

# Estudio de prefactibilidad tecno-económico y ambiental para la construcción del relleno sanitario del municipio de Estelí

**AUTOR:** Ing. Jimmy Sierra Mercado

## Resumen

El presente estudio fue realizado en el Municipio de Estelí con el propósito de describir las condiciones técnicas, económicas y ambientales para la construcción de un nuevo relleno sanitario municipal.

La caracterización física de los residuos sólidos que resultó del estudio arrojó una producción per cápita de 0.42kg/hab/día, que corresponde a una producción diaria de 39.52 toneladas y una densidad de 244.69 kg/m<sup>3</sup>, con un porcentaje de materia orgánica del 63.75%.

Se recomienda la clausura del vertedero actual debido al riesgo ambiental y la corta vida útil que prestaría, esta recomendación se da ya que este se encuentra en un área de inundación en la parte sur oeste y las trincheras no funcionan como tal. Esto ha ocasionado que el lugar se convierta en un botadero de basura sin ningún tratamiento, originando que se produzca proliferación de moscas y malos olores.

En el presente trabajo se identifican las diferentes actividades y el estudio de impacto ambiental para el nuevo relleno sanitario del municipio de Estelí, el cual se encuentra ubicado a 2 Km. Norte Oeste del centro del casco urbano de Estelí, en una zona que actualmente es utilizada para el material selecto en la construcción.

Las obras de mayor importancia en la realización de este proyecto se identifican el sistema de captación de los residuos líquidos (lixiviados), los cuales serán recolectados en estructuras (zanjas dentro de la trinchera) cubiertas de material local (piedras de 3", 4" y 5"); también se incluye la instalación de chimeneas para la evacuación de gases generados en cada trinchera; construcción de un sistema de tratamiento de los lixiviados recolectados; construcción de caseta de controles y obras secundarias (cerco perimetral, drenaje de aguas pluviales, etc.). También se realizarán otras obras complementarias al proyecto, tales como, siembra de árboles alrededor del local.

Una vez construido e instalado y operando el relleno sanitario, el casco urbano de Estelí y sus poblaciones vecinas gozarán de un ambiente limpio y sano, sin la presencia de basura expuesta al aire libre.

## Introducción

El relleno sanitario es un método diseñado para la disposición final de la basura. Este método consiste en depositar en el suelo los desechos sólidos, los cuales se esparcen y compactan reduciéndolos al menor volumen posible para que así ocupen un área pequeña. Luego se cubren con una capa de tierra y se compactan nuevamente al terminar el día.

El Actual "Relleno sanitario" se sitúa a 7 km. Del casco urbano (5 km. de terracería y con algunas pendientes pronunciadas) y fue inaugurado en 1997. Recibió financiamiento de la Cooperación Española. No se realizaron estudios previos de análisis de suelo, un 50% del terreno tiene subsuelo rocoso, lo que dificulta el tratamiento de relleno sanitario, no dispone de zanja perimetral de evacuación de pluviales, ni de lixiviados, no dispone de cerco adecuado, ni de caseta de control.

Durante el verano se excavan trincheras y se entierra deficientemente la basura una vez por semana con un tractor municipal que se dedica la mayor parte del tiempo a otros usos. En el invierno se deposita la basura al cielo abierto en la parte alta rocosa del vertedero. Los residuos de aserríos y fábricas de tabaco se queman en un área cercana a la entrada, sin ninguna protección anti incendio. No hay un estudio de la vida útil del vertedero.

Los impactos ambientales son significativos: durante el invierno se forman lagunas de agua de lluvia y lixiviados en la parte baja, que no tienen salida por un mal manejo del relleno sanitario, estas aguas desaparecen por evaporación e infiltración en el terreno. Al no existir cercado adecuado ni barreras vegetales los plásticos invaden los terrenos aledaños. Al "relleno" acuden 30 pepenadores que recogen metal, vidrio y cartón. Atienden el relleno dos trabajadores del servicio municipal que controlan el acceso de vehículos particulares, consiguiendo que el camino se mantenga limpio.

