64	TOTAL	13014.05	38.79
PPC (kg/hab/día)			0.38			0.53		0.31	
PPC Promedio								0.40 kg/hab/día	

Fuente: Propia del estudio

Se hizo el debido análisis y se obtuvo que en promedio se depositan 51.18 m³/día de residuos sólidos. Dividiendo ese volumen entre la población del municipio resulta una Producción Per Cápita Promedio de 0.40 kg/hab/día la cual está por debajo de la obtenida durante la caracterización, por tanto la proyección de producción de RSU se hizo con el valor de PPC = 0.53 kg/hab/día.

6.2.4 Densidad

La densidad suelta promedio de los RSU calculada para el sector urbano del municipio de Ocotlán es de 335.5 kg/m³. La variación de la densidad suelta calculada en el casco urbano de Ocotlán durante el periodo de muestreo se representa en el gráfico 6.

Cabe destacar que este valor de densidad suelta es un poco alto si se compara con valores obtenidos de estudios para ciudades similares. Esto se corresponde con la clasificación física ya que al haber un alto porcentaje de restos de patio estos contienen un alto porcentaje de humedad lo que redonda en un alto valor de densidad.

Gráfico 6.- Variación de la densidad suelta en el municipio de Ocotlán.



Fuente: Propia del estudio

6.3 Almacenamiento

No existen estaciones de transferencias de modo que todos los desechos son descargados individualmente en cada vivienda y en los mercados. Los recipientes utilizados por los ciudadanos para el almacenamiento de los desecho sólidos son pequeños baldes plásticos y sacos.

Se realizó el cálculo del volumen de almacenamiento para una semana requerido por una vivienda:

$$VR = \frac{7 \frac{\text{días}}{\text{semana}} * 1000 \frac{\text{lbs}}{\text{m}^3} * 5.24 \frac{\text{hab}}{\text{viv}} * 0.51 \frac{\text{kg}}{\text{hab} * \text{día}}}{355.50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 55.76 \text{lbs}$$

De lo anterior resulta que cada vivienda debe estar dotada de un recipiente con una capacidad de 60 litros.

6.4 Recolección

6.4.1 Macro ruteo

Según la información disponible en la Dirección de Servicios Municipales de la Alcaldía de Ocotlán, el macro ruteo o transporte de los desechos sólidos se hace a una distancia de 3 kms desde el casco urbano.

De emplazarse el relleno sanitario en el mismo sitio donde ahora funciona el vertedero municipal, se mantendría la misma distancia de 3 kms. La velocidad recomendada es de 10 km/hr resultando un tiempo de recorrido de 0.2 horas equivalente a 12 minutos.

6.4.2 Micro ruteo

Según la información disponible en la Dirección de Servicios Municipales de la Alcaldía de Ocotlán, el macro ruteo o transporte de los desechos sólidos se hace a una distancia de 3 kms desde el casco urbano. El micro ruteo está compuesto por 6 rutas, las cuales son cubiertas durante toda la semana. La frecuencia de recolección es de tres veces para la zona céntrica y una vez por semana para los barrios periféricos. La oficina de Servicios municipales no cuenta con un mapa de micro ruteo que sirva de guía a los operarios.

Se ha calculado el número de camiones requeridos para evacuar los desechos según la proyección de producción. En este caso las propuestas consisten en el análisis para una frecuencia semana de 1 y 2 veces por semana, considerando primero que el 100% de los residuos son llevados al relleno y la segunda considerando que el 10% son separados y comercializados como materiales reciclables y por tanto solo el 90% de los residuos van al relleno.

Así mismo, se hace la consideración de que en una jornada laboral se realice un viaje por camión.

El tiempo de ciclo de recolección y transporte se muestra a continuación:

Tabla 22.- Tiempo de ciclo estimado.

T1	15	min
T2	30	min
T3	30	min
T4	15	min
T5	20	min
TR	3	ton/hr
TR	135	min
Jornada	480	min
T ciclo	305	min

Fuente: Propia del estudio.

T1 = tiempo desde el plantel hasta el inicio de la ruta

T2 = tiempo desde que termina la ruta hasta la llegada al relleno

sanitario T3 = tiempo de operación y maniobra en el relleno sanitario

T4 = tiempo desde que sale del relleno hasta que llega a la nueva ruta

T5 = tiempo del relleno al plantel (en el caso de un solo viaje por día).

Así mismo se supone un tiempo de recolección de 202.5 min calculado en base a una tasa de recolección de 2 ton/hr, es decir la recolección de 107 viviendas en una hora.

El número de camiones estimado por quinquenios para diferentes frecuencias de recolección se muestra en la tabla 23.

Tabla 23.- N° de camiones para diferentes frecuencias de recolección

Año	Volumen producido (kg/día)	Frecuencia /semana	Días Acumulación	Capacidad tolva (kg)	Volumen semana	Volumen día (kg)	Capacidad Transporte (Ton)	N° de turnos	Transporte día (kg)	N° camiones
2018	24667	1	7	6750	47250	24667.00	6750	1	6750	3.65
		2	4	6750	47250	14095.43	6750	1	6750	2.09
2022	27316	1	7	6750	47250	27316.00	6750	1	6750	4.05
		2	4	6750	47250	15609.14	6750	1	6750	2.31
2027	31170	1	7	6750	47250	31170.00	6750	1	6750	4.62
		2	4	6750	47250	17811.43	6750	1	6750	2.64
2032	35473	1	7	6750	47250	35473.00	6750	1	6750	5.26
		2	4	6750	47250	20270.29	6750	1	6750	3.00

Fuente: Propia del estudio.

De este análisis resulta que para evacuar los desechos producidos actualmente y con una frecuencia de una vez por semana se requiere de 4 camiones compactadores con una capacidad de 15 m³ y que para el periodo de diseño (2032) la flota requerida será de 6 camiones con una frecuencia de 1 vez por semana y 3 camiones para una frecuencia de 2 veces por semana.

6.5 Disposición final

De acuerdo a los objetivos planteados para este estudio, la disposición final propuesta es de un Relleno Sanitario.

Considerando la población a cubrir y en consecuencia los volúmenes de desechos a disponer se propone la construcción de un relleno sanitario Semi mecanizado. Así mismo tomando en cuenta las condiciones ambientales del sitio propuesto, así como su morfología y extensión, se propone que el relleno sea tipo trinchera.

Considerando los criterios anteriores se han propuesto los siguientes parámetros de la tabla No.24:

Tabla No.24 Criterios para dimensionamiento de relleno sanitario

Densidad Suelta	335.50	kg/m3	
Densidad Compacta	450	kg/m3	
Densidad Estable	650	kg/m3	
Material Cobertura	20	%	1.2
Áreas Adicionales	30	%	1.3

Fuente: Propia del estudio.

Según la clasificación física de los residuos el 10% de los mismos tienen potencial de ser reciclados y posteriormente comercializados. Esto puede servir como estrategia para la disminución de los volúmenes de residuos que llegarían al relleno. Por tal razón se hizo el cálculo del área requerida para el 100% y el 90% del total de volúmenes generados. Ver tablas 25 y 26 respectivamente.

Tabla No.25.- Cálculo del área requerida del relleno sanitario. (100% de RS depositados).

Año	N°	Población Diseño	PPC (Kg/hab/día)	DS Generados			Volumen de DS				Volumen RS		Área Requerida					Área Anual
							Compactados		Estabilizados		Estabilizado		Relleno Sanitario		Área total			
				Diario (Kg/día)	Anual (Ton)	Acumulados (Ton/año)	Diario (m ³)	Anual (m ³)	Diario (m ³)	Anual (m ³)	Anual (m ³)	Acumulado (m ³)	m	Ha	m	Ha	Mz	
2017	0	45,378.00	0.53	24,050.34	8,778.37	8,778.37	53.45	19,507.50	37.00	13,505.19	16,206.23	16,206.23	1,620.62	0.16	2,106.81	0.21	0.30	1,620.62
2018	1	46,105.00	0.54	24,666.18	9,003.15	17,781.53	54.81	20,007.01	37.95	13,851.01	16,621.21	32,827.44	3,282.74	0.33	4,267.57	0.43	0.61	1,662.12
2019	2	46,843.00	0.54	25,295.22	9,232.76	27,014.28	56.21	20,517.23	38.92	14,204.24	17,045.09	49,872.52	4,987.25	0.50	6,483.43	0.65	0.92	1,704.51
2020	3	47,593.00	0.55	25,938.19	9,467.44	36,481.72	57.64	21,038.75	39.90	14,565.29	17,478.35	67,350.87	6,735.09	0.67	8,755.61	0.88	1.24	1,747.83
2021	4	48,355.00	0.55	26,595.25	9,707.27	46,188.99	59.10	21,571.70	40.92	14,934.26	17,921.11	85,271.98	8,527.20	0.85	11,085.36	1.11	1.57	1,792.11
2022	5	49,129.00	0.56	27,315.72	9,970.24	56,159.23	60.70	22,156.09	42.02	15,338.83	18,406.60	103,678.57	10,367.86	1.04	13,478.21	1.35	1.91	1,840.66
2023	6	49,916.00	0.56	28,052.79	10,239.27	66,398.50	62.34	22,753.93	43.16	15,752.72	18,903.27	122,581.84	12,258.18	1.23	15,935.64	1.59	2.26	1,890.33
2024	7	50,715.00	0.57	28,806.12	10,514.23	76,912.73	64.01	23,364.96	44.32	16,175.74	19,410.89	141,992.73	14,199.27	1.42	18,459.06	1.85	2.62	1,941.09
2025	8	51,527.00	0.57	29,576.50	10,795.42	87,708.15	65.73	23,989.83	45.50	16,608.34	19,930.01	161,922.74	16,192.27	1.62	21,049.96	2.10	2.99	1,993.00
2026	9	52,352.00	0.58	30,364.16	11,082.92	98,791.07	67.48	24,628.71	46.71	17,050.64	20,460.77	182,383.51	18,238.35	1.82	23,709.86	2.37	3.36	2,046.08
2027	10	53,190.00	0.59	31,169.34	11,376.81	110,167.88	69.27	25,281.80	47.95	17,502.78	21,003.34	203,386.85	20,338.69	2.03	26,440.29	2.64	3.75	2,100.33
2028	11	54,042.00	0.59	31,992.86	11,677.40	121,845.27	71.10	25,949.77	49.22	17,965.22	21,558.27	224,945.12	22,494.51	2.25	29,242.87	2.92	4.15	2,155.83
2029	12	54,907.00	0.60	32,834.39	11,984.55	133,829.82	72.97	26,632.34	50.51	18,437.77	22,125.32	247,070.45	24,707.04	2.47	32,119.16	3.21	4.56	2,212.53
2030	13	55,786.00	0.60	33,694.74	12,298.58	146,128.41	74.88	27,330.18	51.84	18,920.89	22,705.07	269,775.52	26,977.55	2.70	35,070.82	3.51	4.98	2,270.51
2031	14	56,679.00	0.61	34,574.19	12,619.58	158,747.99	76.83	28,043.51	53.19	19,414.74	23,297.68	293,073.20	29,307.32	2.93	38,099.52	3.81	5.41	2,329.77
2032	15	57,586.00	0.62	35,472.98	12,947.64	171,695.62	78.83	28,772.52	54.57	19,919.44	23,903.33	316,976.53	31,697.65	3.17	41,206.95	4.12	5.85	2,390.33

Fuente: Propia del estudio.

Tabla 26.- Cálculo del área requerida del relleno sanitario. (90% de RS depositados).