No existe ningún proyecto alternativo a este vertedero por lo que será necesario un estudio de factibilidad para su posible nuevo sitio lo que conlleve a un cierre por etapas del sitio actual.

La selección del sitio propuesto para el relleno sanitario se localiza a dos kilómetros del casco urbano, reduciendo distancia con relación al sitio actual, se ubica en una zona de poca circulación y se dispone de suficiente área para disponer la basura en un periodo superior a los 20 años. En el sitio se dispone de suficiente material para la cobertura de la basura.

Por la reducción de distancia en relación al sitio anterior este sitio tiene impactos positivos en mejorar el servicio de recolección de basura, principalmente porque facilita incrementar frecuencias de recolección por la reducción de tiempos de traslado de basura del poblado al sitio de disposición final.

Es de suma importancia para el municipio de Estelí darle respuesta a los problemas relacionados con el manejo de los residuos sólidos, ya que además de ser un municipio con múltiples problemas sanitarios que causan serios problemas en la salud de los pobladores, también se carece de servicios adecuados de manejo de basuras que ayuden a reducir el efecto de contaminación de los cuerpos de agua que poblaciones rurales utilizan para su consumo.

Lo cual se pretende en esta tesis realizar estudio de pre factibilidad tecno- económico y ambiental para un nuevo sitio cumpliendo con las normativas para la ubicación de un relleno sanitario.

### Materiales y metodos

Para el estudio se uso el método del cuarteo para determinar la composición física de la basura, donde se toman alrededor de 100kg de basura, se homogeniza, se divide en cuatro partes, se toman dos partes opuestas que sean representativas. Este proceso se realiza cuatro veces hasta obtener una porción aproximada a 50 kg de residuos.

Al obtener el último montón los desechos se pesan en un balde por separado clasificados en papel y cartón, plástico, metales, vidrio y materia orgánica. Una vez pesados cada uno de los componentes individuales se procede a calcular su porcentaje de acuerdo al peso total que resulta de la sumatoria de cada uno de los componentes individuales como lo representa formula siguiente para calcular el porcentaje de plástico en los residuos:

$$\%Plásti\ cos = \frac{PP}{PP + PPC + PMO + PM + PV + PO}$$

Donde:

PP: Peso de Plásticos, PPC: Peso de Papel y Carton, PMO: Peso de Materia Orgánica, PM: Peso de Metales. PV: Peso de Vidrio. PO: Peso de Otros

Una vez realizada la caracterización por el método del cuarteo se procede a la ubicación del sitio tomando en cuenta que para validar estos se toman el método empleado por Zeneyda Lazo (Lazo y Ríos; 2003).

Una vez elegido el sitio para la disposición final de los desechos sólidos se procede al calculo del área a requerir para la construcción del relleno sanitario tomando el cuenta el crecimiento de la población lo cual se estima el periodo de vida útil del relleno para 20 años, otros de los factores que se toma en cuenta es la altura de las trincheras y las longitudes y anchos de las mismas.

Para definir el método constructivo del relleno sanitario es indispensable los estudios de suelos, levantamiento topográficos para definir las curvas de nivel del terreno natural,

Para calcular el caudal del lixiviado se trabajo con el método Suizo recomendado por Jaramillo (2002), el cual para determinar el caudal de lixiviados establece los siguientes criterios según la ecuación presentada a continuación:

$$Q_{lm} = P_m \times A \times K$$

Donde

Q: caudal (m<sup>3</sup>/mes)

P: Precipitación máxima mensual (mm/mes)

A: Área superficial del relleno (m<sup>2</sup>) (solamente el área donde se depositan los residuos)

K: Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura (K=0.25)

1m: 1003 mm

Los parámetros utilizados para el cálculo de lixiviados son los siguientes:

Precipitación pluvial en el área de Relleno

Precipitación máxima mensual

Grado de compactación de los Residuos Sólidos

Área del sitio para relleno sanitario.

### Resultados

Utilizando los parámetros del INIFOM se presenta el siguiente cuadro que muestra la evaluación del sitio basados en los criterios del Inifom.