Año	N°	Población Diseño	PPC (Kg/hab/día)	DS Generados			Volumen de DS				Volumen RS		Área Requerida			
				Diario (Kg/día)	Anual (Ton)	Acumulados (Ton/año)	Compactados		Estabilizados		Estabilizado		Relleno Sanitario		Área total	
							(m ³)	Anual (m ³)	(m ³)	Anual (m ³)	(m ³)	Acumulado (m ³)	m ²	Ha	m ²	Ha
2017	0	45378	0.53	21646	7901	7901	48.11	17560.15	33.31	12158.15	14589.78	14589.78	1458.98	0.15	1896.68	0.19
2018	1	46105	0.54	22200	8104	16005	49.34	18009.10	34.16	12468.40	14962.08	29551.86	2955.19	0.30	3841.75	0.39
2019	2	46843	0.54	22766	8310	24315	50.60	18469.00	35.03	12785.95	15343.14	44895.00	4489.5	0.45	5836.35	0.59
2020	3	47593	0.55	23345	8521	32836	51.88	18936.20	35.92	13110.80	15732.96	60627.96	6062.8	0.61	7881.64	0.79
2021	4	48355	0.55	23936	8737	41573	53.20	19418.00	36.83	13442.95	16131.54	76759.50	7675.95	0.77	9978.74	1.00
2022	5	49129	0.56	24584	8974	50547	54.64	19943.60	37.83	13807.95	16569.54	93329.04	9332.91	0.94	12132.79	1.22
2023	6	49916	0.56	25248	9216	59763	56.11	20480.15	38.85	14180.25	17016.30	110345.34	11034.54	1.11	14344.91	1.44
2024	7	50715	0.57	25926	9464	69227	57.62	21031.30	39.89	14559.85	17471.82	127817.16	12781.72	1.28	16616.24	1.67
2025	8	51527	0.57	26619	9717	78944	59.16	21593.40	40.96	14950.40	17940.48	145757.64	14575.77	1.46	18948.51	1.90
2026	9	52352	0.58	27329	9975	88919	60.73	22166.45	42.05	15348.25	18417.90	164175.54	16417.56	1.65	21342.83	2.14
2027	10	53190	0.59	28053	10240	99159	62.34	22754.10	43.16	15753.40	18904.08	183079.62	18307.97	1.84	23800.37	2.39
2028	11	54042	0.59	28794	10510	109669	63.99	23356.35	44.30	16169.50	19403.40	202483.02	20248.31	2.03	26322.81	2.64
2029	12	54907	0.60	29552	10787	120456	65.67	23969.55	45.47	16596.55	19915.86	222398.88	22239.89	2.23	28911.86	2.90
2030	13	55786	0.60	30326	11069	131525	67.39	24597.35	46.66	17030.90	20437.08	242835.96	24283.6	2.43	31568.68	3.16
2031	14	56679	0.61	31118	11358	142883	69.15	25239.75	47.88	17476.20	20971.44	263807.40	26380.74	2.64	34294.97	3.43

Fuente: Propia del estudio.

6.5.1 Evaluación del sitio de emplazamiento del Relleno Sanitario

En la evaluación ambiental se incluyeron los requisitos que según la NTON 05 014-01 Norma Técnica Ambiental para el Manejo, Tratamiento y Disposición Final de los Residuos Sólidos No Peligrosos. Ver tabla 13 y 14

En el caso de la evaluación social se tomó en cuenta el nivel de afectación social provocada por la ubicación actual del vertedero y finalmente en la evaluación ambiental se consideraron todas las variables ambientales relacionadas al clima (agua, suelo, aire, paisajes, etc.)

Al evaluar las el sitio según los requerimientos de la NTON 05 014-01 se obtiene un puntaje de 35 de un total de 55 puntos, es decir un 63.6 % de cumplimiento de los requisitos establecidos en la NTON 04 014-01.

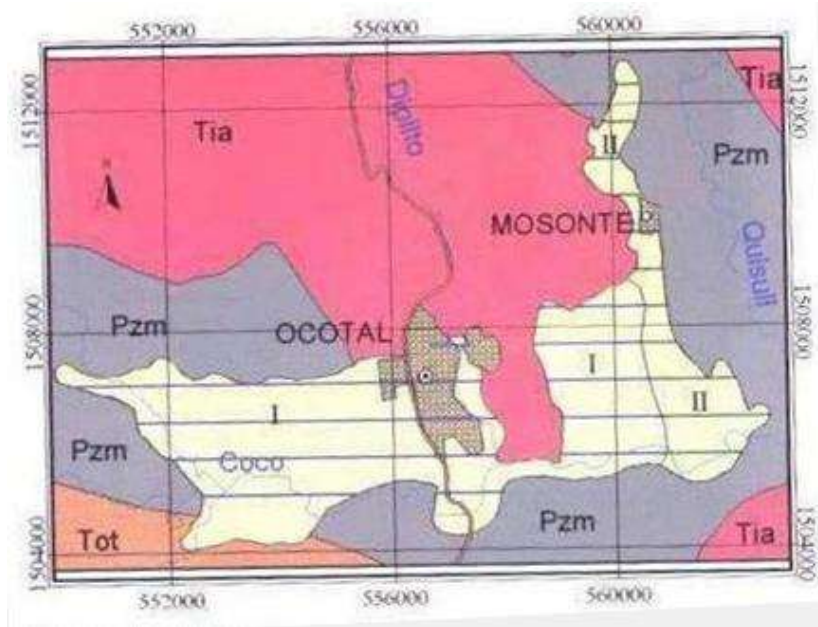
También se realizó una evaluación socio ambiental donde se obtuvo un puntaje de 15 sobre un total de 24 para un cumplimiento del 62.5 %.

De manera general puede concluirse que el actual vertedero se encuentra bien ubicado y que en los parámetros en los cuales no se cumple o existen deficiencias pueden corregirse o mejorarse perfectamente ya que básicamente dependen de inversión en infraestructura física.

6.5.2 Estudio hidrogeológico

El Acuífero Aluvial del Valle de Ocotul se ubica en las coordenadas 550E, 1503N, y 563E, 1513 N, con dominio de las rocas metamórficas (Pzm), intrusivas (Tia) y Totogalpa (Tot). Ver figura 57

Figura 7.- Acuífero Aluvial Valle de Ocotál



Fuente (INETER, 2004)

Este valle con tiene elevaciones que oscilan entre 600 y 700 msnm y tiene un área aproximada de 29.80 km².

La profundidad de los pozos perforados varía desde 25.23 m hasta los 86.87 m con un promedio de espesor saturado de 45.4 m. El caudal específico es de 3.8 m³/hr/m con valores de transmisividad que oscilan de 16 hasta 1676 m²/d con una media de 438 m²/d.

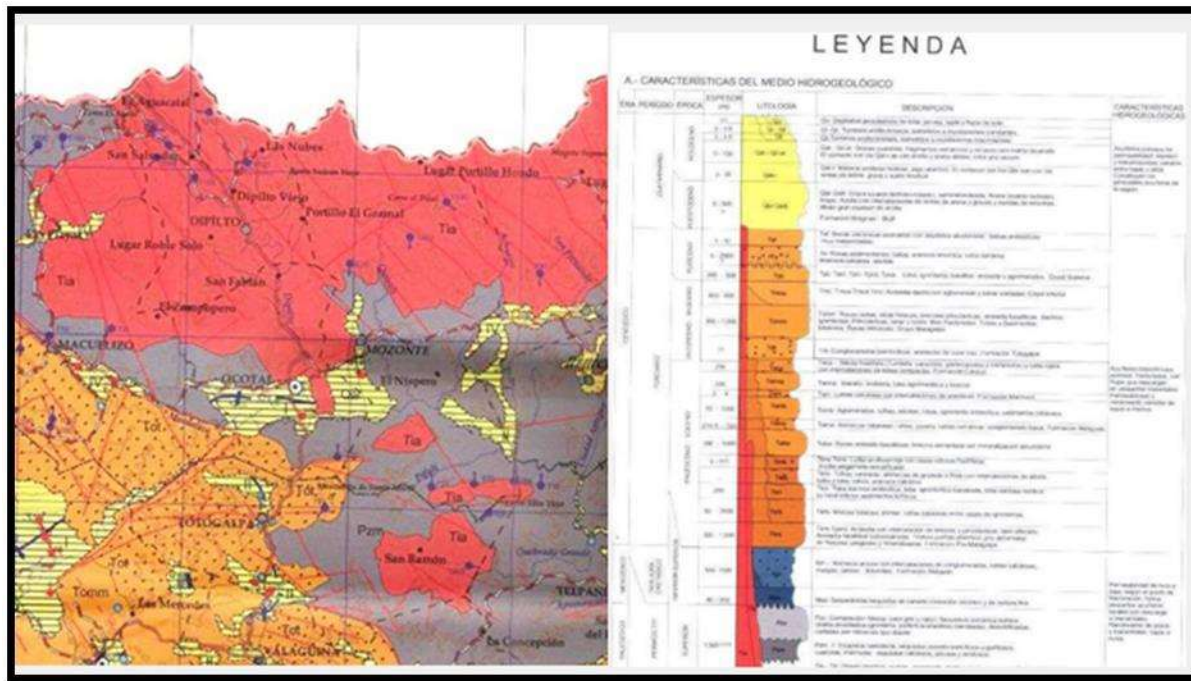
En Ocotál la recarga es por lluvia y a través de los ríos que bañan el valle, entre ellos el río Mozonte y el río Coco. Existen otras quebradas de caudal intermitente que solo descargan en el tiempo lluvioso.

Respecto a la hidrodinámica del agua, el comportamiento de las alturas piezométricas en el acuífero varía de 578.58 a 606 msnm en el valle de Ocotál. El acuífero tiene un desplazamiento de Norte a Sur.

De acuerdo al Estudio de Mapificación hidrogeológica realizado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) el Acuífero Valle de Ocotal es un Acuífero poroso de permeabilidad, espesor y transividad variables constituyéndose uno de los principales acuíferos de la región. Ver Figura 8.

En cuanto a la litología del acuífero, de 0 a 100 m, se presenta un estrato de gravas cuarzosas con fragmentos volcánicos y silíceos con matriz de arcilla. Más allá de los 100 m a esquistos sericíticos y grafitosos, cuarcitas y mármoles. Ver Figura 8.

Figura 8.- Mapa Hidrogeológico del Acuífero Valle de Ocotal.



Fuente: INETER, 2004.

6.5.3 Estudio geológico

Según el Mapa Geológico de Nicaragua, el Municipio de Ocotal se localiza en la Provincia Geológica N° IV y se encuentra ubicado en un área constituida por rocas paleozoicas metamorizadas que representan una edad de más de 200 millones de años, rocas mesozoicas con edades mayores a los 90 millones de años, rocas

volcánicas Terciarias de la formación Totogalpa y depósitos cuaternarios de sedimentos residuales y aluviales con edades desde 1 millón de años al presente. Ver Figura 9.

Figura 9.- Mapa Geológico de Nicaragua.



Fuente: Atlas Escolar de Nicaragua. INETER, 1995.

De acuerdo al análisis de rocas de diferentes edades se pueden identificar las siguientes formaciones geológicas:

Complejo de Rocas Metamórficas del Paleozoico – Mesozoico: representando las rocas más antiguas de Nicaragua. Son terrenos poco estables con suelos residuales arcillosos poco potentes. La mayoría de estas rocas se encuentran alteradas y fracturadas, susceptibles a procesos de deslizamiento y lava torrenciales.

Intrusivos Mesozoico-Cenozoico: ocurren en zonas relativamente elevadas en la parte Sur del Municipio, en los Cerros El Tigriillo y al Norte Cerro El Nancital Por lo general se encuentran bastante meteorizados en zonas de intenso fracturamiento lugar a potentes suelos inestables sujetos a procesos de erosión–sedimentación.

Formación Totogalpa: cubre una pequeña porción al Sur del municipio en Los Cerros Las Petacas y la Musunse, incluyen rocas volcánicas que generalmente presentan un alto grado de alteración y fracturamiento, por lo cual son muy susceptibles a fenómenos de deslizamiento y derrumbes.

Cuaternario Residual y/o Aluvial: se dan en combinación de los procesos tectónicos con los de meteorización y erosión - sedimentación. Estos depósitos son profundos, ácidos, muy permeables, de gravillas y arenas muy gruesas y conforman el valle de Ocotál estando sujetos a fuertes procesos erosivos.

6.5.4 Elementos del relleno sanitario

- **Dimensionamiento de trincheras**

En la tabla siguiente se muestra el dimensionamiento de las trincheras considerando una vida útil de 120 días para cada trinchera, un Factor de material de Cobertura de 1.2 (20% de Material de Cobertura) y una densidad compacta de los Desechos Sólidos de 450 kg/m³.

Tabla 27.- Dimensionamiento de trincheras.

Datos	Valor	Unidad	Cálculo	Fórmula	Valor	Unidad
Vida útil de zanja Vuz	120	días	Vol. Zanja Vz	$Vz=(Vu*DSR*MC)/DSC$	7696.11	m ³
DS recolect. DSR	24,050.34	kg/día				
Mat. Cobertura MC	1.2		Vol. Exc. Diario Ved	$Ved=Vz/Vuz$	64.13	m ³
Drscomp. DSC	450	kg/m ³				
Ancho propuesto b	15	m	Longitud de zanja Lz	$L=Vz/(b*h)$	51	m
Altura Propuesta h	10	m	Vol. Total Zanja	$VTZ=b*h*L$	7696.11	m ³

Fuente: Propia del estudio.

El volumen de excavación requerido para los 120 días es de 7696.11 m³ resultando una trinchera con un ancho de 15 m, altura de 10 m y longitud de 51 m. De los 10 m de altura, 5 serán excavados y los 5 m restantes serán por el método de área aprovechando el desnivel topográfico.

- **Tiempo de máquinas**

Se calculó el tiempo de máquinas requerido para la excavación de los 7,696.11 m³ que es el volumen de cada trinchera para 120 días según se muestra en la tabla 28.

Tomando en cuenta una jornada laboral del maquinista de 6 horas y un rendimiento del equipo de 14 m³/hr se obtiene que se requiere de la operación de la maquinaria durante 68.72 días para cada trinchera.

Tabla 28.- Tiempo de maquinaria requerido.

Datos	Valor	Unidad	Cálculo	Fórmula	Valor	Unidad
Volumen de zanja	7,696.11	m ³	Tiempo de máquinas Tmaq	Tmaq=Vz/(JL*R)	68.72	días
Jornada laboral JL	8	hrs				
Rendimiento R	14	m ³ /hr				

Fuente: Propia del estudio.

- **Número de trincheras**

Según el estudio topográfico, el área disponible para el Relleno Sanitario es de 11.55 mzs equivalentes a 81,581 m², por lo tanto tiene una capacidad para 81.5 zanjas resultando una vida útil de 27.18 años. Ver Tabla 29. Ver Plano de Conjunto.

Tabla 29.- Número de trincheras y vida útil del RS.

Datos	Valor	Unidad	Cálculo	Fórmula	Valor	Unidad
Área disponible Adisp	81,580.50	m ²	Numero de Zanjas n	n=Adisp/(FOA*Azanja)	81.5	zanjas
Área de c/zanja Azanja	769.61	m ²	N° de meses M	M=n*Vuz	326.16	meses
Factor Obras Adic. FOA	1.3		Vida util relleno VUR	VUR=(M/12)	27.18	años

Fuente: Propia del estudio.

- **Dimensionamiento de celda diaria**

Se dimensionó la celda diaria considerando 6 días laborables en los que deberán ser evacuados los residuos sólidos producidos durante toda la semana, resultando un volumen diario a disponer de 28,058.73 kg/día equivalente a un volumen de 74.82 m³/día. Este volumen será depositado en una celda de 5 m de ancho, con 1.2 m de profundidad y 12.47 m de longitud. Ver tabla 30.

Tabla 30.- Dimensiones de celda diaria.

Datos	Valor	Unidad	Cálculo	Fórmula	Valor	Unidad
DSR	24,050.34	kg/día	DS a disponer DSr	DSr=DSR*(7/Dh)	28,058.73	kg/día
Días laborables Dh	6	días				
Material de Cobertura MC	1.2		Volumen de celda Vc	Vc= (DSr/DRS)*MC	74.82	m3
DRS	450	kg/m3				
Ancho celda propuesto bc	5	m	Longitud de Celda Lc	Lc=Vc/(bc*hc)	12.47	m
Altura celda propuesta hc	1.2	m				

Fuente: Propia del estudio.

- **Canales pluviales**

Para determinar el caudal de diseño de los canales pluviales se utilizó el Método Racional. En el caso del Relleno Sanitario el área está dada por el tamaño que tendrá cada fase o etapa. El coeficiente de escorrentía C se seleccionó de acuerdo al tipo de suelo, tipo de vegetación y pendiente del talud ya conformado. Ver valores de C en Anexos 3.

La Intensidad de Lluvia se determinó de las curvas Intensidad Duración y Frecuencia (IDF) de la Estación Ocotál. Ver Anexo 4. Tal como se recomienda para canales pluviales, se consideró un periodo de retorno de 10 años con una duración de lluvia de 10 minutos, obteniéndose un valor de I de 127.72 mm/hr.

Los valores del caudal pluvial para cada etapa se muestran en la tabla 31.

Tabla 31. Caudales pluviales.

Etapa	N° Zanjas	Área (m2)	Área (km2)	Coef. Escorrentía C	Intensidad de lluvia (mm/hr)	Caudal (m ³ /seg)
1	5	3848.0544	0.0038	0.10	127.72	0.014
2	7	5387.2762	0.0054	0.10	127.72	0.019
3	8	6156.887	0.0062	0.10	127.72	0.022
4	9	6926.4979	0.0069	0.10	127.72	0.025
5	14	10774.552	0.0108	0.10	127.72	0.038
6	15	11544.163	0.0115	0.10	127.72	0.041
7	15	11544.163	0.0115	0.10	127.72	0.041
8	7	5387.2762	0.0054	0.10	127.72	0.019

Fuente: Propia del estudio.

Para el dimensionamiento de los canales pluviales se utilizó el software HCANALES. Se proponen secciones rectangulares revestidas con concreto con una pendiente longitudinal de 0.002 m/m y un n de Manning de 0.013. Ver detalles de secciones en tabla 32. Ver detalles constructivos en planos.

Tabla 32.-Dimensiones de canales pluviales.

Etapa	Ancho de solera b (m)	Pendiente S (m/m)	Coef. Manning	Tirante Y (m)
1	0.25	0.002	0.013	0.11
2	0.25	0.002	0.013	0.14
3	0.25	0.002	0.013	0.15
4	0.25	0.002	0.013	0.16
5	0.25	0.002	0.013	0.22
6	0.3	0.002	0.013	0.19
7	0.3	0.002	0.013	0.19
8	0.3	0.002	0.013	0.19

- Caudal de lixiviados

Tabla 33. Balance hídrico para determinar película de percolación.

Proceso de interpolación de	13	29.40	27.30	30.90	33.00	32.10	33.00	32.40	30.60	30.60	30.80	28.80	27.40	30.53	
duración de Radiación solar	14	29.40	27.30	30.90	33.00	32.40	33.30	32.40	30.60	30.60	30.80	28.80	29.10	30.72	
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70		
	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25		
Precipitación P (mm)		3.10	4.90	12.00	33.90	135.30	153.90	82.80	104.50	150.30	150.60	31.10	6.00	868.40	
BALANCE HIDRICO (PERC)															
PARAMETROS		Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Media	
Temperatura	T (° C)	21.80	22.7	24.3	25.6	25.6	24.3	23.8	24	23.8	23.4	22.5	21.8	23.6	
Temperatura	T (° F)	71.24	72.86	75.74	78.08	78.08	75.74	74.84	75.20	74.84	74.12	72.50	71.24		
Índices de calor	I	9.27	9.85	10.93	11.82	11.82	10.93	10.6	10.75	10.6	10.34	9.75	12.17	128.83	
Evapora. Potencial no Ajustada	UPET (Pulg.)	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13		
Factor de duración de luz solar	R	29.40	27.30	30.90	33.00	32.18	33.08	32.40	30.60	30.60	30.80	28.80	27.83		
Evaporación potencial Ajustada	PET (Pulg.)	3.82	3.55	4.02	4.29	4.18	4.30	4.21	3.98	3.98	4.00	3.74	3.62	47.69	
Precipitación	P(cm.)	0.31	0.49	1.20	3.39	13.53	15.39	8.28	10.45	15.03	15.06	3.11	0.60	86.84	
Precipitación	P (Pulg.)	0.12	0.19	0.47	1.33	5.33	6.06	3.26	4.11	5.92	5.93	1.22	0.24	34.19	
Coeficiente de escurrimiento	C r/o	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		
Escurrimiento	R/O (Pulg.)	0.01	0.02	0.05	0.13	0.53	0.61	0.33	0.41	0.59	0.59	0.12	0.02	3.42	
Escurrimiento	R/O (mm)	0.31	0.49	1.20	3.39	13.53	15.39	8.28	10.45	15.03	15.06	3.11	0.60		
Infiltración	I (Pulg.)	0.11	0.17	0.43	1.20	4.79	5.45	2.93	3.70	5.33	5.34	1.10	0.21		
Infiltración	I (mm)	2.8	4.4	10.8	30.5	121.8	138.5	74.5	94.1	135.3	135.5	28.0	5.40		
Agua disponible par almacenamiento	I - PET (Pulg.)	-3.7	-3.4	-3.6	-3.1	0.6	1.2	-1.3	-0.3	1.3	1.3	-2.6	-3.4		

Perdida de agua acumulada	ACCWL (Pulg.)	-3.7	-7.1	-10.7	-13.8	0.0	0.0	-1.3	0.0	0.0	0.0	-2.6	-6.0		
Humedad acumulado en el suelo	ST (Pulg.)	1.5	1.6	1.4	1.3	0.6	1.2	1.4	-0.3	1.3	1.3	1.5	1.6		
Cambio de almacenan. de hum. de suelo	AST (Pulg.)	1.5	0.1	-0.2	-0.1	-0.7	0.5	0.2	-1.6	1.6	0.2	0.2	0.1		
Cambio de almacenan. de hum. de suelo	AST (mm)	38.1	2.8	-4.8	-2.3	-18.3	13.8	5.0	-41.3	40.8	4.6	6.3	1.3		
Evapotranspiración actual	AET (Pulg.)	-1.4	0.1	0.6	1.3	4.2	4.3	2.7	4.0	4.0	4.0	0.9	0.2	24.78	Determinación de
Evapotranspiración actual	AET (mm)	-35.3	1.6	15.6	32.8	106.2	109.2	69.5	101.0	101.0	101.7	21.7	4.1		Evapotransp.actual
Percolación	PERC (Pulg.)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.6	0.0	1.4	-0.3	1.1	0.0	0.0	4.18	Percolación
Percolación	PERC (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	33.8	15.5	0.0	34.3	-6.6	29.2	0.0	0.0	106.20	Percolación
Precipitación verificada	P verif.(Pulg.)	0.1	0.2	0.5	1.3	5.3	6.1	3.3	4.1	5.9	5.9	1.2	0.2	34.19	
Precipitación verificada	P verif.(mm.)	3.1	4.9	12.0	33.9	135.3	153.9	82.8	104.5	150.3	150.6	31.1	6.0	868.40	Entrada comprob.
		1.4	2.2	5.4	15.3	60.9	69.3	37.3	47.0	67.6	67.8	14.0	2.7	390.78	
S=(PERC+AET+AST+R/O) - P		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Percolación	PERC (m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.03	-0.01	0.03	0.00	0.00	0.11	Percolación

En la tabla anterior se muestra el cálculo de la lámina de percolación mediante la realización de un balance hídrico. La lámina de percolación obtenida es de 0.11 m. Para dicho cálculo se utilizó los datos de la Estación Meteorológica Ocotlán (Precipitación media y Temperatura media) cuya información fue obtenida del INETER. Ver Anexo 10 Una vez determinada la lámina de percolación se procedió al cálculo del caudal de lixiviados según el área del relleno a ocupar anualmente tal y como se muestra en la tabla siguiente.

El caudal total de lixiviados es de 12.74 m³/día, sin embargo se está considerando un tratamiento por etapas ya que según experiencias existentes en el país el periodo de estabilización es de 3.33 años, lo cual significa que después de ese tiempo la carga orgánica de los lixiviados tiende a disminuir significativamente. Tomando en cuenta lo anterior el caudal de diseño del sistema de tratamiento es de 6.64 m³/día.

Tabla 34. Caudal de lixiviados anual.

Profundidad de lixiviados/año			0.11		
Número de días lluviosos (días) (Mayo - Noviembre)			214.0		
Tasa de incremento de lluvia anual (%)			1.00		
100 % + increm. De P			1.01		
AÑO	PELICULA	AREAS	VOLUMEN	CAUDAL	CAUDAL
	ANUAL (m)	(m ²)	ANUAL (m ³)	Mtdo.PERC (m ³ /día)	Mdi.PERC (m ³ /día)
2017	0.11	1621	172	0.80	
2018	0.11	1662	178	0.83	
2019	0.11	1705	185	0.86	
2020	0.11	1748	191	0.89	
2021	0.11	1792	198	0.93	4.32
2022	0.11	1841	205	0.96	
2023	0.11	1890	213	1.00	
2024	0.11	1941	221	1.03	
2025	0.12	1993	229	1.07	
2026	0.12	2046	238	1.11	5.17
2027	0.12	2100	246	1.15	
2028	0.12	2156	255	1.19	
2029	0.12	2213	265	1.24	
2030	0.12	2271	274	1.28	
2031	0.12	2330	284	1.33	
2032	0.12	2390	295	1.38	7.57

AÑO	PELICULA	AREAS	VOLUMEN	CAUDAL	CAUDAL
	ANUAL (m)	(m ²)	ANUAL (m3)	Mtdo.PERC (m3/día)	Mdi.PERC (m ³ /día)
Vida útil y/o de estabilización en trópico VUE		3.33	años	Q total	12.74
Vida útil de operación del relleno VUR		27.18	años	Q promedio	6.37
Fctor de Tiempo de biodegradación FB=VUE/VUR		0.12			
CAUDAL DE DISEÑO (Qd) PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS (M3/DÍA)					6.64

Fuente:: Propia del estudio

➤ Recolección y transporte de lixiviados.

Los lixiviados serán recolectados a través de canales ciegos dispuestos en cada trinchera. Ver Planos.

El transporte de estos hasta la planta de tratamiento de realizará mediante tubos PVC de 4 “unidos a través de cajas de registro. Los niveles topográficos y profundidades de las cajas de registro se muestran en la siguiente tabla 35. Ver detalles en Planos.

Tabla 35. Niveles y profundidades de cajas de registro

Tramo		Longitud (m)	N. Tapa		Pendiente terreno (%)	Pendiente tubo (%)	Nivel Invert		Profundidad (m)
A. Arriba	A. Abajo		A. Arriba	A. Abajo			A. Arriba	A. Abajo	
CR-14	CR-13	51.83	640.3	639.9	0.772	1	635.3	634.78	5.00
CR-13	CR-12	51.87	639.9	638.8	2.121	2	634.75	633.71	5.15
CR-12	CR-11	51.23	638.8	637.8	1.952	2	633.68	632.66	5.12
CR-11	CR-10	93.62	637.8	632	6.195	6	632.63	627.01	5.17
CR-10	CR-9	24.79	632	629.5	10.085	10	626.98	624.50	5.02
CR-9	CR-2	18.61	629.5	626.85	14.240	10	624.47	622.61	5.03
CR-8	CR-7	22.03	630.9	629.2	7.717	8	625.90	624.14	5.00
CR-7	CR-6	34.6	629.2	628.6	1.734	2	624.11	623.42	5.09
CR-6	CR-5	23.9	628.6	626.25	9.833	10	623.39	621.00	5.21
CR-5	CR-4	34.25	626.25	626.15	0.292	1	620.97	620.62	5.28
CR-4	CR-3	23.19	626.15	626.4	-1.078	0.5	620.59	620.48	5.56
CR-3	CR-2	20.25	626.4	626.85	-2.222	0.5	620.45	620.35	5.95

Fuente: Propia del estudio

- **Sistema de tratamiento de lixiviados**

Se propone un sistema de tratamiento de lixiviado compuesto por una Fosa Séptica de dos cámaras seguida de un Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente. La Fosa Séptica tendrá una profundidad $H= 2\text{m}$, longitud total $L = 8.55\text{m}$ y un ancho $B= 4.30 \text{ m}$. Ver detalles en Planos.

Tabla 36.- Dimensiones de Fosa Séptica y FAFA.

N°	Datos			Cálculo	Fórmula	Resultados	
		Valor	Unid.			Valor	Unids
1	FOSA SÉPTICA			Volumen de sólidos V1	$V_1 = \left[\left(\frac{0.7 * SST * Q * (1 - SSV)}{0.04} \right) \right] * T_R / 10^9$	66.05	m ³
	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	3932.00	mg/lt				
	Caudal Total	0.082	lps	Volumen de líquidos V2	V=Q*Tr	7.11	
	Sólidos Volátiles Totales (SVT)	3932	mg/lt	Volumen Total Vt	Vt=V1+V2	73.16	m ³
	Periodo de Retención Sólidos Ts	180	días	Área Superficial As	As=V/H	36.58	m ²
	Periodo de retención T	1	días	Ancho B	B=(A/2) ^{0.5}	4.28	M
	H propuesta	2	m	Longitud L	L=2B	8.55	M
	Relación L/B	2		HT	Ht=H+BL	2.3	M
	Borde Libre BL	0.3	m	Calidad del efluente DBO		1956.06	mg/lt
	Concentración inicial DBO5	13040.4	mg/lt	L1	L1=0.6667*L	1.90	
	Eficiencia remoción DBO5	85	%	L2	L2=0.33L	6.65	
2	FAFA			Volumen	V=1.6QTr	11.38	m ³
	Tiempo de retención Tr	1	días	Área Superficial As	As=V/H	6.32	m ²
	H propuesta	1.8	m	Ancho B		4.28	m
	Concentración inicial DBO5	1956.06	mg/lt	Longitud L	L=As/B	1.48	m
	Eficiencia remoción DBO5	85	%	Calidad del efluente		293.41	mg/lt

Fuente: Propia del estudio

Los parámetros de calidad de lixiviados utilizados para el cálculo se obtuvieron de análisis de laboratorios realizados a muestras de lixiviados de Niquinohomo. Ver Anexo 10.

Dado que las características de los residuos municipales son bastante similares se considera que dichos resultados son representativos y por tanto pueden ser considerados válidos para el diseño del STAR en el Relleno de Ocotál.

Las eficiencias de los diferentes elementos del sistema de tratamiento se tomaron de la NTON Tratamiento y Re uso de Aguas Residuales. En base a estos porcentajes de remoción se calculó una eficiencia general de la planta de 97.75 % con una concentración de DBO₅ esperada en el efluente de 293.41 mg/lit.

Cabe destacar que el Decreto 33-95 que regula los vertidos de efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales establece una concentración máxima de DBO₅ de 110 mg/lit, lo cual no se cumple con el sistema propuesto, por tanto se propone disponer del efluente líquido a través de pozos de infiltración que contribuyan a mejorar aún más la calidad del efluente y que eviten el vertido directo a una fuente de agua superficial.

- **Disposición final de efluente del sistema de tratamiento**

La disposición final del efluente se hará mediante la infiltración en pozos. Del estudio de suelo se determinó una tasa de infiltración de 64 lt/m²/día, lo que significa que para infiltrar 7110 lts/día se requiere un área de 111.09 m².

Se proponen 3 pozos de infiltración de 2 m de diámetro y 6.87m de profundidad resultando un área efectiva de infiltración de 31.42 m² por cada pozo. De lo anterior se calcula que para infiltrar todo el efluente se requiere de tres pozos. Ver detalles en planos.

VII. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

El desarrollo del presente estudio elementos de análisis para la creación de mecanismos de gestión de los residuos sólidos urbanos en el Municipio de Ocotlán, lo que ha llevado al desarrollo de las siguientes conclusiones.

1. La producción per cápita de los residuos sólidos en el Municipio de Ocotlán es 0.53 kg/hab/día. La producción total de los residuos sólidos en el Municipio de Ocotlán es 24,05.34 kg/día.
2. En la composición física de los residuos predomina la materia orgánica compuesta en su mayoría residuos de patios y restos de comida seguida por plásticos, metales, madera, tela, papel y cartón. Este alto porcentaje es debido a que gran parte de la población está haciendo uso del sistema de recolección público para deshacerse de residuos originados en las áreas verdes de su vivienda que podrían ser aprovechados para el compostaje de las mismas viviendas.
3. El sitio seleccionado para el depósito de residuos sólidos cumple con los requisitos técnicos de un relleno sanitario, tanto en las normas internacionales del CEPIS/OPS como las expedidas por INIFOM y el MINSA.
4. El sitio puede utilizarse para la construcción del relleno sanitario, contando con una vida útil de 15 años operando el sitio combinado el método semi-mecanizado, el terreno cuenta con un área de 11.55mz.

7.2 Recomendaciones

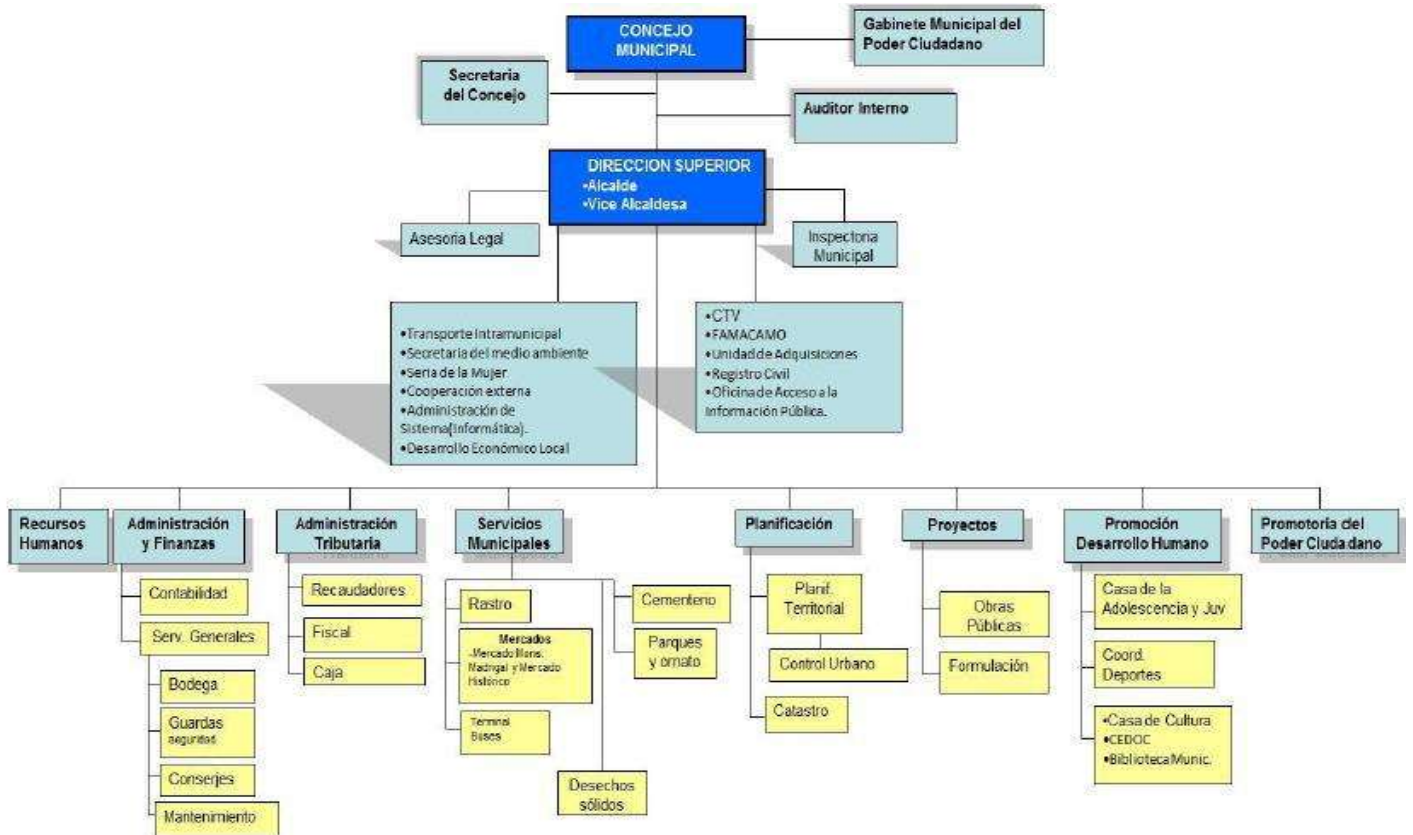
1. Organizar y coordinar la prestación del servicio de recolección para ampliar y mejorar la cobertura a un 100% de la población.
2. Organizar campañas de clasificación de residuos sólidos desde su origen en materia orgánica y materia inorgánica, así como elaborar planes estratégicos de concientización en las escuelas.
3. Elaborar un estudio sobre el ruteo de los camiones recolectores, con el fin de conocer el tiempo, distancia productiva, tiempo efectivo y velocidad de desplazamiento en la recolección de residuos sólidos por día.
4. Capacitar, asignar y asegurar un equipo de supervisores para el control de las operaciones en el vertedero municipal, una vez esté funcionando el sitio como relleno sanitario.
5. Llevar un control y supervisión de las actividades de clausura del botadero a cielo abierto.
6. Restringir el acceso únicamente por la entrada, así como la siembra de árboles a Nivel perimetral.
7. Realizar la cobertura final de los residuos sólidos a la hora de clausurar el botadero, así como su compactación y cubrimiento con una capa vegetativa.
8. Realizar estudio de la viabilidad técnica y económica para el aprovechamiento del biogás.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Ocotol en cifras. Instituto Nacional de Información de Desarrollo. INIDE. Marzo, 2008.
2. Caracterización municipal de Ocotol. Alcaldía de Ocotol. 2013.
3. Ficha municipal de Ocotol. Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal. INIFOM.
4. Norma Técnica para el Control Ambiental de los Rellenos Sanitarios para Desechos Sólidos No Peligrosos. Norma Técnica N° 05 013-01. Nicaragua, Diciembre, 2000.
5. Sakurai, K. Método Sencillo de Análisis de Residuos Sólidos, Asesor Regional en Residuos Sólidos Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS/OPS. Recuperado el 15 de marzo de <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Organigrama Alcaldía Municipal de Ocotlán



Anexo No.2. Producción per cápita final

N°	Código	N° Hab.	Peso de muestra por vivienda (kg)							PPC kg/hab/día
			Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	
1	PU#1	3	5	2	4	7.5	8	2	2.5	0.67
2	PU#2	4	1	0.5	2.1	8.5	6.5	5	7	0.50
3	PU#3	4	0	2.5	8	3	7	0	4.5	0.41
4	PU#4	3	1.5	1.2	0.8	1	2	6.5	3.5	0.36
5	PU#7	2	5.5	2	3.5	2.5	1.6	2	0	0.56
6	PU#8	4	8	2	3	2.5	0	4.5	5	0.41
7	PU#9	5	5	1.5	4	3.8	4.3	24	7.5	0.65
8	PU#10	2	6	5.3	18.5	4.5	2.5	3.5	2	1.37
9	PU#11	7	12.2	6	3.5	8.5	19	18.5	3	0.66
10	PU#12	3	3.1	2.5	0	1.5	3	5.5	4.5	0.44
11	PU#13	6	0	2	3	4.5	2.5	3.5	0	0.17
12	PU#14	6	0	8.5	15	8	4.5	10.5	5.5	0.56
13	PU#15	7	2.5	8.5	4.2	3.8	2.5	2	2	0.24
14	MM#1	6	1.5	1.3	1.5	2.5	1	0.8	2.4	0.12
15	MM#2	5	2.5	2	2	10	5	6	2.5	0.39
16	MM#5	3	1.5	2	1.7	2.5	4.5	2.5	2.5	0.37
17	MM#6	4	0	4.5	0	1	0	1.5	0	0.11
18	MM#7	6	2	4.9	1	4.5	3.5	1.9	9	0.29
19	MM#8	5	5.3	2.8	7.5	3.5	2.5	3	1.5	0.34
20	HZ#1	2	2.5	1	1.5	1	2.5	1.5	1.5	0.37
21	HZ#2	4	3.5	2.9	2.5	1.5	4	2	12.5	0.47
22	HZ#3	4	5.5	3	0	1.5	2.5	2.5	1.5	0.27
23	HZ#4	7	4.5	3.5	3	2.8	3.1	3	1	0.19
24	HZ#5	8	1.1	0.5	0.8	1	7	3	1	0.12
25	HZ#6	4	1.5	3	2.7	4	3	3.5	1.5	0.31
26	HZ#7	6	2.25	1.5	3.5	2.5	3.5	1.5	2.5	0.19
27	HZ#8	4	6	2	7	4.2	3.5	5	3	0.50
28	HZ#9	3	3.25	3	4	1.5	2.1	4	5	0.49
29	ELF#5	3	2.3	2.5	2.5	1	5	2	0.5	0.34
30	ELF#8	5	3.8	2	3.5	7	2	1.5	2	0.28
31	ELF#11	1	19	3.5	3	11.5	3	12	7.5	3.86
32	ELF#12	5	4	3.8	1.7	2	10	4	5	0.40
33	ELF#13	4	3.8	4.5	4.5	10	6	10	8	0.76
34	ELF#14	3	8	4.3	4.5	5	4.5	18	7	1.11
35	ELF#15	2	1	0.5	2	1	1.6	2.4	2	0.34
36	BS-1	6	2	0.5	1.8	3.1	3.5	4	2.5	0.19
37	BS-2	3	7	4.1	6.5	4	4.5	3	5.5	0.75
38	BS-3	2	5	2	1.8	1	3.5	1	1.5	0.51

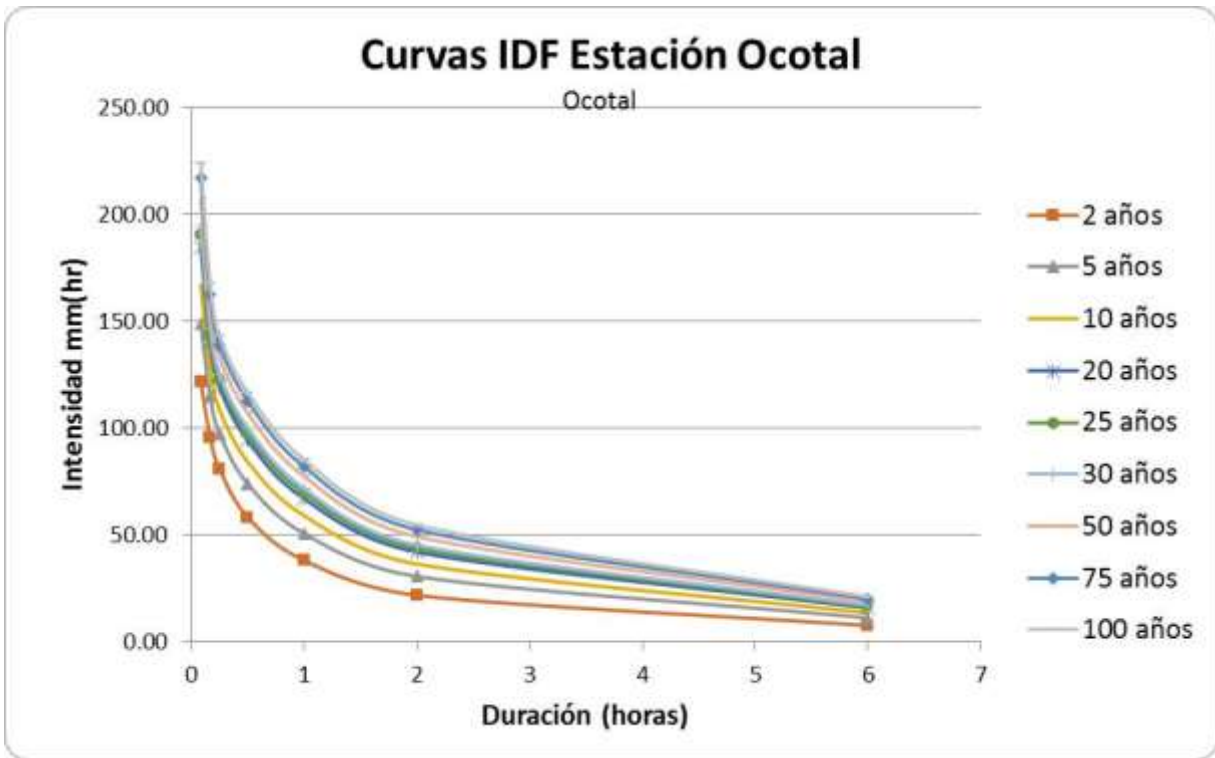
N°	Código	N° Hab.	Peso de muestra por vivienda (kg)							PPC kg/hab/día
			Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	
39	BS-5	4	5	5	7	2.5	9	2.5	0	0.50
40	BS-6	4	1	4.1	3	2.8	3.5	4.1	0	0.30
41	BS-7	8	0	1.5	0	2.5	3.5	4.5	1.5	0.11
42	BS-8	5	12.5	4	3	6	5.5	7.5	4.9	0.56
43	BS-9	6	6	0	1	1.5	2.5	1	0.5	0.14
44	BS-11	2	0.8	1.5	0.5	2	2.5	1	1	0.30
45	BS-12	2	1	0.5	0	4.5	3.5	3.5	4.5	0.57
46	BS-13	2	2.5	0.5	0	1	1.5	0	1.5	0.23
47	BS-14	4	6	3	1.5	1.5	0	1.5	0.5	0.23
48	BS-15	5	10.5	0	7.5	4	6.5	2.5	3	0.44
49	BS-16	5	3.5	2.5	2	3	6.5	1.5	1.5	0.27
50	BS-17	1	5	2.5	2	3	4.5	13	2	2.08
51	NA#1	4	30	1.5	2	2.5	1.5	2	3	0.69
52	NA#2	5	0	0.5	4.5	2.5	2	2	3.5	0.19
53	NA#3	1	1.5	3.7	0	5.3	6.5	0	1.5	1.20
54	NA#4	4	2.5	0	1	1	4.5	1.5	2.5	0.21
55	NA#5	2	1.5	1.5	0.5	1.5	1.5	0	1.5	0.26
56	TL#1	7	2	1.5	3.4	2.9	3.5	3.5	2.5	0.18
57	TL#2	3	2	0	2	1.5	6	4.5	2	0.39
58	TL#3	1	0.5	9	2.5	3.5	3.4	4.5	2.5	1.68
59	TL#4	4	1	0	2.5	1.5	2	1.5	1.5	0.16
60	TL#5	4	2	2.5	4.5	0	2	3.7	2.5	0.28
61	TL#6	4	1	1.8	2	1.5	4.5	2.5	1.5	0.24
62	TL#7	4	6	1	3.5	4.5	5.5	5.5	2.5	0.46
63	TL#8	2	3	0	2	4.5	0	5	1.5	0.52
64	TL#9	4	3	5	2.5	5	0	5.5	1.5	0.37
65	TL#10	3	2.5	5	4.5	1	3.5	2	2	0.44
66	YMA#2	3	7	5.1	2.1	6.4	9	4.5	2.3	0.79
67	YMA#3	4	4	3	9	1	8	2	4	0.50
68	YMA#5	8	1	1.5	1.5	0.8	3.5	2	1.3	0.09
69	YMA#6	3	1.5	1.5	1	3.5	3	1.5	1.5	0.29
70	YMA#7	5	6.5	7.5	2.1	3.2	1.7	2.1	1.5	0.32
71	YMA#8	2	10	9	7.5	14.5	9	12	5	2.18
72	YMA#9	2	1	0.5	1	4.5	4.3	1.5	0.9	0.44
73	YMA#10	1	11	6	6	4	4.6	9	7.3	3.11
74	YMA#11	4	8.5	2.5	5.5	2.5	3.5	5.5	4.7	0.53
75	YMA#12	4	3.5	0	3.5	1.5	2.1	2.3	2.1	0.24
76	YMA#13	2	1.8	3	1	2.3	3.5	2.5	3	0.56
77	YMA#14	3	3.5	2.5	0.5	5	8	6	2	0.60

N°	Código	N° Hab.	Peso de muestra por vivienda (kg)							PPC kg/hab/día
			Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	
78	YMA#15	5	1.5	0.5	2	4.5	4.5	1.5	2.5	0.22
79	YMA#16	6	5	0	2.5	1	3	2.5	3	0.18
80	YMA#17	4	3	5.7	8.5	6.1	3	10	1.5	0.61
81	19J#1	4	7	2.5	3	7.5	1.5	7.5	3	0.52
82	19J#3	3	2	2.5	1.5	4.5	4	0	2.5	0.37
83	19J#4	5	10	4.9	2	7.5	0	4	4	0.42
84	19J#5	4	5	5.5	5.5	4.5	0	4	5.5	0.49
85	MAC#1	3	3.7	5	2.1	1.5	0.9	2.5	1.4	0.37
86	MAC#3	4	2.1	0.8	2	0.5	1.5	1.5	1	0.15
87	JSD#1	10	1.5	1	1.5	1.5	2	1.5	1	0.06
88	JSD#2	5	2.5	0	1.5	1	4	2	2.5	0.18
89	JSD#3	4	3	3.5	3.5	2	3.5	3	4	0.37
90	JSD#4	4	3	7.5	8	4.5	3	2.5	2.9	0.51
91	SA#1	4	0.5	0	5	0	3	2.5	1	0.19
92	SA#2	1	0.5	1	3	0.9	0.5	1.5	2.5	0.64
93	SA#4	4	6.5	5.6	1	16.5	8.7	9.5	3.9	0.84
94	SA#6	4	5	4.1	8	0	7.5	3.5	6.5	0.56
95	SA#7	4	9	2.9	2.5	2	3.5	4	3.4	0.44
96	SA#8	4	3.5	3	0.5	1.5	2.5	2	3.5	0.27
97	SA#9	3	0	3	1	2	9	3	3.5	0.47
98	SA#10	4	4	3.8	5	0.5	2	1.5	2.1	0.31
99	SA#13	4	7	3	0.5	4	3.9	4	3	0.41
100	SA#14	7	2.8	3.5	1.7	2	3	9.5	0	0.21
101	SA#15	4	3.5	2	3.5	3.5	6.5	4.5	1.5	0.41
102	SA#18	5	0	5.1	3.8	14.5	4.5	5.4	1.5	0.45
103	SA#19	5	1.5	0	1.5	3.5	2.8	1.9	0	0.15
TOTAL		416	413.3	286.7	326.3	368.9	398.6	419.6	291.6	0.53
PPC (lb/hab/día)			0.99	0.69	0.78	0.89	0.96	1.01	0.70	

Anexo 3.- Valores de Coeficientes de Escorrentía “C” para la ciudad de Managua.

Componente del área	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Centro de la ciudad capital (API - N)	0.7	0.8
Zona de Producción de Industria Liviana (PI - 1)	0.5	0.7
Zona de Producción de Industria Pesada (PI -2)	0.3	0.5
Zona de Producción Mixta de Artesanía y Vivienda (PM - 1)	0.75	0.85
Zona de Producción Mixta de Industria y Comercio (PM- 2)	0.75	0.85
Zona de Equipamiento de Transporte Aéreo (ET - 1)	0.6	0.8
Zona de Equipamiento de Transporte Lacustre (ET- 2)	0.5	0.7
Zona de Equipamiento de Transporte Terrestre y Mercados (ET - 3)	0.7	0.85
Zona de Equipamiento Institucional Especializado (E. I. E)	0.6	0.8
Zona de Reserva Natural de Parques Nacionales (RN - 1)	0.05	0.2
Zona de Reserva Natural de la Costa del Lago (RN - 2)	0.1	0.25
Zona de Reserva Natural de Protección del suelo (PN - 3)	0.05	0.2
Zona de Reserva Natural de Parques Urbanos (RN - 4)	0.35	0.4
Zona de Reserva Natural de Cementerios (RN - 5)	0.25	0.35
Zona de Reserva Natural de Minas (RN - 6)	0.05	0.2
Zona Urbana Regional, Terrenos Planos	0.1	0.15
Zona Urbana Regional, Terrenos Ondulados	0.15	0.2
Zona Rural de Producción Agropecuaria	0.05	0.2
Zona de Vivienda de Densidad Alta (U - 1)	0.5	0.6
Zona de Vivienda de Densidad Media Alta (U - 2)	0.4	0.5
Zona de Vivienda de Densidad Media Baja (U - 3)	0.35	0.4
Zona de Vivienda de Densidad Baja (U - 4)	0.3	0.35
Techos y Calles de Asfalto y Concreto	0.9	0.95
Áreas con gramas y pastos o cultivos con pendientes no mayores del 5%	0.1	0.2
Áreas con gramas y pastos o cultivos con pendientes del 5% al 10%	0.12	0.2
Áreas boscosas (depende de pendientes, tipo de suelo o cobertura vegetal)	0.05	0.2

Anexo. 4.-.- Curvas IDF Estación Ocotal



Anexo 5.- Radiación Solar en el hemisferio Norte en unidades de 12 horas.

Latitudes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Diciembre
0	31.2	28.2	31.2	30.3	31.2	30.3	31.2	31.2	30.3	31.2	33.3	31.2
1	31.2	28.2	31.2	30.3	31.2	30.3	31.2	31.2	30.3	31.2	33.3	31.2
2	31.2	28.2	31.2	30.3	31.2	30.3	31.2	31.2	30.3	31.2	33.3	30.9
3	30.9	28.2	30.9	30.3	31.5	30.5	31.2	31.2	30.3	31.2	30.9	30.9
4	30.9	27.9	30.9	30.6	31.5	30.9	31.5	31.5	30.3	30.9	30.9	30.6
5	30.6	27.9	30.9	30.6	31.8	30.9	31.5	31.5	30.3	30.9	29.7	30.6
6	30.6	27.9	30.9	30.6	31.8	31.2	31.5	31.5	30.3	30.9	29.7	30.3
7	30.3	27.6	30.9	30.6	32.1	31.2	31.8	31.8	30.3	30.9	29.7	30.3
8	30.3	27.6	30.9	30.6	32.1	31.5	31.8	31.8	30.6	30.9	29.4	30
9	30	27.6	30.9	30.9	32.4	31.5	31.8	31.8	30.6	30.9	29.4	30
10	30	27.3	30.9	30.9	32.4	31.8	32.1	32.1	30.6	30.8	29.4	29.7
11	29.7	27.3	30.9	30.9	32.7	31.8	32.1	32.1	30.6	30.8	29.1	27.9
12	29.7	27.3	30.9	31.2	32.7	32.1	33	32.1	30.6	30.8	29.1	27.4
13	29.4	27.3	30.9	31.2	33	32.1	33	32.4	30.6	30.8	28.8	27.4
14	29.4	27.3	30.9	31.2	33	32.4	33.3	32.4	30.6	30.8	28.8	29.1
15	29.1	27.3	30.9	31.2	33.3	3.4	33.6	32.4	30.6	30.8	28.5	29.1
16	29.1	27.3	30.9	31.2	33.3	32.7	33.6	32.7	30.6	30.8	28.5	28.8
17	28.8	27.3	30.9	31.5	33.9	32.7	33.9	32.7	30.6	30	28.2	28.8
18	28.8	27	30.9	31.5	33.9	33	33.9	33	30.6	30	28.2	28.5
19	28.5	27	30.9	31.5	33.9	33	34.2	33	30.6	30	27.9	28.5
20	28.5	27	30.9	31.5	33	33.3	34.2	33.3	30.6	30	27.9	28.2

Anexo 6- Retención de humedad según evapotranspiración potencial.

PET	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
3.0	1.85	1.85	1.84	1.84	1.83	1.83	1.82	1.82	1.81	18.81
3.1	1.80	1.80	1.79	1.79	1.78	1.78	1.78	1.77	1.77	1.76
3.2	1.76	1.75	1.75	1.74	1.73	1.73	1.72	1.72	1.71	1.71
3.3	1.71	1.70	1.70	1.69	1.69	1.69	1.68	1.68	1.67	1.67
3.4	1.67	1.66	1.66	1.65	1.65	1.65	1.64	1.64	1.63	1.63
3.5	1.63	1.62	1.62	1.61	1.61	1.61	1.60	1.60	1.59	1.59
3.6	1.59	1.58	1.58	1.57	1.57	1.57	1.56	1.56	1.55	1.55
3.7	1.55	1.54	1.54	1.53	1.53	1.53	1.52	1.52	1.51	1.51
3.8	1.51	1.50	1.50	1.49	1.49	1.49	1.48	1.48	1.47	1.47
3.9	1.47	1.46	1.46	1.45	1.45	1.45	1.44	1.44	1.43	1.43
4.0	1.43	1.42	1.42	1.41	1.41	1.41	1.40	1.40	1.40	1.39

Anexo 7.- Evapotranspiración diaria no ajustada para diferentes temperaturas.

T°F	82.5	85.0	87.5	90.0	92.5	95.0	97.5	100.0	102.5	105.0	107.5	110.0	112.5	115.0	117.5	120.0	122.5	125.0	127.5	130.0	132.5	135.0	137.5	140.0	
70.0	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
70.5	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09
71.0	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09
71.5	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10
72.0	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
72.5	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
73.0	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
73.5	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
74.0	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
74.5	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
75.0	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

Anexo 8.-Coeficientes de escorrentía según tipo de suelo y pendiente.

Condiciones Superficiales (Inclinación)	Coeficientes de Escorrentía
Suelos arenosos, planos 2%	0.05-0.10
Suelos arenosos, promedio, 2-7%	0.10-0.15
Suelos arenosos, escarpados, 7%	0.15-0.20
Suelos gravosos, planos, 2%	0.13-0.17
Suelos gravosos, promedio, 2-7%	0.18-0.22
Suelos gravosos, escarpados, 7%	0.25-0.35

Fuente: Fenn et al, 1975

Anexo 9.- Valores del Factor de Rugosidad n, para la fórmula de Manning.

DESCRIPCION DEL CANAL	n
Vidrio, cobre, plástico u otras superficies lisas.	0.010
Acero liso sin pintar, madera plana.	0.012
Acero pintado o hierro cubierto.	0.013
Asfalto liso, azulejo de drenaje de yeso común, concreto con acabado y ladrillo variado.	0.013
Hierro sin recubrimiento, tubería de acero negro forjado, alcantarilla de cerámica vidriada.	0.014
Ladrillo de mortero de cemento.	0.015
Concreto semiterminado, formado.	0.017

FUENTE: Mecánica de Fluidos Aplicada (Robert L. Mott)

Anexo 10.- Calidad de lixiviados.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
CENTRO DE INVESTIGACION Y ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE
LABORATORIOS AMBIENTALES
CERTIFICADO DE ANALISIS



LA-AAR-0123

EMPRESA / PROYECTO / CONSULTOR Mario Castellón		DIRECCIÓN: Las Brisas -Managua		TELÉFONO 87463759	
ATENCIÓN: Mario Castellón		CARGO Consultor	E-mail mcastellonzelaya@hotmail.com	TELÉFONO NR	
PERIODO DE ANALISIS DE MUESTRA					
INGRESO: 16/11/2011	INICIO DE ANALISIS: 16/11/2011	FINAL DE ANALISIS: 04/12/2011	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS: 06/12/2011	NUMERO DE CADENA DE CUSTODIA: 992	NUMERO DE MUESTRAS: una (1)
TIPO DE MUESTRA Lixiviados				SUPERVISOR DE MUESTREO EN CAMPO NR	

Fecha de Muestreo			16/11/2011		RANGO Y LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PROMEDI DIARIO ART#
Muestreado por			Mario Castellón		
Codificación Cliente			NR		
Observaciones de Ubicación			Vertedero Niquinohomo		
Codificación CIEMA			LA-1111-0865		
			VALOR DE CONCENTRACION		
METODO SM	PARAMETRO	UNIDAD	LIXIVIADOS		
4500-H+	Potencial de Hidrógeno*	pH	6.37		NA
5210-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5)	mg/l	13,040.40		NA mg/l
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	30,326.51		NA mg/l
2540-B	Sólidos Totales	mg/l	24,852.00		NA mg/l
2540-E	Sólidos Volátiles Totales	mg/l	15,905.28		NA mg/l
2540-E	Sólidos Fijos Totales	mg/l	8,946.72		NA mg/l
2540-D	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	3,932.00		NA mg/l
2540-E	Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/l	1,454.84		NA mg/l
2540-E	Sólidos Suspendidos Fijos	mg/l	2,477.16		NA mg/l
2540-C	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	20,920.00		NA mg/l
4500-D	Nitratos	mg/l	35.49		NA mg/l
4500-B	Nitritos	mg/l	11.27		NA mg/l
4500-B	Nitrogeno Total	mg/l	283.69		NA mg/l
4500-B	Nitrogeno Amoniacal	mg/l	62.49		NA mg/l

* Estos Limites serán definidos dependiendo del uso del cuerpo receptor

LEYENDA CERTIFICADO DE ANALISIS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. < = menor al Limite de Detección que se especifica por parámetro **NE** = No especificada por la Norma

NR = No Reporta . 1 µg = 0.001 mg, 1 µS= 1 µΩ **ND** =No Detectado

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el CLIENTE

Autorizado por


 Lic. Elvira Rodríguez R.
 Resp. Lab. Aguas Residuales


 Lic. Francisco Antonio Ramírez
 Coordinador de Laboratorios

Declaro que el contenido de los resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

Anexo 11.- MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO.

• CLAUSURA DEL BOTADERO ACTUAL

Es muy importante además de un buen diseño del sistema que se ha proyectado, clausurar el botadero municipal donde se vierten actualmente los desechos sólidos, además de cualquier otro botadero que pudiera existir.

Para la clausura del actual botadero se deben realizar las siguientes acciones:

1. Debido a que actualmente la basura está dispersa, la primera acción recomendada es la de recoger todos los desechos y depositarlos en una área reducida (parte baja del terreno dispuesto).
2. Hacer del conocimiento público el cierre definitivo del botadero, anunciando la prohibición de continuar depositando desechos en el lugar, especialmente a los comerciantes que esporádicamente generan grandes cantidades de basura y contrata a un particular para trasladar los desechos.
3. Coordinar con las instituciones del Estado tales como MINSA, MARENA, entre otras, para la realización de un exterminio total de roedores, artrópodos y vectores existentes en el botadero. Este proceso incluye a viviendas aledañas al botadero, ya que estos animales al no disponer de guarida pueden emigrar a las casas vecinas.
4. Realizado el exterminio, se procede a cubrir toda el área del botadero (con una capa de tierra bien compacta (0.20 -0.30 m) y en la medida de lo posible establecer los drenajes necesarios para evitar la erosión.
5. Luego del cierre del relleno sanitario, el terreno se puede disponer como una área de protección natural (bosque protector, vivero, o área verde). En el caso de

que se disponga para la siembra de árboles, se recomiendan especies apropiadas para la zona.

- **OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO**

Es absolutamente necesario que el equipo encargado de la operación y mantenimiento del relleno sanitario debe tener un conocimiento básico del relleno sanitario y su entorno en términos de ecosistemas, de la secuencia de diseño y construcción de todas las obras que comprenden un relleno sanitario.

En lo posible, todas las obras de infraestructura deben estar concluidas antes del inicio de la descarga de la basura en el nuevo relleno sanitario.

La basura y el material de cubrimiento deben ser descargados solo en el frente de trabajo autorizado, y a diferencia de la operación de un relleno convencional, que utiliza equipo pesado, se recomienda que los residuos no se depositen en la parte inferior del talud sino desde la parte superior de la celda ya terminada, a fin de facilitar el trabajo y poder así conformar la nueva celda.

Los siguientes son los pasos para la conformación de las primeras celdas diarias:

- Señalar en el terreno el área que ocupará la primera celda con la basura del día, de acuerdo con las dimensiones estimadas que se basan en el volumen de ingreso esperado y en el grado de compactación que se obtendrá.
- Descargar la basura en el frente de trabajo, a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y evitar el acarreo a grandes distancias.
- Esparcir la basura en capas delgadas de 0.2 a 0.30 metros y compactarla manualmente hasta obtener una altura de celda que mida entre 1 metros,

procurando una pendiente suave en los taludes exteriores (por cada metro vertical se avanza horizontalmente 2 ó 3 metros).

- Cubrir por completo la basura compactada con una capa de tierra de 0,1 a 0,15 metros de espesor cuando la celda haya alcanzado la altura máxima.
- Compactar la celda hasta obtener una superficie uniforme al final de la jornada.

Una vez completada la primera celda, la segunda podrá ser construida de inmediato al lado o sobre la primera, siguiendo siempre el plan de construcción del relleno sanitario. En los periodos secos se recomienda que los vehículos transiten por encima de las celdas terminadas para darles una mayor compactación.

- **SUPERVISIÓN**

Uno de los elementos más importantes en el manejo adecuado del relleno sanitario es el jefe o supervisor, quien debe organizar, dirigir y controlar las operaciones; en este caso estará a cargo de la Dirección de Servicios Municipales de la Alcaldía.

Si no existe una correcta administración y supervisión, además de los recursos económicos adecuados y un adecuado mantenimiento técnico, se corre el alto riesgo que al final el relleno sanitario se convierta en un botadero de basura a cielo abierto. Se debe procurar la motivación continua de los trabajadores y excelentes condiciones para el desempeño de su labor a fin de que obtener un mayor rendimiento en el proceso de manejo y operación del RSM.

- **VIGILANCIA**

Se recomienda una vigilancia continua durante las 24 horas del día que ermita el éxito de la operación del relleno sanitario. El vigilante se hará cargo de:

- Controlar la entrada y salida de personas y vehículos para que no depositen los desechos en lugares que no sean los indicados.

- Mantener controlado el estado de las cercas y las barreras vivas establecidas.
- Evitar la permanencia de personas que no ejercen ninguna función dentro del relleno como también de animales como vacas, perros, etc.
- Proteger la infraestructura instalada en el relleno sanitario.

- **REGISTRO**

La persona a cargo del registro deberá anotar la fecha, hora de entrada, hora de salida, identificación y procedencia del vehículo, tipo de desechos y volumen transportado. Para tener una aproximación del volumen de los desechos se puede medir el ancho, largo y altura de los desechos dentro del vehículo, luego se multiplica por el peso específico de los mismos. Se trata de almacenar los datos en una memoria para su posterior análisis y utilización.

Para esto dispondrá de un formato de registro proporcionado por la municipalidad (Ver ANEXO), esta labor la puede realizar la persona encargada de la vigilancia y así se evita incrementar los costos.

- **MANO DE OBRA**

El trabajo en el relleno sanitario puede ser realizado por los obreros de los cuales dispone la alcaldía, previa capacitación. Es necesario contar con un responsable o supervisor que posea los conocimientos necesarios para la operación y el control del relleno.

Es importante capacitar a todos los trabajadores del servicio de aseo en las prácticas de construcción, operación y mantenimiento del relleno sanitario, así como en todo el proceso de manejo de RSM, destacando la importancia de cada actividad y el papel que deben desempeñar para lograr un buen trabajo.

- **HERRAMIENTAS DE TRABAJO**

Las herramientas utilizadas para operar un relleno sanitario manual son las siguientes:

Carretillas de mano

Palas

Picos

Azadones

Barras

Pisones de madera

Horquillas o rastrillos

Rodillo compactador



Figura 6.- Herramientas utilizadas para operar el Relleno Sanitario.

Para la construcción del rodillo, se recomienda llenar un barril metálico (55 galones de capacidad) con piedra, arena u hormigón, con el fin de evitar que los golpes en el terreno le abollen.

Para el acarreo del material de cobertura o basura sobre las celdas ya construidas, se recomienda que en la superficie del relleno se coloquen tablonces en forma lineal a fin de facilitar el desplazamiento de las carretillas, sobre todo en la época de lluvias, con lo que mejorarán los rendimientos de operación.

Una vez concluidas las labores diarias, las herramientas deberán dejarse limpias y, en caso de daños, deberán ser reparadas o sustituidas a la mayor brevedad.

- **SEGURIDAD EN EL TRABAJO**

Debido al tipo de labores del servicio de aseo urbano (recolección, transporte y disposición final de basuras), los trabajadores están constantemente expuestos a accidentes en la vía pública como a enfermedades infecto-contagiosas por tener que trabajar con desechos potencialmente contaminados.

Estos accidentes pueden tener dos orígenes: uno por condiciones inseguras de trabajo y otro por negligencia por parte del propio trabajador. Por lo tanto, se deben identificar cuidadosamente todas las condiciones inseguras así como las causas más comunes de accidentes de trabajo y riesgos a que esté expuesto el trabajador, con el objeto de darles la solución adecuada.

Se indican algunas recomendaciones para tratar de minimizar los riesgos de accidentes laborales:

- Evaluar las causas de accidentes más comunes y adoptar las medidas preventivas del caso.
- Cumplir con las normas de seguridad de trabajo correspondientes, con las respectivas indicaciones para el uso del equipo.
- Mejorar la calidad del equipo y herramientas de trabajo.
- Dotar a los trabajadores de guantes, botas y uniformes. Hacer una reposición periódica de estos materiales según las necesidades.

- **OPERACION EN EPOCA DE LLUVIAS**

En los períodos de lluvias se presentan los mayores problemas de operación en un relleno sanitario, a saber:

- Dificil ingreso de los vehículos recolectores por encima de las celdas ya conformadas y posibles atascamientos debidos a la baja densidad alcanzada con la compactación manual.

- Dificultad para extraer y transportar el material de cobertura y arduo el trabajo de conformación de las celdas. Estos factores conducen a un menor rendimiento por parte de los operarios.
- En ocasiones, debido a las fuertes lluvias, sólo es posible descargar la basura y el material de cobertura sobre la terraza, quedando retrasada la conformación y compactación de las celdas. Por consiguiente, si no se toman las medidas apropiadas a tiempo, se va deteriorando la apariencia del relleno por la basura dispersa.
- Mayor producción de lixiviado debido a la lluvia que cae directamente sobre las áreas rellenadas.

Ante estas situaciones adversas se recomienda tomar las siguientes previsiones:

- Reservar algunas áreas en los lugares menos afectados por las lluvias, con accesos conservados para operar en las peores condiciones.
- Construir una vía artificial, empleando para ello troncos de madera, conformando un "empalado o entarimado". Este camino se recomienda construirlo en módulos de 3 metros de longitud por 3 metros de ancho, siempre según las necesidades y el avance del relleno. Estos troncos deben ir unidos entre sí para evitar que se dispersen. Una vez armado el módulo, se cubre con escombros para evitar que los vehículos patinen sobre ellos.

Conviene aprovechar los escombros, producto de la demolición de viejas construcciones, ya que con ellos se pueden conformar y mantener algunas vías provisionales en el relleno, en especial sobre las plataformas de residuos.

- Aprovechar los escombros, producto de la demolición de viejas construcciones para conformar y mantener algunas vías internas.

- Durante uno o más días en la semana reforzar la mano de obra, con una cuadrilla de dos o tres trabajadores más, para mantener el relleno en buenas condiciones mientras subsistan los factores adversos.
- Programar el movimiento de tierra para los períodos secos, ya sea para la extracción del material de cobertura como para la apertura de las trincheras, dejando para la época de lluvias sólo el enterramiento de la basura.
- Introducir como práctica de rutina en la operación del relleno, el cubrir las celdas con material plástico para impedir que las aguas de lluvia se infiltren a través de las basuras.
- Mantener áreas estrechas de trabajo, apoyando las celdas sobre el talud del terreno, y superponer tres o más celdas cerca a la vía interna para que el avance sea más en altura que en extensión.

- **VIA DE ACCESO Y CAMINO INTERNO.**

La vía de acceso y el camino interno al frente de trabajo, a las redes de drenaje pluvial y a la superficie terminada del relleno deben mantenerse en adecuadas condiciones de operación. Esto permitirá retrasar el deterioro de los equipos utilizados para la disposición, además de disminuir el tiempo de maniobra del mismo.

- **PLAYA DE DESCARGUE**

Es el lugar que une la vía interna con el sitio donde el vehículo va a depositar su carga de desechos (Frente de trabajo). Es un lugar plano, ancho y despejado donde los vehículos entran de frente, hacen un giro de 180° para depositar los desechos en las celdas. Esta operación no debe demorar más de 5 minutos.

El piso de la playa de descargue debe mantenerse limpio y en muy buenas condiciones para facilitar la entrada y salida del equipo que traslada los desechos.

- **DRENAJE PERIMETRAL**

Se debe conservar en buen estado el drenaje pluvial periférico (canal en tierra y cunetas de la vía de acceso) y la superficie del relleno. Con el tiempo, estos canales se van obstruyendo por la erosión de los taludes de tierra, por el material que se arrastra en las épocas de lluvia o el disperso por el viento (papeles, plástico, etc.). En este caso se debe dar mantenimiento periódico retirando los materiales que puedan obstruir el paso del agua.

- **MATERIAL DISPERSO**

Es importante mantener limpias las áreas adyacentes al frente de trabajo diario. Cuando se dejan acumular papeles arrastrados por el viento, el relleno adquiere mal aspecto. Al término de la jornada uno de los trabajadores debe recoger todos estos materiales dispersos y depositarlos en el sitio donde se construye la celda diaria. Para esta tarea se pueden utilizar rastrillos o palos puntiagudos.

- **DRENAJE LIXIVIADO**

Debido a la gran cantidad de material fino arrastrado por las aguas que percolan en el interior del relleno, los drenajes y zanjas de almacenamiento internas y externas, se van colmatando poco a poco, y se pueden obstruir con el tiempo.

La remoción de este material, por ahora, es impracticable, dentro del relleno, pero las zanjas externas sí pueden ser objeto de limpieza si se extrae todo el material fino sedimentado en ellas, para renovar su capacidad de almacenamiento y evaporación.

Este material se deposita nuevamente en el relleno y puede servir para cubrir la celda diaria.

- **CONTROL DE LIXIVIADOS**

Bajo condiciones normales el lixiviado encontrado en el fondo de los rellenos sanitarios en algunas ocasiones tiene algún movimiento lateral. El control de estos lixiviados se puede realizar de la siguiente manera:

1. Evitar que el agua entre al relleno estableciendo drenajes perimetrales a la trinchera y mejorando las pendientes del material de cobertura a través de canales colocados en el fondo de la trinchera.
2. Impermeabilizando el fondo y las paredes de la trinchera para evitar que se infiltre en el suelo y contamine las aguas subterráneas.
3. Realizar periódicamente un muestreo de las aguas de las fuentes cercanas para conocer si existe o no contaminación y el grado de ésta.
4. Cuando se detecte humedad en el talud o brote de lixiviado en alguna terraza se recomienda socavar el sitio para la evacuación del líquido, rellenar con piedra y dirigir el lixiviado al filtro para su posterior tratamiento.

- **CONTROL DE INCENDIOS**

En primera instancia se recomienda que todo vehículo que ingrese al relleno posea un extintor de incendios con capacidad de operación inmediata. En el relleno no se deben quemar desechos.

Ante un eventual incendio se pueden realizar lo siguiente:

- Regar tierra muy lentamente y con mucho cuidado sobre el área incendiada.
- En caso de no tener tierra disponible se pueden utilizar desechos antiguos para ahogar el incendio. Sin embargo, se debe tener mucho cuidado que los desechos utilizados no representen un mayor riesgo de incendio.
- Utilizar agua para enfriar los desechos y detener la combustión. En este caso se recomienda utilizarlo combinado con cualquiera de las dos opciones anteriores.

- **CONTROL DE OLORES**

La cubierta con tierra impide considerablemente el contacto de los gases productos de la biodegradación con el aire. Esta medida permite disminuir hasta un 65 % las concentraciones de los malos olores de las que se producen en un botadero abierto.

Otra medida comúnmente aplicada es la aplicación de un compuesto químico de Ácido Bórico (5 kg/ha), Azufre (10 kg/ha) y Cal Agrícola (50 kg/ha sobre los desechos secos o humedecidos con lixiviados. En algunos casos se utiliza solo cal Viva con excelentes resultados.

- **CONTROL DE ROEDORES, INSECTOS y OTROS ANIMALES.**

La presencia de vectores es una señal de que no se está dando un manejo adecuado al relleno. No es muy recomendable el uso de productos químicos, que aunque resuelven a corto plazo a la larga pueden provocar complicaciones debido a las reacciones que estos pueden tener y los cambios biológicos que puedan producirse.

En el caso de vacas, caballos o perros, su permanencia debe evitarse de cualquier manera ya que su presencia representa dificultades en el manejo del relleno, además del peligro de transmisión de enfermedades a los humanos.

- **DRENAJE DE GASES**

Debido a los asentamientos del relleno y al tránsito vehicular por encima de las celdas y terraplenes ya terminados, las chimeneas de gases se van deformando e inclinando; de ahí que sea necesario mantenerlas verticales a medida que se eleva el nivel del relleno con el fin de evitar su obstrucción y total deterioro.

- **INSTALACIONES**

La infraestructura y demás instalaciones, tales como la cerca de encerramiento del relleno, el cartel de presentación, la caseta de control, al igual que las instalaciones sanitarias, deben ser objeto de mantenimiento a fin de no menoscabar la imagen de la obra.

- **ACABADO FINAL Y ASENTAMIENTO**

La colocación de las capas de la cobertura final y la siembra de pasto en los terraplenes terminados que ya no recibirán más residuos requieren gran atención porque contribuyen al buen funcionamiento del relleno y mejoran su aspecto. Es conveniente, entonces, acelerar el proceso de siembra colocando terrones con césped al menos en 10% del área, a fin de que la obra se armonice rápidamente con el paisaje natural del entorno.

Se recomienda el establecimiento de un cerco vivo alrededor del relleno y el ajardinamiento de las celdas terminadas con plantas apropiadas, disminuye también el problema de los malos olores. Se debe considerar que siempre sigue difundiendo afuera una cierta cantidad de gases del relleno, incluso si existe un sistema de drenaje e incineración. Esos gases se pueden absorber parcialmente por plantas, lo que mejora la atmósfera de trabajo tanto para los obreros del relleno como para los habitantes de las comunidades aledañas al mismo.

Como ya se sabe, con el transcurso del tiempo, los RSM se descomponen (parte se transforma en gas y parte en líquido), por lo que la tierra de cubrimiento y la humedad penetran en los espacios vacíos del relleno, asentándolo. Después de dos años, el asentamiento se reduce mucho y prácticamente desaparece a los cinco años. Como este no es uniforme, se producen depresiones en la superficie de la obra, donde se acumula el agua de las lluvias; en consecuencia, se debe mantener nivelada toda la superficie del terreno y contar con buen drenaje que tenga una pendiente de 2 a 3%.

La administración municipal o la del relleno debe velar para que una vez concluida su vida útil se le dé el acabado final y el mantenimiento necesarios, con el objeto de que el terreno sea disfrutado por la comunidad, tal y como fue previsto al inicio del proyecto. De no ser así, la población se verá afectada y es probable que después rechace la construcción de nuevos rellenos, lo que obligaría a hacerlos en zonas bastante alejadas. Así, aumentarían los costos de transporte y del servicio de limpieza.

Al terminar la vida útil de un relleno sanitario, se debe colocar un nuevo cartel o letrero que informe a toda la población vecina y a los transeúntes que aquel se encuentra fuera de servicio. Pasado un tiempo prudencial en el que se haya conseguido su estabilización y se lo haya acondicionado como área recreativa o zona verde, se recomienda destacar que las nuevas obras están construidas sobre un relleno sanitario ya clausurado.

Anexo 12.- Modelo de Encuesta sobre percepción ciudadana.

Percepción Comunitaria del Servicio de Recolección de Basura.

Barrio: _____

Código de Vivienda: _____

1. ¿Cuál es la disposición final de sus desechos domiciliarios?
 - Sistema de Recolección Municipal
 - Reciclaje
 - Quema
 - Compostaje (Materia Orgánica)
2. ¿Se presta el servicio de recolección de desechos en su barrio?
 - SI
 - NO
3. ¿Cuántas veces por semana pasa el camión recolector?
 - 1 Vez
 - 2 veces
 - 3 a más
4. ¿Cómo califica el servicio de recolección de desechos?
 - 1.Malo
 - 2.Regular
 - 3.Bueno
 - 4.Muy bueno
 - 5.Excelente

5. Actualmente ¿Cuánto es su aporte mensual para el servicio municipal?
C\$____
6. Según su criterio ¿Cuáles son las inconformidades que tiene del servicio de recolección?
- Mala atención de los operarios
 - Incumplen con la frecuencia de recorrido
 - Mal estado mecánico de los vehículos de recolección
7. De mejorarse el servicio de recolección municipal ¿Estaría de acuerdo en aportar una tarifa monetaria mensual?
- SI (Responder pregunta siguiente)
 - NO
8. ¿Cuánto está dispuesto a aportar?
- C\$ 10a C\$ 15
 - C\$ 15 a C\$ 20
 - C\$ 20 a C\$ 30
 - C\$ 30 a más

Anexo 13.- Resultados de encuestas sobre percepción ciudadana del servicio de recolección de desechos sólidos.

N°	Código	P 1				P 2		P 3			P 4					P 5	P 6			P 7		P 8			
		a	b	c	d	a	b	a	b	c	a	b	C	d	e	a	a	b	c	a	b	a	b	c	d
1	PU#1			1		1				1					NO					1					
2	PU#2	1		1		1		1					1		10			1		1					
3	PU#3	1		1		1		1				1			10			1	1				1		
4	PU#4	1				1		1				1			0		1		1		1				
5	PU#7		1	1	1		1												1		1				
6	PU#8			1			1								0				1		1				
7	PU#9			1			1												1		1				
8	PU#10			1			1												1		1				
9	PU#11	1				1		1					1		10										
10	PU#12	1				1		1				1			10			1		1					
11	PU#13	1				1		1					1		0										
12	PU#14	1				1		1					1		15		1			1					
13	PU#15	1				1		1					1		10			1	1		1				
14	PU#16			1																1					
15	MM#1	1				1				1		1			20			1		1					
16	MM#2	1				1				1			1		10			1	1		1				
17	MM#4	1				1				1			1		20				1				1		
18	MM#5	1				1				1			1		40			1	1		1				
19	MM#6	1				1			1				1		10					1					
20	MM#7	1				1				1			1		0				1		1				
21	MM#8	1				1				1			1		10				1		1				
22	MM#9	1				1			1				1		50	Muy rápido			1					1	
23	MM#10	1				1				1			1		0				1		1				
24	HZ#1	1				1		1					1						1		1				
25	HZ#2	1		1	1	1			1				1		10				1		1				
26	HZ#3	1	1			1				1			1		10				1		1				
27	HZ#4	1				1			1		1				10	1			1		1				
28	HZ#5	1				1		1					1		20				1			1			
29	HZ#6	1				1		1			1				20				1				1		
30	HZ#7	1				1			1			1			0				1		1				
31	HZ#8	1				1		1				1			15					1					
32	HZ#9	1				1		1				1			10				1			1			
33	HZ#11	1				1		1					1		10				1			1			
34	ELF#1	1				1				x			x		0					x					
35	ELF#2	1				1				1			1		50				1					1	

36	ELF#3	1				1			1			1				20			1	1				1	
N°	Código	P 1				P 2		P 3			P 4				P 5		P 6		P 7		P 8				
		a	b	c	d	a	b	a	b	a	b	c	d	a	b	a	b	c	d	a	b	a	b		
37	ELF#4	1				1			1			1				20			1	1				1	
38	ELF#5	1				1			1			1				20			1	1			1		
39	ELF#6	1				1			1			1				20				1				1	
40	ELF#7	1				1			1			1				20			1	1				1	
41	ELF#8	1				1			1		1					0		1		1				1	
42	ELF#9	1				1			1				1			20				1				1	
43	ELF#10	1				1			1		1					10		1			1				
44	ELF#11	1				1			1			1				0		1		1			1		
45	ELF#12	1				1			1			1				20				1					
46	ELF#13	1				1			1				1			10				1				1	
47	ELF#14	1				1			1			1				20				1					1
48	ELF#15	1				1			1	1						20					1				
49	ELF#16	1				1			1			1				0				1				1	
50	ELF#17	1				1			1		1					20		1			1				
51	BS-1	1				1	1					1				10				1			1		
52	BS-2	1				1	1					1				10		1	1			1			
53	BS-3	1				1	1			1						15		1		1			1		
54	BS-5	1				1	1					1				10			1	1				1	
55	BS-6	1				1	1				1					0		1		1			1		
56	BS-7	1				1	1					1				0				1			1		
57	BS-8	1				1	1					1				5					1				
58	BS-9	1				1	1					1				10		1		1			1		
59	BS-11			1			1															1			
60	BS-12	1				1	1					1				0		1			1				
61	BS-13	1		1		1	1					1				0		1		1			1		
62	BS-14	1				1	1					1				0		1		1			1		
63	BS-15	1				1	1					1				10			1	1			1		
64	BS-16	1				1	1					1				0					1				
65	BS-17	1				1	1					1				10					1				
66	NA#1	1				1			1			1				10		1			1				
67	NA#2	1				1			1			1				10			1		1				
68	NA#3	1				1	1					1				10					1				
69	NA#4	1				1	1					1				10				1			1		
70	NA#5	1				1	1					1				10		1			1				
71	TL#1	1				1	1					1				10				1			1		
72	TL#2	1				1	1					1				20				1					1
73	TL#3	1				1	1					1				10				1			1		
74	TL#4	1				1	1					1				10				1			1		

N°	Código	P1				P2		P3		P4				P5		P6		P7		P8					
		a	b	c	d	a	b	a	b	a	b	c	d	a	b	a	b			a	b	c	d		
75	TL#5	1				1	1					1			20				1				1		
76	TL#6	1				1	1					1			15				1				1		
77	TL#7	1				1	1					1			0		1				1				
78	TL#8	1				1	1					1			10			1	1			1			
79	TL#9			1			1														1				
80	TL#10																								
81	YMA#1	1				1	1					1			20			1			1				
82	YMA#2	1				1		1				1			10				1				1		
83	YMA#3	1				1			1			1			20				1				1		
84	YMA#5	1				1	1					1			5						1				
85	YMA#6	1				1			1			1			5			1			1				
86	YMA#7	1				1		1				1			10		1		1				1		
87	YMA#8	1				1		1				1			10		1		1	1			1		
88	YMA#9	1				1		1				1			20			1			1				
89	YMA#10	1				1			1			1			10						1				
90	YMA#11	1				1		1				1													
91	YMA#12	1				1	1					1			10				1					1	
92	YMA#13	1				1			1			1			20			1			1				
93	YMA#14	1				1		1				x			5		1		1				1		
94	YMA#15	1	1			1	1					x						1			1				
95	YMA#16	1				1			1			x								1			1		
96	YMA#17																								
97	YMA#18	1				1			1			x									1			1	
98	19J#1			1			1														1			1	
99	19J#2			1			1															1			
100	19J#3																				1			1	
101	19J#4																				1			1	
102	19J#5			1																	1			1	
103	MAC#1	1				1	1					1			10						1				
104	MAC#3	1				1	1					1			10					1			1		
105	JSD#1	1				1	1					1			10		1			1			1		
106	JSD#2	1				1	1					1			10		1			1			1		
107	JSD#3	1				1	1					1			10					1			1		
108	JSD#4	1				1	1					1			5		1				1				
109	SA#1	1				1	1					1			10		1			1			1		
110	SA#2	1				1	1					1			10			1			1				
111	SA#4			1																		1			
112	SA#6			1																			1		
N°	Código	P1				P2		P3		P4				P5		P6		P7		P8					

		a	b	c	d	a	b	a	b			a	b	c	d	a	b			a	b	c	d				
113	SA#7	1				1	1			1						0	1			1							
114	SA#8	1				1	1					1				10	1	1		1							
115	SA#9	1				1	1			1						10	1			1							
116	SA#10	1				1	1			1						10	1			1							
117	SA#13	1				1	1			1						10	1		1		1						
118	SA#14	1				1	1			1						10			1		1						
119	SA#15	1				1	1				1					10			1		1						
120	SA#18	1				1	1					1				10	1			1							
121	SA#19	1		1		1	1						1			10				1							
TOTAL		104	3	18	2	104	9	60	18	25	17	25	55	3	0	1125	1	27	24	73	43	42	17	12	2		
		127				113		103				100				52				116				73			
		82	2	14	2	92	8	58	17	24	17	25	55	3	0		2	52	46	63	37	58	23	16	3		