Cuadro 1 Evaluación del Sitio

Aspecto	Nombre del sitio #1 Relleno Actual	Nombre del sitio #2 La Cruz	Nombre del sitio #3 Las Pintadas	Norma
1. Distancia al perímetro de la ciudad	~ 5 kilómetros	~ 4 kilómetros	~ 2,5 kilómetros	> 1,000 metros
2. Período de traslado al centro de la ciudad	30 minutos	20 minutos	18 minutos	< 30'
3. Dirección del crecimiento de la ciudad	Contraria	Contraria	a favor	Contraria al sitio
4. Distancia a grupos de viviendas, industrias, escuelas, hospitales, áreas de recreación	4 kilómetro	3 kilómetro	1 kilómetro	> 1,000 metros
5. Distancia de vía principal	3 Kilómetros	2 Kilómetros	Al borde	< 300 metros
6. Distancia de línea limitrofe municipal	20 kilómetros	20 kilómetros	15 kilómetros	< 1,000 metros
7. Profundidad del manto freático	50 mts	45 mts	30 mts	> 8 metros, suelo limo-arenoso > 5 metros suelo limoso > 3 metros suelo arcilloso
8. Distancia de fuentes de agua destinadas al abastecimiento.(Pozos)	1 1/2 kms	1 kms	500 mts	> 1,000 metros
9. Distancia de fuentes de agua superficiales, ríos, lagos, mares, lagunas	5 kms	4 kms	280 mts	> 1,000 metros
10. Ubicación del sitio con respecto a la dirección del viento	Sotavento	Sotavento	Sotavento	Sotavento de la ciudad
11. Tipo de suelo	Franco-Arcilloso	Franco - Arcilloso	Franco-Arcilloso	Arcilloso
12. Vocación de suelo	Pastizal	Pastizal	Pastizal	Poco fértil
13. Propiedades de material de cobertura	Permeable	Permeable	Permeable	Arcilloso
14. Distancia al banco de material de cobertura	2,5 kms	2 kms	1 kms	< 1,000 metros
15. Vida útil	> de 10 años.	> de 10 años.	> de 10 años.	> 10 años
16. Pendiente y estado de las vías de acceso al sitio	< 10°, Buen estado	< 10°, Buen Estado	< 25°, regular estado	< 10 grados, buen estado
17. Costo del terreno				Opcional
18. Servicio de agua potable				Opcional

## Dimensiones de la zanja

Para el dimensión de la zanja se tomo como referencia las tablas de Jaramillo (2002) y para la disposición de residuos sólidos cada zanja debe estar ubicada en la parte inferior del terreno, con una vida útil de 60 días. El Cuadro 2 presenta los criterios técnicos para el dimensionamiento de trincheras o zanjas

Cuadro 2: "Criterios Técnicos de Dimensionamiento de Trincheras o Zanjas"

Criterios	Valor
Vida util de Zanja o trinchera	60 días
Uso de Maquinaria (retroexcavadora)	Rendimiento de trabajo 14 m <sup>3</sup> *
Población de Estelí (año 2006)	90,140 habitantes
PPC del año 2006	0.42 Kg/hab/día
Cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos	87 %
Material de cobertura	20 % del volumen de residuos sólidos a enterrar
Densidad de residuos sólidos estabilizada	600 kg/m <sup>3</sup> *
Densidad de residuos sólidos compactada	450 kg/m <sup>3</sup> *
Densidad de residuos sólidos suelta	250 kg/m <sup>3</sup> *

\* Jaramillo, (2002): "Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Una Solución para la Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales en Pequeñas Poblaciones". CEPIS/OPS/OMS. Colombia

Para el dimensionamiento de las celdas Diarias se tomo en cuenta la población urbana de la ciudad y la producción diaria de basura. En el cuadro 3 se presenta el resumen.

Cuadro 3: "Dimensiones de la Celda Diaria"

Población (Hab)	PPC (kg/hab/día)	Cobertura (%)	Días de Recolección	Volumen (m <sup>3</sup> )	Dimensiones		
					Altura	Ancho	Largo
94,140	0.42	87	6	8.66	1	2.94	2.94

Volumen Total ocupado por el Método de Zanja

El área del terreno es de 250 x 460m, lo que supone un volumen de 115,000 m<sup>3</sup> para la disposición de residuos sólidos. Las dimensiones de las zanjas para el relleno sanitario, cada una de ellas tiene 86.46m de largo, 4m de altura y 9m de ancho, lo que da como resultado un total de 46 zanjas con una distancia lateral de un metro entre ellas y una distancia frontal de 6m que servirá para el caminos de los camiones recolectores.

## Cálculo de la vida útil del Relleno

Para calcular la vida útil del terreno se recomienda tomar en cuenta, el área total, un factor de obras adicionales del 30%, el volumen de las zanjas, la capacidad volumétrica del sitio, proyectándose para 20 años.

Cálculo de la generación de lixiviados o percolados

Lo que se pretende generar de lixiviados en el área de acuerdo a normativa de Jaramillo (2002) se presenta en el siguiente cuadro 4.

**Cuadro 4: “Caudal Medio de Lixiviados”**

Parámetro	Área del Sitio
Precipitación Máxima Mensual (mm/mes)	850
Área (m <sup>2</sup> )	115,000
Coefficiente	0.25
Caudal medio (m <sup>3</sup> /mes)	24437.50

La infraestructura de las trincheras fue diseñada para operar por un período de 60 días, sus dimensiones se presentan en la Cuadro 5

**Cuadro: “Dimensiones y Volumen de las Trincheras”**

Dimensiones (m)			Volumen (m <sup>3</sup> )
Profundidad	Ancho	Largo	
4	9	86.46	3112.56

### Conclusiones

En relación a la propuesta de diseño de un relleno:

El sitio utilizado como botadero a cielo abierto no puede ser rehabilitado debido a que esta saturado de residuos y no posee una vida útil mayor a 5 años.

Debido a la problemática ambiental y riesgo a la salud humana se determinó que el botadero a cielo abierto se debe clausurar con el objetivo de minimizar los impactos ambientales ocasionados.

La celda diaria de residuos sólidos es de 8.66 m<sup>3</sup>, con 1 metro de altura, 2.94 metros de ancho y 2.94 metros de largo. En el sitio caben 46 zanjas de 3112.56 m<sup>3</sup> cada una, con las dimensiones de 4 metros de profundidad, 9 metros de ancho y 86.46 metros de largo.

La tierra excavada de las zanjas es de textura arcillosa y sirve como material de cobertura. Para impermeabilizar el relleno sanitario se propuso colocar sobre su superficie una capa de 30cm de arcilla compactada mecánicamente.

Los residuos sólidos generan 44,295.62m<sup>3</sup>/año de lixiviados que pueden ser almacenados en la fosa séptica. Para evitar el aumento de lixiviados se deben construir dos canales de desviación de las aguas de escorrentía.

Se debe construir un sistema de drenaje de gases de piedra grava o bola, de manera simultanea a la construcción de la celda diaria.

Se recomienda que el relleno sanitario de Estelí prevenga el aumento de la producción de lixiviados por el cual es necesario la construcción de canales interceptores de agua de escorrentía, para evitar el ingreso y desviar el agua de escorrentía hacia el relleno.

### Bibliografía

INIFOM. (1996): “Estudio Sobre el Sistema de Recolección y Tratamiento de Basura en 41 Municipios de Nicaragua. Diagnostico y Recomendaciones. Municipio de Estelí”. Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM). Murad Asesores S.A. de C.V. EPACNIC Consultores. Nicaragua.

Jaramillo, Jorge. (2002): “Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Una Solución para la Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales en Pequeñas Poblaciones”. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Organización Panamericana de la Salud (OPS). Organización Mundial de la Salud (OMS). Perú.

Lazo, Zeneyda. Maltez, Francisco. Ríos, David. (2003): “Caracterización de los Desechos Sólidos y Diseño del Relleno Sanitario de la Ciudad de Diriamba. 2002-2003”. Monografía para Optar al Título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua.