



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**METODOS TOPOGRAFICOS APLICADOS EN EL
RELLENO SANITARIO "BORDO PONIENTE",
UBICADO EN LA ZONA FEDERAL DEL EX-LAGO
DE TEXCOCO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA

P R E S E N T A :

HUGO / ALCANTARA HERNANDEZ



DIRECTOR DE TESIS: ING. ADOLFO REYES PIZANO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CIUDAD UNIVERSITARIA

2002



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/200/01

Señor
HUGO ALCÁNTARA HERNÁNDEZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. ADOLFO REYES PIZANO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO TOPOGRAFO.

"MÉTODOS TOPOGRÁFICOS APLICADOS EN EL RELLENO SANITARIO "BORDO PONIENTE", UBICADO EN LA ZONA FEDERAL DEL EX-LAGO DE TEXCOCO".

- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES
 - II. MARCO DE REFERENCIA
 - III. MÉTODOS TOPOGRÁFICOS EMPLEADOS EN EL PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO SANITARIO
 - IV. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
 - V. CIERRE Y CLAUSURA DE LA OBRA
 - VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 26 noviembre 2001.
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg.

MÉTODOS TOPOGRÁFICOS APLICADOS EN EL RELLENO SANITARIO "BORDO PONIENTE", UBICADO EN LA ZONA FEDERAL DEL EX-LAGO DE TEXCOCO.

INTRODUCCIÓN

Problema ecológico Aspecto social

I ANTECEDENTES

- I.1 Bosquejo histórico
- I.2 Generalidades
- I.3 Definición de residuo sólido
- I.4 Clasificación de los residuos sólidos
- I.5 Composición de los residuos sólidos municipales.
- I.6 Cadena de eliminación de residuos sólidos.
- I.7 Disposición final

II MARCO DE REFERENCIA

- II.1 Plan Lago de Texcoco
- II.2 Convenio y situación legal del predio.
- II.3 Justificación y selección del sitio
- II.4 Descripción del sitio
- II.5 Situación actual

III PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO SANITARIO.

- III.1 Estudios preliminares
- III.2 Estudios topográficos
- III.3 Preparación del sitio y construcción
- III.4 Construcción de caminos.
- III.5 Colocación de Geomembrana
- III.6 Personal y equipo.

IV OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

- IV.1 Generalidades
- IV.2 Métodos de operación
- IV.3 Determinación del control horizontal de residuos sólidos y cobertura.
- IV.4 Determinación del control vertical
- IV.5 Vida útil del sitio
- IV.6 Trabajos de mantenimiento en el sitio
- IV.7 Ejemplo de un mes de operación

V CIERRE. CLAUSURA DE LA OBRA.

- V.1 Metodología del cierre.
- V.2 Impermeabilización con Perma-Zyme
- V.3 Cubierta final
- V.4 Controles posteriores al cierre del sitio.
- V.5 Reutilización del Relleno Sanitario.

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- VI.1 Conclusiones y Recomendaciones.

Bibliografía, Glosario, planos, Anexo fotográfico.

A mis rubias

*de vez en cuando hay que hacer
una pausa*

*contemplarse así mismo
sin la fruición cotidiana*

*examinar el pasado
rubro por rubro*

*etapa por etapa
baldosa por baldosa*

*y no llorar las mentiras
sino contarse las verdades*

mario benedetti



- A dios: Por que sin su voluntad no estaria yo aqui terminando mis estudios, gracias por permitirme estar con vida. Gracias Padre mto.
- A mi madre: La Sra. Ascension Hernandez que nunca perdio la fe y la esperanza de que culminara mis estudios.
A ti Mamá.
- A mi padre: El Sr. Alfonso Alcántara por todo lo que eres, por tu apoyo y consejos durante toda mi vida.
Sobre todo por ser mi padre
- A mi abuela: La Sra. Feliciano Avila que aun permaneces en mis recuerdos, y se que siempre le sentiste orgullosa de mi.
En tu memoria abuela.
- A mis abuelos: La Sra. Paquita y al Sr. Alfonso por su gran ejemplo y valor hacia la vida. Y a toda la familia Alcántara.
- A mi esposa: Reyna Isabel Maldonado por tu comprension y apoyo en el tiempo que llevamos juntos.
Sobre todo por aceptarme como soy.
- A mi hijas Aides y Raisia con todo mi amor para la cara y colibri.
- A mis hermanos: Javier, Horacio, Oscar, Jesús y Carolina por estar conmigo en los momentos dificiles de mi vida. Y a todos mis sobrinos.
- A mi amigo Mauricio: por compartir el tesoro de la amistad. Que nos a unido desde niños.
- A mis amigos que no puedo mencionar y que me han ayudado a enfrentarme a la vida.
- A ti *

A la Universidad Nacional Autónoma de México que me dio la oportunidad de pertenecer a tan ilustre institución.

A la Facultad de Ingeniería: por la formación profesional que nos inculca desde el primer día de clases y darne la posibilidad de formar parte de sus estudiantes y ser uno más de sus egresados.

Al ingeniero Luis Palomino Rivera por sus atinados consejos cuando iniciaba la carrera.

A mis profesores por compartir el conocimiento que es la mejor manera de alcanzar la inmortalidad, que son los pilares de la facultad.

Al ing. Adolfo Reyes Pizano por su apoyo y orientación para la realización de esta tesis

A mis sinodales:

Ing. Víctor Robles Almeraya

Ing. Benito Gómez Daza

Ing. José Luis Higuera Moreno

Ing. Ubertino González González

A la empresa IGE Ingeniería por su apoyo. Así como a la residencia de la DGPU en el relleno sanitario Bordo Poniente por las facilidades para la realización de este trabajo.

Y a todos mis amigos, gracias por su amistad y apoyo.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad nuestra sociedad es un ente consumidor de bienes y productor inagotable de residuos sólidos, todo esto provoca problemas de contaminación ambiental y como consecuencia graves problemas de salud pública, sociales, económicos e incluso políticos.

Por lo anterior es de vital importancia buscar y aplicar de manera correcta los métodos de ingeniería más eficientes en los sitios de disposición final que es en donde terminan los residuos que ya no tienen ningún valor para la sociedad. La correcta aplicación de esos métodos permitirá tener un control en el proyecto, durante su construcción y operación así como en la clausura y en los efectos contaminantes provocados por la inadecuada disposición de los residuos sólidos municipales.

Por lo tanto es de gran importancia agregar a las tradicionales actividades efectuadas en un sitio de disposición final de residuos sólidos, métodos topográficos que nos permitan controlar, cuantificar, planear y evaluar los impactos negativos que se generan durante las fases que componen la vida de un relleno sanitario, y así poder mitigar en lo mayor posible las alteraciones y trabajos innecesarios al sitio.

En nuestro país la infraestructura disponible para el manejo de residuos sólidos ha sido rebasada por la generación de los mismos, ya que como se menciono hemos adquirido una cultura consumista, además de tener una alta tasa de crecimiento demográfico con lo cual se agrava más el problema.

Lo anteriormente dicho se ajusta muy bien a las principales ciudades de nuestro país como son: el Distrito Federal, Guadalajara y Monterrey; estas tres ciudades cuentan con complejos servicios de limpieza urbana en los que existen el almacenamiento, recolección, transferencia, tratamiento y disposición de estos en sus diferentes formas, y a pesar de ello estas ciudades se encuentran agobiadas por este problema; pero la mayoría de las ciudades y municipios del país se realiza el manejo de estos sólo en las etapas de recolección y disposición final de los mismos.

Según datos de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL, 1997) se generan 80,746 t/d de residuos sólidos en la República Mexicana, y de ellos se recolecta el 80% según indicadores de la Organización Panamericana de Salud (Tejeda, 1996).

El resto de los residuos se dejan en barrancas, ríos y demás lugares inadecuados para su disposición final; de ese 80% recolectado en el país el 70% se disponen en "tiraderos a cielo abierto", donde no se tiene ningún control, lo cual ocasiona efectos adversos al medio (Asociación Mexicana para el Control de Residuos Sólidos y Peligrosos, Asociación Civil, AMCRESPAC, 1994). Es este tipo de disposición final con la que se han tenido graves consecuencias para el ambiente,

contaminando el agua, el suelo y el aire, así como en la salud de los habitantes que viven en las cercanías de los tiraderos.

Los principales efectos directos son la emanación de gases que provocan malos olores e incendios y destrucción de la capa de ozono, la generación de lixiviados que contaminan el suelo, los mantos acuíferos y también la proliferación de fauna nociva. Lo anterior se evitaría si se fomentara el empleo del relleno sanitario como método de disposición final.

El método del relleno sanitario es la mejor opción en países en desarrollo para la disposición de residuos sólidos, en nuestro país resulta ser la opción más viable, y por ello es que debemos diseñar, construir, operar, clausurar estos, con estricta calidad, evitando así, los deterioros al ambiente y lograr que los ciudadanos tengan una mejor imagen del sistema de manejo de residuos sólidos municipales, para que haya confianza y no oposición en la construcción de este tipo de obras de ingeniería sanitaria.

En el área metropolitana de la ciudad de México debido a la gran cantidad de residuos sólidos que se generan diariamente, el Gobierno capitalino, a través de la Dirección de Transferencia y Disposición Final de la Dirección General de Servicios Urbanos (DGSU), tiene bajo su responsabilidad la transferencia y disposición final de residuos sólidos, con el propósito fundamental de preservar el medio ambiente, proteger la salud de la población en general y evitar en lo posible, todo tipo de contaminación en la ecología.

Por lo anterior, durante los últimos años a llevado a cabo diferentes acciones para la utilización óptima de los sitios de Disposición Final, en donde se depositen los residuos sólidos con un método seguro.

Uno de los Sitios que forman parte del Sistema de Disposición Final de la Ciudad de México es el llamado " Bordo Poniente ", el cual, está constituido por cuatro etapas, actualmente se opera únicamente la IV etapa.

Por lo anterior, el Relleno Sanitario "Bordo Poniente ". Es la obra de ingeniería sanitaria más importante de Latinoamérica no-solo por su extensión de 1000 Ha sino por su capacidad de recepción de residuos sólidos que en la actualidad es de más de 16,000 Ton diarias razón por lo que merece una atención importante en el desarrollo del país

contaminando el agua, el suelo y el aire, así como en la salud de los habitantes que viven en las cercanías de los tiraderos.

Los principales efectos directos son la emanación de gases que provocan malos olores e incendios y destrucción de la capa de ozono, la generación de lixiviados que contaminan el suelo, los mantos acuíferos y también la proliferación de fauna nociva. Lo anterior se evitaría si se fomentara el empleo del relleno sanitario como método de disposición final.

El método del relleno sanitario es la mejor opción en países en desarrollo para la disposición de residuos sólidos, en nuestro país resulta ser la opción más viable, y por ello es que debemos diseñar, construir, operar, clausurar estos, con estricta calidad, evitando así, los deterioros al ambiente y lograr que los ciudadanos tengan una mejor imagen del sistema de manejo de residuos sólidos municipales, para que haya confianza y no oposición en la construcción de este tipo de obras de ingeniería sanitaria.

En el área metropolitana de la ciudad de México debido a la gran cantidad de residuos sólidos que se generan diariamente, el Gobierno capitalino, a través de la Dirección de Transferencia y Disposición Final de la Dirección General de Servicios Urbanos (DGSU), tiene bajo su responsabilidad la transferencia y disposición final de residuos sólidos, con el propósito fundamental de preservar el medio ambiente, proteger la salud de la población en general y evitar en lo posible, todo tipo de contaminación en la ecología.

Por lo anterior, durante los últimos años se han llevado a cabo diferentes acciones para la utilización óptima de los sitios de Disposición Final, en donde se depositen los residuos sólidos con un método seguro.

Uno de los Sitios que forman parte del Sistema de Disposición Final de la Ciudad de México es el llamado " Bordo Poniente ", el cual, está constituido por cuatro etapas, actualmente se opera únicamente la IV etapa.

Por lo anterior, el Relleno Sanitario "Bordo Poniente ". Es la obra de ingeniería sanitaria más importante de Latinoamérica no-solo por su extensión de 1000 Ha sino por su capacidad de recepción de residuos sólidos que en la actualidad es de más de 16,000 Ton diarias razón por lo que merece una atención importante en el desarrollo del país

Resumen

El objetivo principal del presente trabajo es la utilización de métodos topográficos dentro de las fases de un Relleno Sanitario en particular el de Bordo Poniente en su IV etapa ubicado en la Zona del Ex-lago de Texcoco con el fin de tener una planeación, evaluación y cuantificación de los impactos negativos que se generan dentro de la construcción, operación y clausura de un sitio de tal magnitud, y los objetivos específicos son:

1. - Establecer la importancia del control horizontal en un relleno sanitario.
2. - Establecer la importancia del control vertical en un relleno sanitario.
3. - Incrementar la vida útil del sitio
4. - Establecer una metodología topográfica en cualquier relleno sanitario.

Por lo anteriormente mencionado la intención que persigue el desarrollo del presente trabajo, es la importancia de la ingeniería topográfica en una obra de ingeniería sanitaria tan importante, por las dimensiones del sitio y por la capacidad de ingreso diario de residuos sólidos, que es sin duda el mayor de América latina.

Y aunque se trata del caso específico del relleno sanitario de la ciudad de México de Bordo Poniente IV etapa se pretende establecer un modelo general para que se implemente una metodología, en otros rellenos sanitarios de México y con ello se lleve a cabo un buen control en dichos lugares, esperando con ello el mínimo impacto de estas obras sanitarias al ambiente.

Índice de tablas

Tabla 1 clasificación de los residuos sólidos.	Pág. 4
Tabla 2 clasificación de acuerdo a la fuente que los generó.	Pág. 8
tabla 3 composición de los residuos por área geográfica	Pág. 9
tabla 4 resumen anual del ingreso de residuos en bordo poniente	Pág. 13
tabla 5 disposición final en el país	Pág. 16
tabla 6 resumen cronológico de la operación en Bordo Poniente	Pág. 26
tabla 7 situación actual del Relleno Sanitario	Pág. 32
tabla 8 conceptos que influyen en la selección del sitio	Pág. 35
tabla 9 normas para la construcción de caminos	Pág. 42
tabla 10 personal que se requiere en la obra.	Pág. 46
tabla 11 maquinaria y equipo que se requiere en la obra	Pág. 47
tabla 12 registro de campo empleado en el levantamiento	Pág. 57
tabla 13 ejemplo de un mes de operación	Pág. 64
tabla 14 pozos de biógas en Bordo poniente	Pág. 67

Índice de figuras

Fig. 1 ubicación de estaciones de transferencia y sitios de disposición En el DF.	Pág. 4
Fig. 2 cadena de eliminación de residuos sólidos	Pág. 10
Fig. 3 imagen de satélite del Ex-Lago de Texcoco.	Pág. 21
Fig. 4 croquis de localización	Pág. 22
Fig. 5 ubicación del relleno sanitario Bordo Poniente	Pág. 25
Fig. 6 croquis de la primera etapa	Pág. 28
Fig. 7 croquis de la segunda etapa	Pág. 29
Fig. 8 croquis de la tercera etapa	Pág. 31
Fig. 9 croquis de la cuarta etapa	Pág. 33
Fig. 10 mojonera tipo	Pág. 38
Fig. 11 sección de un camino principal	Pág. 41
Fig. 12 sección de un camino secundario	Pág. 41
Fig. 13 sección de un camino de penetración	Pág. 42
Fig. 14 detalle de la colocación de la geomembrana en la celda	Pág. 44
Fig. 15 detalle de la colocación de la geomembrana en los caminos	Pág. 45
Fig. 16 ubicación del BN de partida	Pág. 58
Fig. 17 detalle de la colocación de permazyme	Pág. 69
Fig. 18 sección de capa de sello propuesto en esta tesis	Pág. 70

CAPITULO I

ANTECEDENTES

I. ANTECEDENTES

I.1 BOSQUEJO HISTORICO.

Es de vital importancia conocer la historia del servicio de limpia de la ciudad de México para conocer cómo y de que manera se fue desarrollando este y lo que hoy en día es, por lo presentare un resumen cronológico de este servicio.

En la época prehispánica, afirma el Padre Francisco Javier Clavijero, bajo el Gobierno de Moctezuma Xocoyotzin, no había en las ciudades una sola tienda de comercio, no se podía vender ni comprar fuera de los mercados y por lo tanto, nadie comía en las calles, ni se tiraban cáscaras ni otros despojos y había más de mil personas entre esclavos y macehuales que recorrían la Ciudad recogiendo la basura. Dicen los cronistas que los servicios urbanos de limpia y recolección de basura estaban mejor organizados que ahora y el suelo no ensuciaba el pie desnudo; además de que los habitantes estaban habituados a no tirar nada en la calle.

Fue a partir de la llegada de los españoles cuando en la ciudad de México, se manejaban los desechos sólidos en forma arbitraria. Después de organizar el control de los reinos y provincias conquistadas y una vez determinada la cede de los poderes reales elegida entre las poblaciones de Tenochtitlán, Coyohuacán, Tlacopan y Texcoco; Cortés inicia la reedificación de la destruida capital azteca hacia los últimos días de Noviembre de 1521.

Aunque no se a precisado la fecha de la fundación del Ayuntamiento de la Cd. de México se sabe que Cortés nombra Regidores y Alcaldes antes del 15 de Mayo de 1522, como lo manifestó en su tercera carta de relación al rey. El primer testimonio escrito de una reunión de Cabildo tiene la fecha del 8 de Marzo de 1524. Registrándose poco después el 1 de Abril del mismo año, el primer ordenamiento en materia de limpieza relativo a la obligatoriedad de mantener limpios los solares que eran conferidos en donación a los conquistadores para evitar muladares, bajo la pena de pagar un peso en oro de no cumplir esta disposición.

En el año de 1531 el ayuntamiento señala tres lugares para la disposición final: camino Tlatelolco, pasando por Santo Domingo en la laguna, detrás de la casa de Andrés Tapia y Mancilla detrás de la casa de Pedro Solís. Y para el año de 1581 en los muladares de Iztapalapa.

En el año de 1787, las calles de la Cd. México eran intransitables, por el desaseo y la falta de limpieza; había basura y los caños estaban llenos de lodos pestilentes, en casi todas las calles se veían muladares o basureros, ya que la basura se arrojaba en la vía pública y no había quién la recogiera.

Debido a lo anterior, el Virrey Revillagigedo, estableció que la basura fuera recogida por carros tirados por mulas, con lo cual evitó que los basureros continuaran en las calles. Revillagigedo hizo también que los reglamentos

municipales se aplicaran, para que se barrieran y regaran las calles, con lo que impulsó el aseo y limpieza de la Ciudad. Estas disposiciones asentadas en dicho bando de 1790, tienen una trascendencia principalmente en el siglo XIX. En esta época ya existían tres sitios de disposición final de importancia: El Caballero, el de Puente de Santa Cruz y el de Puente de las Guerras.

Fue hasta el año de 1824 cuando se dio por primera vez el control y reglamentación de los carros de recolección. El Sr. Melchor Múzquiz, Coronel del Ejército, encargado de una de las provincias de la capital, estableció las primeras pautas para la recolección domiciliaria numerar los carros, establecer rutas determinadas y tocar la campanilla al pasar por las calles, mismos que se siguen observando hasta el día de hoy.

En el año de 1846 en un reglamento para la contratación de limpia de las calles y barrios se señala que se destinaran 30 carros para limpia de los cuarteles en que se dividía la Ciudad algunos habrían de salir a las 5:30 de la mañana en Verano y a las 6:00 en el Invierno como se había emitido en el bando de 1790.

En el año de 1850 el Coronel Miguel María de Azcarate, Gobernador del Distrito Federal estableció cuatro sitios de disposición final: al ORIENTE en la Calzada que va al Peñón de los Baños; al NORTE en la de Vallejo; al PONIENTE en el potrero de la ciudadela en la Calzada de la Piedad o de Tacubaya y al SUR en la Candelaria. En 1864 se cerró el tiradero de San Lázaro y se abrió tres años después, por no tener otro sitio para la disposición final.

En 1875 a los pepenadores se les vendía un carro con residuos sólidos por \$7.50 para que ellos obtuvieran algún beneficio de los subproductos.

En el año de 1883 se reforma el sistema de carros de limpia y que sustituyen a las mulas, se propuso carros de lamina delgada con tapa para evitar que se derrame la basura sobre la vía pública.

En el año de 1884, el servicio de limpia era sumamente imperfecto, porque siendo muy extenso el radio de la Ciudad, los carros no la podían recoger con oportunidad y eficiencia, y estando el tiradero en uno de los extremos de la Ciudad, era sumamente difícil que hicieran los viajes indispensables, el servicio de limpia contaba con 83 carros, 43 pipas y 136 mulas.

En el año de 1932 en la Ciudad de México ya contaba con siete tiraderos de importancia: La Jarana, el de Dos Ríos, el de Cuatro Vientos, El Peñón, La Magdalena Mixiuhca, el Atorón y la Modelo.

Hacia el año de 1936 el servicio de limpia de la ciudad de México contaba con 2,500 empleados y con vehículos recolectores, como camiones tubulares, llamados también de concha, que podían abrirse longitudinalmente en su parte superior y hacia los lados, volteos con capacidad de 7 y 20 toneladas. Los carros tirados por las mulas pasaron a cubrir los servicios de limpia de la periferia de la Ciudad.

En 1940 se hablaba de reciclar o industrializar la basura, de los problemas de contaminación del suelo, aire y agua; y de la necesidad que los tiraderos quedaran lo más apartados posible de la Ciudad.

Entre los años de 1941-1946 en cada Delegación existía un tiradero de basura, la basura de la ciudad se depositaba en tiraderos denominados: La Magdalena Mixihuca, Santa Catarina, Bramaderos, La Modelo, Dos Ríos, Nativitas, Independencia y Pedregal. Y para 1948 se recolectaba en promedio 2,000 Ton al día. El 27 de Noviembre de 1970 se modifica la ley Orgánica del DDF y quedan conformadas las 16 delegaciones que hasta la fecha existen.

En el año de 1974 se comienza a operar la primera estación de transferencia de la delegación Miguel Hidalgo en ese mismo año se inauguran las de Cuahutemoc y Azcapotzalco, y para 1976 la estación de transferencia de Venustiano Carranza.

En este mismo año se crea la Dirección General de Servicios Urbanos (DGSU) del D.F., de la que depende la Oficina de Recolección de Desechos sólidos; de esta Dirección depende en la actualidad la recolección, el transporte, el tratamiento y la disposición final de los Residuos sólidos. Ya para este año se generan alrededor de 7,000 Ton al día en la ciudad de México. Para 1978 se inaugura la estación de transferencia de Iztacalco

La situación a principios de la década de los 80^s del manejo de los residuos sólidos estaba crítica en las 16 delegaciones. Existían los siguientes tiraderos a cielo abierto: Milpa Alta, Ajusco, Cuauhtepac, Tláhuac, San Lorenzo Tezonco, Santa Cruz Meyehualco, Santa Fe, Venustiano Carranza, Gustavo a. Madero y el del vaso de Texcoco.

En 1983 el Departamento del Distrito Federal inició la clausura del Tiradero de Santa Cruz Meyehualco, con una extensión de 150 Ha que consistió en cubrir los residuos sólidos con tepetate, así como la perforación de pozos para el venteo del biogás generado por la biodegradación anaeróbica que sufren los residuos acumulados. Al clausurar este tiradero se estimuló el desarrollo y creación de otros; como el de Santa Catarina, aún en operación; San Lorenzo Tezonco, Tláhuac, Milpa Alta, Tlalpan y Bordo Xochiaca.

En 1984 el D.D.F., seleccionó dos sitios para rellenos sanitarios, sumándose al tiradero de Santa Catarina, uno en el sitio denominado "Bordo Poniente a" en la zona del Ex-lago de Texcoco, para operar hasta 600 ton/día de residuos sólidos municipales.

El otro relleno se encuentra en el sitio denominado "Prados de la Montaña", en la Delegación Alvaro Obregón, en donde se permite la pepena durante el día, para cubrir los desechos por la noche, este relleno recibe alrededor de 2,300 toneladas diarias.

1.2 GENERALIDADES

El presente trabajo estudiara los residuos municipales, por ser estos los que cotidianamente se manejan en el relleno sanitario Bordo Poniente de los cuales se da una clasificación más amplia en las siguientes definiciones, así como una breve descripción de dichos residuos. Este trabajo se presenta de la siguiente manera con el único objetivo de darle un sentido informativo y de consulta

1.3 DEFINICIÓN DE RESIDUO SÓLIDO

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente define a un residuo como "cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo genero"

La "Environment Protection Agency (EPA)" de los Estados Unidos (1989) define a un residuo como "Se entiende como residuo sólido cualquier basura, desperdicio, lodo y otros materiales sólidos de desechos resultantes de las actividades industriales, comerciales y de la comunidad. No incluye sólidos o materiales disueltos en las aguas de los canales de descarga de la irrigación, ni otros contaminantes comunes en el agua".

De las dos definiciones se puede concluir que un residuo es todo resto o material resultante de un proceso de producción, transformación o utilización que resulte abandonado o que su poseedor o productor decida abandonar.

1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.

Se ha descrito la definición de los residuos sólidos y no así los riesgos de salud que pueden acarrear el inadecuado manejo de éstos. Por lo que, se hace necesario establecer una clasificación convencional en donde se citen los residuos sólidos peligrosos como los no peligrosos.

RESIDUOS NO PELIGROSOS	RESIDUOS PELIGROSOS
VIDRIO	SUBSTANCIAS QUÍMICAS
PAPEL	ANIMALES DE INVESTIGACION
CARTÓN	RESIDUOS DE MEDICAMENTOS
PLASTICO	SOLVENTES
TETRAPACK	MEDICINAS CADUCAS
CHATARRAS	ALIMENTOS ENLATADOS CADUCOS
MATERIAL INERTE	CUERPOS DE ANIMALES
TEXTIL NATURAL	EXCREMENTO
TEXTIL SINTETICO	SECRECIONES
RESIDUOS ALIMENTICIOS	TOALLAS SANITARIAS
RESIDUOS DE JARDINERÍA	ALGODÓN CONTAMINADO
MATERIAL FERROSO	PAÑALES

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.

Una vez ya identificada en forma general los residuos peligrosos y no peligrosos y basándose en la definición de residuo sólido, en los siguientes párrafos se hará da una breve descripción de dichos residuos.

I.4.1 RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS

La ley general de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente, define los residuos sólidos peligrosos de la siguiente forma: "Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o al medio ambiente.

La "Environment Protection Agency" la EPA de lo Estados Unidos de Norteamérica los define de la siguiente forma: "se entiende como residuos peligrosos cualquier residuo o combinación de residuos que presente un peligro inmediato o potencial para la salud humana o naturaleza, o porque pueden magnificarse biológicamente, o porque pueden ser letales o porque de cualquier forma puedan causar o tender a causar efectos acumulativos perjudiciales"

Como se ve en las definiciones anteriores sobre los residuos sólidos peligrosos, la EPA en su definición hace énfasis en los daños que causan a la salud humana, mientras que nuestra legislación se limita a definirlos por sus características tóxicas, corrosivas o infecciosas, etc.

Los residuos sólidos peligrosos por lo general son productos de la industria. Su clasificación es sobre la base de las sustancias peligrosas que contenga y el periodo de tiempo necesario que tarda en ocasionar daño a la vida de los hombres, plantas y animales. La principal fuente de residuos biológicos son los hospitales.

I.4.2 RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS

Son todos aquellos que para su manejo y tratamiento no requieren de un manejo especial y controlado debido a que sus características no poseen elementos que pongan en riesgo la salud humana. Los residuos sólidos municipales y los residuos sólidos industriales son dos grandes grupos que lo integran, mismos que se definen a continuación.

I.4.3 RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES

Se entiende por residuos sólidos industriales los generados en procesos y operaciones unitarias de fabricas e industrias, y la basura putresible de las instalaciones de procesos de productos alimenticios, rastros, etc. No se incluyen los residuos provenientes de las actividades comerciales de los establecimientos industriales, ni aquello son producto de operaciones comerciales dedicadas a la industria de la construcción urbana que abarca edificios, parques, jardines y servicios públicos en general.

I.4.4 RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

De acuerdo con las normas oficiales Mexicanas sobre los residuos sólidos, se define como residuos sólidos municipales a “aquellas que se generan en: casa habitación, parques y jardines, vía pública, oficinas, sitios de reunión, mercados, comercios bienes muebles, demoliciones, construcciones, instituciones, establecimientos de servicios y en general todos aquellos generados en actividades municipales, que no requieren técnicas especiales para su control, excepto los peligrosos y potencialmente peligrosos de hospitales, clínicas, laboratorios y centros de investigaciones”.

I.4.5. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE ACUERDO A LA FUENTE QUE LOS GENERÓ.

Tipos de fuentes generadoras	Sub clasificación	Generación unitaria de residuos sólidos
Domiciliarios	Unifamiliar y plurifamiliar	0.605 kg/hab/d
Comercio	Establecimientos de comercio	
	Tiendas de autoservicio	637.00 kg/establecimiento/d
	Tiendas departamentales	368.00 kg/establecimiento/d
	Locales comerciales	6.650 kg/local/d
	Mercados	
	Carnes	4.430 kg/local/d
	Frutas y legumbres	7.920 kg/local/d
	Ábarrotos	1.025 kg/local/d
	Preparación de alimentos	14.960 kg/local/d
	Varios	0.803 kg/local/d
	Mercados sobre ruedas	575.800 kg/tianquis
Servicios	Restaurantes y bares	25.442 kg/establecimiento/d
	Centros de espectáculos y recreación	
	Centros de espectáculos	1.230 kg/empleador/d
	Instalaciones deportivas	2.620 kg/empleador/d
	Centros culturales	0.330 kg/empleador/d
	Servicios públicos	
	Oficinas de servicios	3.460 kg/establecimiento/d
	Servicios de reparación y mantenimiento	1.940 kg/establecimiento/d
	Estaciones de gasolina	53.120 kg/establecimiento/d
	Hoteles	
	5 estrellas	1,016.90 kg/establecimiento/d
	4 estrellas	218.500kg/establecimiento/d
	3 estrellas	16.810kg/establecimiento/d
	Centros educativos	
	Preescolar	0.040kg/alumno/d
	Primaria	0.055kg/alumno/d
	Capacitación para el trabajo	0.060kg/alumno/d
	Secundaria	0.065kg/alumno/d
	Técnico	0.060kg/alumno/d
	Bachillerato	0.060kg/alumno/d
	Superior	0.070kg/alumno/d
	Oficinas públicas	0.207 kg/empleador/d
Especiales	Unidades médicas	
	Nivel 1	1.279 kg/consultorio/d
	Nivel 2	4.730 kg/cama/d
	Nivel 3	5.390kg/cama/d
	Laboratorios	6.340kg/laboratorio/d
	Veterinarias	1.700kg/empleador/d
	Terminales terrestres	2,103.000 kg/central/d
	Terminal aérea	28,887.000 kg/aeropuerto/d
	Vialidades	31.383 kg/km/d
	Centros de readaptación social	0.540kg/interno/d
Otros	Áreas verdes	0.149 kg/km2/d
	Objetos voluminosos	28.85kg/ton residuos sólidos
	Materiales de construcción y reparaciones menores	20.85kg/ton residuos sólidos

TABLA 2 CLASIFICACION DE ACUERDO A LA FUENTE QUE LOS GENERÓ.

En esta tabla se muestra de manera detallada una clasificación de los residuos sólidos de acuerdo a la fuente generadora y a una subclasificación particular de la fuente, así como el porcentaje en peso de los mismos residuos.

1.5 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.

De acuerdo con la definición de los residuos sólidos municipales estos son de origen doméstico, parques, jardines, vía pública y aquellos negocios (excepto las industrias), cuyos residuos no son peligrosos, estos han sido clasificados de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana.

La composición de los residuos sólidos municipales está en función de:

- El hábitat geográfico de la población.
- La época del año.
- El status o nivel social, de la población.
- Los hábitos de consumo (especialmente el alimenticio).
- El tipo de producción agraria.
- La estructura económica del entorno.
- Las motivaciones exteriores de consumo.

En la siguiente tabla se muestra la composición de los residuos sólidos municipales no-solo en el D.F. sino en diferentes regiones de la República Mexicana

COMPOSICIÓN DE LOS RSM
(Valores en %)

SUBPRODUCTO	FRONTERA NORTE	NORTE	CENTRO	SUR	D.F.
RESIDUOS ALIMENTICIOS	27	21	39	16	34
RESIDUOS DE JARDINERIA	16	20	7	27	5
VIDRIO	7	6	9	4	11
CARTON/PAPEL	16	15	15	14	20
METAL	4	3	3	5	3
OTROS	30	35	27	34	27
GENERACION PÉR CAPITA	0.96	0.89	0.78	0.68	1.3

TABLA 3 COMPOSICION DE LOS RESIDUOS POR AREA GEOGRÁFICA

Esta clasificación nos permite conocer porcentajes de material reciclable y no reciclable, biodegradable y no biodegradable, siendo los residuos alimenticios los que constituyen la fracción predominante con aproximadamente el 34 %, además de ser los más rápidamente degradables.

I.6 CADENA DE ELIMINACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.

La cadena de eliminación de los residuos sólidos es el conjunto de acciones que siguen los residuos para el control de los mismos y se puede resumirse de la siguiente manera:

Generación, Almacenamiento, Recolección, Transferencia y Transporte, Tratamiento y Disposición final.

El adecuado manejo de los residuos sólidos, implícitamente trae consigo dar cabal cumplimiento a los principios básicos de la salud pública, misma que tanto ciudadanos como autoridades están dispuestos a ignorar o al menos esa es la impresión. No obstante cualquier cambio o modificación que sufra alguna de las acciones de esta cadena de eliminación tendrá un efecto directo en los demás. Se dará una breve descripción de cada una de las etapas de esta cadena de eliminación de residuos sólidos.

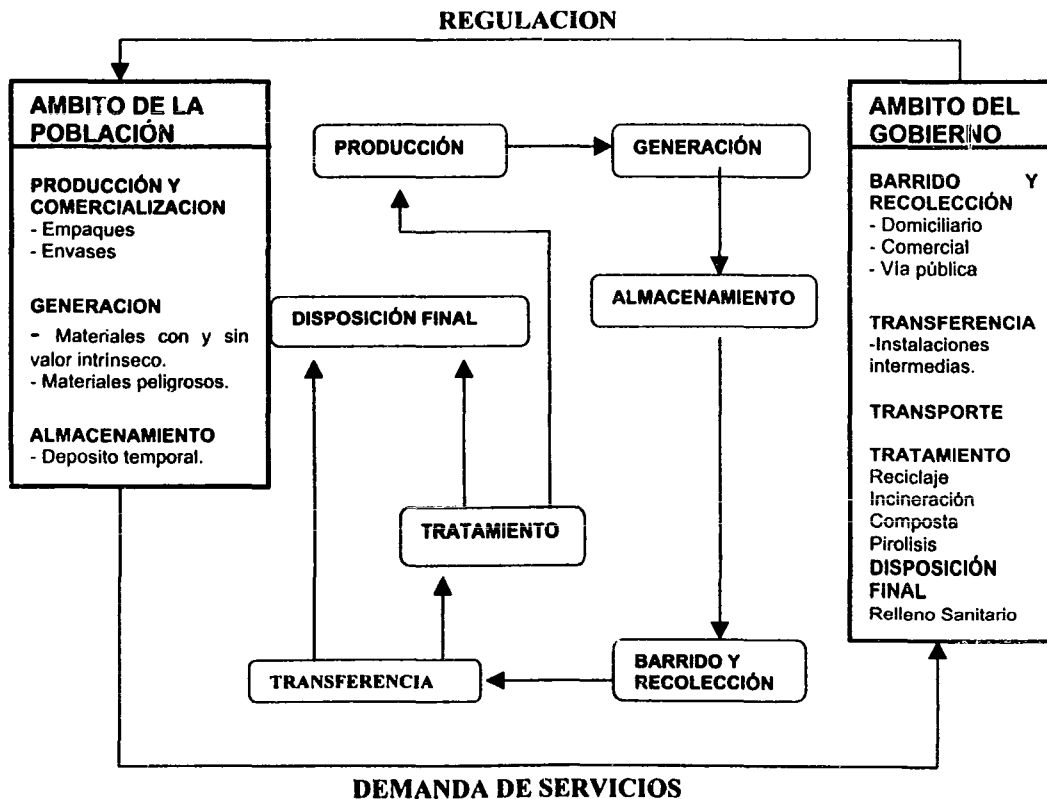


FIG. 2 CADENA DE ELIMINACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.

1.6.1 GENERACIÓN.

El proceso se inicia con la generación propiamente dicha de los residuos que es el resultado de las distintas actividades productivas del hombre. Estos residuos que tienen un valor comercial intrínseco, se convierten en desechos cuando carecen de interés o bien cuando es difícil su incorporación a los ciclos productivos como materia prima, siendo finalmente orientados a su confinamiento.

De acuerdo a estudios estadísticos, se considera que la generación promedio per cápita de residuos sólidos municipales en la República Mexicana, varía de 0.65 a 1.0 Kg./día como se aprecia en la tabla 3 dependiendo de algunos factores como los siguientes: estrato social o nivel socioeconómico (alto, medio o bajo); uso de suelo (habitacional, comercial, etc.); Estaciones del año; hábitos alimenticios y día de la semana.

Los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos que se generan en México casi siempre se revuelven desde que son almacenados, lo cual dificulta su manejo, tratamiento y disposición final.

Cabe señalar que un 13% de los residuos que se generan en el país pertenecen al DF y si se agregan los 19 municipios conurbados que conforman la zona metropolitana se tiene cerca del 25% del total, lo cual nos da una idea del terrible problema que tiene que manejar la capital del país día con día.

1.6.2 ALMACENAMIENTO.

Una vez generados los residuos sólidos, se procede a su almacenamiento, etapa que se refiere a la acción de retener temporalmente los residuos sólidos municipales en un recipiente seguro y adecuado, en espera de ser recolectados por el servicio de limpieza.

El almacenamiento de los residuos sólidos en las casas habitación, en los establecimientos comerciales, en las industrias y otras fuentes similares, es responsabilidad de sus ocupantes, recomendándose recipientes con la capacidad suficiente (normalmente de 20 a 50 lts.)

Para contener los residuos sólidos, tamaño y forma conveniente para el vertido de éstos, material resistente de fácil limpieza (metálicos o de plástico rígido) con tapa ajustada. Dichos recipientes se deben colocar en zonas externas de almacenamiento, protegidos de la intemperie (lluvia y viento), para evitar que se derrame el contenido al exterior, originando posibles focos de contaminación.

1.6.3 BARRIDO.

Siguiendo la secuencia del ciclo de los residuos sólidos, enseguida se describe la etapa correspondiente al barrido ubicando al barrido como una actividad propia de ésta, asignada a la vía pública.

Los residuos generados en la vía pública son reunidos para incorporarse a la recolección y al transporte mediante el barrido manual que se puede llevar a cabo de forma individual o por medio de cuadrillas, o bien a través del barrido mecánico el cual se aplica generalmente en ciudades con vías de tránsito intenso, donde el barrido manual resulta de gran riesgo.

Los residuos encontrados en la vía pública provienen de fuentes naturales y de la actividad de hombre, siendo las primeras originadas por la vegetación misma, como los árboles y las plantas que por acción del viento desprenden hojas, ramas, semillas y flores, además del acarreo del polvo. Las segundas producto de la actividad del hombre al arrojar en lugares inapropiados envolturas de papel, cartón, trapo, celofán, plásticos, envases de vidrio, colillas de cigarro, residuos alimenticios, desechos domiciliarios, derrames accidentales de carga transportada, arcilla, lodos, animales muertos, madera, materiales de construcción, etc.

Para la limpieza de la ciudad de México se divide esta tarea en dos partes, por un lado, las delegaciones realizan un barrido manual y mecánico de 17,000 km. de vialidades primarias, secundarias, locales y colectoras, mientras que la Dirección General de Servicios Urbanos (DGSU) le compete exclusivamente la limpieza de la llamada red vial primaria (integrada por 9 vías rápidas 23 ejes viales 10 avenidas principales y 6 accesos carreteros.).

Realizada esta recolección específica, los residuos son almacenados de manera momentánea para su posterior vertido en los vehículos recolectores.

1.6.4 RECOLECCIÓN.

La recolección de los residuos sólidos es la parte central de servicio de limpia, el propósito fundamental es recoger en su lugar de origen, los desechos municipales, principalmente los domiciliarios y de vía pública, así esta etapa representa el enlace entre el almacenamiento y la transferencia, el tratamiento o disposición final.

Tomando en cuenta la composición, cantidad y volumen para establecer la frecuencia de recolección de acuerdo a las necesidades de cada lugar, se requiere un sistema de recolección apropiado para cada caso y para cada tipo de desechos sólidos (de comercios, mercados, rastros, etc.). Dependiendo de factores como la densidad de población, el sistema vial y el tráfico vehicular; estableciendo rutas, horarios y métodos de recolección.

Y aunque como ya se menciona que la recolección: es publica en general y privada en algunos casos. Es un proceso privatizado en donde los recolectores (camiones, camionetas o carretas de caballos) son una especie de "micro industrias" que dan empleo a miles de familias, formalizan la propina, la prepepena y el sistema de "fincas", por fuera de cualquier tipo de control.

En general los reglamentos de limpia, norman todas las acciones y actividades para que con la colaboración de los habitantes de la población haya un servicio eficiente de recolección.

1.6.5 TRANSPORTE.

Después de la recolección, los residuos sólidos municipales son transportados a estaciones de transferencia, plantas de tratamiento o directamente a los sitios de disposición final.

El equipo para el transporte de los residuos sólidos utilizados durante la recolección hacia la transferencia o hacia el sitio de disposición final, es seleccionado en función del tipo de residuos, de su volumen y de la vialidad de la ciudad; por ejemplo pueden ser desde carretas remolcadas por animales de tiro, camiones con cajas abiertas como los volteos, camiones de redilas, hasta vehículos cerrados con mecanismos de compactación como los camiones de carga trasera, de carga lateral y carga frontal.

1.6.6 TRANSFERENCIA.

Los residuos sólidos una vez que son recolectados deben ser trasladados a los sitios de disposición final para su confinamiento; estos sitios generalmente se encuentran alejados de la zona urbana, como lo es el caso de Santa Catarina y Bordo Poniente IV Etapa por lo que no es conveniente que los vehículos recolectores realicen estos recorridos, ya que se propicia la deficiencia en el servicio de recolección.

Las estaciones de transferencia son un eslabón intermedio en el manejo de los residuos sólidos, que consisten en instalaciones sanitarias que permiten transferir (mediante gravedad o utilizando equipos mecanizados) los residuos del vehículo recolector a otro vehículo con mayor capacidad de carga, denominados TRANSFERS y contenedores (cuya capacidad es de entre 15 y 30 Ton. Dependiendo de la composición de los residuos recolectados). de tal forma que disminuyan los tiempos y los costos de la recolección de los residuos, así como el tiempo de transporte al sitio de disposición final.

La ciudad de México es la ciudad con mas estaciones de transferencia en operación y que maneja de una forma más adecuada los residuos sólidos en el país cuenta con 13 estaciones de transferencia ubicadas estratégicamente en 12 delegaciones políticas mediante las cuales se transportan diariamente 9,000 ton a las plantas de selección como los sitios de disposición final.

En la siguiente tabla se presenta un resumen anual del ingreso de residuos sólidos en el Relleno Sanitario Bordo Poniente IV Etapa, para tener una idea del ingreso y de la manera en la que se divide este ingreso entre estaciones de transferencia, vehículos delegacionales, vehículos propios de la DGSU y vehículos particulares del DDF y el Estado de México.

TONELADAS RECIBIDAS EN BORDO PONIENTE IV ETAPA SEGÚN EL ORIGEN	1999	2000	2001
ESTACIONES DE TRANSFERENCIAS	3,222,152.141		
TRANSFERENCIAS PROPIAS DE LA DELEGACIÓN	4,135.225		
RECOLECCION DIRECTA POR DELEGACIÓN	183,733.040		
RECOLECCION DIRECTA POR LA DGSU	85,179.295		
RECOLECCION DIRECTA POR EL ESTADO DE MÉXICO	7045.101		
RECOLECCION DIRECTA POR PARTICULARES	236,768.282		
TOTAL	3,739,013.084	4000000.00	4,000,000.00

TABLA 4 RESUMEN ANUAL DEL INGRESO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN BORDO PONIENTE.

1.6.7 TRATAMIENTO.

Cuando los residuos sólidos son enviados a las plantas de tratamiento, un porcentaje se va como rechazo a los sitios de disposición final, y el restante se transforma o se prepara para incorporarse a la actividad productiva.

Bajo este contexto se define al "Tratamiento" de residuos sólidos como el procedimiento al que se someten éstos, mediante el cual se modifican sus características físicas, químicas y biológicas.

Algunos procesos de tratamiento que se pueden aplicar a los residuos sólidos son:

- a) Físico: Separación por gravedad, filtración y reducción de tamaño.
- b) Biológico: Composteo y digestión anaerobia.
- c) Destrucción térmica: Incineración.
- d) Recuperación de materiales y reciclaje: Separación manual y mecánica, trituración y compactación.

I.6.7.1 RECICLAJE.

El reciclaje ha sido practicado por industrias estadounidenses, alemanas, japonesas, canadienses, daneses, francesas, y de otros países hace más de 20 años. En Alemania, el país productor de mayor cantidad de residuos en Europa, las leyes obligan a las industrias a reciclar parte de sus residuos. Como el proceso es muy costoso, las industrias están luchando por conseguir que parte de ese costo sea pagado por el consumidor.

El reciclaje exige diversas condiciones, entre otras; los materiales deben estar limpios y separados del resto de la basura; Los proveedores deben garantizar un mínimo del producto y éste tiene que ser entregado a plazos fijos.

En la mayoría de los países industrializados la separación de objetos comienza en el hogar. En sitios estratégicos, como mercados o centros comerciales, las personas depositan en recipientes especiales botellas de vidrio, latas vacías, papel y cartón. Los productos de mayor demanda para ser reciclados se clasifican en celulósicos como papeles y cartones; fibras textiles de algodón, seda y lino; vidrio, plásticos y metales, principalmente aluminio y hierro.

Esta actividad de reciclamiento en la ciudad de México, la realizan tanto los empleados del servicio de limpia (pre-pepena) como los pepenadores de los tiraderos de basura y las plantas de selección. Genera empleo para miles de familias que sobreviven con muy bajos salarios, genera cuantiosas ganancias a los caciques e intermediarios que controlan la compraventa de materiales y beneficia directamente a la gran industria que compra barato y sin factura esta materia prima para sus procesos de producción.

Aquí en la ciudad de México las plantas de selección: tienen un costo mensual de mantenimiento muy elevado (hay tres en el D.F.), pagados con el presupuesto gubernamental, y con un efecto social en beneficio de la ciudad todavía muy debatible.

I.6.7.2 INCINERACIÓN.

Incinerar significa quemar: La palabra incinerar deriva del latín (en) y cinis (cenizas). La incineración de la basura debe de llevarse a cabo en forma científica, ya que el procedimiento de quemar los desechos acumulados en los tiraderos, además de peligrosos, ya que el fuego puede extenderse a los lugares vecinos, produce gran cantidad de cenizas y humos contaminantes de la atmósfera.

La incineración, además, produce abundantes cenizas que usualmente son depositadas en rellenos sanitarios o en algunos de los pocos sitios especiales destinados a residuos peligrosos. Un equipo del estado de Nueva York ha descubierto que mezclando esas cenizas de sustancias tóxicas con concreto se obtiene un material útil para pavimentar las calles, y para bloques empleados en edificios. De acuerdo con los estudios realizados, esas sustancias no contaminan

si son utilizadas en esa forma. Aunque la incineración es un proceso un poco costoso, ofrece diversas ventajas:

- 1) No es necesario clasificar, o moler la basura previamente.
- 2) El volumen de la basura se reduce a 1/10 del original, y su peso 30%, por lo tanto, los residuos requieren de un espacio menor.
- 3) La incineración transforma la basura tóxica en un material no peligroso.
- 4) Los residuos inertes, inodoros y fáciles de manejar y mediante procedimientos especiales pueden ser convertidos en nuevos productos.

I.6.7.3 COMPOSTA.

La composta es un producto de color negro, rico en humos y calcio, útil como fertilizante químico. Se obtiene a partir de la fermentación de basura orgánica y transforma ésta, mediante una acción microbiana controlada, en el compuesto bioquímicamente inactivo que llamamos compost o composta. El composteo requiere de una selección previa de la basura: debe eliminarse todo material que no tenga origen orgánico, y de ser posible, todos los organismos patógenos.

La composta puede utilizarse como un excelente abono en parques y jardines; como base de semilleros; como fertilizante en campos agrícolas; para la recuperación de los suelos erosionados por cultivo inadecuado o destruidos por pastoreo o por corte excesivo de madera.

I.6.7.4 PIRÓLISIS.

Consiste en el tratamiento de los residuos sólidos por calentamiento a altas temperaturas sin flama, baja presión y una atmósfera pobre en oxígeno, formando los siguientes compuestos orgánicos: H_2 , CO , CH_4 , carbono fijo, metales y aceite combustible con un alto poder calorífico. La cantidad de los compuestos anteriores depende de la composición de los residuos sólidos que sean sometidos a este proceso, sobre todo depende de la humedad de los residuos sólidos, de los factores de temperatura, presión, duración del proceso y velocidad de transferencia de calor en la cámara pirolítica.

Este proceso obtiene productos sulfurosos gaseosos, líquidos y sólidos, útiles como carburantes y como materias primas químicas. Entre otros productos, la pirólisis obtiene ácido acético, aceites ligeros, alquitrán y metano. Entre los gases más importantes producidos en este proceso se encuentran monóxido de carbono, hidrógeno, amoníaco y metano.

Este proceso presenta muchas ventajas sobre los demás procesos de tratamiento de los residuos sólidos, la desventaja principal reside en que demanda altas

inversiones iniciales así como de operación, por lo que su utilización a escalas industriales es aplicada sólo en países muy industrializados como Alemania.

1.7 DISPOSICION FINAL.

Se considera como el momento en que los residuos sólidos son depositados en lugares específicos a efecto de concentrarlos o aislarlos para su posterior degradación.

En nuestro país esta actividad se ha efectuado en gran medida en sitios no adecuados, originando grandes tiraderos a cielo abierto. Sin embargo, actualmente se pretende confinar un mayor porcentaje de dichos residuos en sitios adecuados como los rellenos sanitarios.

TIPO LOCALIDAD	DE	BARRIDO	RECOLECCIÓN	TRANSFERENCIA	DISPOSICIÓN FINAL
ZONAS METROPOLITANAS		Manual Mecánico	Compactadores 95% volteos 5%	100 %	Relleno Sanitario 85 % Disposición Controlada 15 %
100 CIUDADES		Manual Mecánico	Compactadores 60 % volteos 40 %	15 %	Relleno Sanitario 42.2 % Disposición Controlada 7.8 % Tiraderos a Cielo Abierto 50 %
ÁREAS URBANAS PEQUEÑAS		manual	Compactadores 10 % volteos 90 %	--- 0 ---	Relleno Sanitario 4 % Disposición Controlada 10 % Tiraderos a Cielo Abierto 86 %
RURALES Y SEMIRURALES		manual	Volteos 100 %	--- 0 ---	Tiraderos a Cielo Abierto 100 %

TABLA 5 DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS EN EL PAÍS.

Algunos aspectos de ambos sitios se presentan a continuación:

a) Tiradero a cielo abierto:

Surgen de manera clandestina y sin control alguno, trayendo consigo el deterioro ambiental de las zonas circundantes. Generalmente estos sitios se originan en barrancas, cauces de ríos, minas abandonadas, zonas pantanosas, áreas geológicas inestables, etc., siendo necesario efectuar el saneamiento, que consiste en conformar en celdas Y cubrir con material impermeable los desechos expuestos, definiendo simultáneamente la infraestructura para el control de la obra como caminos internos y externos, sistemas para el control de contaminantes, casetas, cerca divisorias y sistemas de drenaje.

b) Disposición controlada.

Son sitios donde se depositan residuos sólidos y de alguna manera las autoridades tiene influencia acerca del manejo pero la autoridad fundamental son los líderes de los pepenadores.

Un ejemplo lo fue Prados de la Montaña que en su momento se permitía la pepena durante el día y se cubrían los residuos durante la noche.

En Santa Catarina pasa algo similar donde ahora se cuenta con una planta de Reciclaje, donde se emplean a los pepenadores que laboraban en el sitio antes de iniciar el proceso de clausura que inicia este año.

c) Relleno Sanitario:

Es una técnica para la disposición final de los residuos sólidos en el suelo sin causar perjuicios al medio ambiente, ni provocar molestias o peligros a la salud y seguridad pública, este método utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos en un área menor posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y para cubrir con una capa de material inerte con la frecuencia necesaria por lo menos al fin de cada jornada.

Para la realización de esta obra se acude al proceso constructivo: planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento y a la posclausura del sitio.

c. 1) Planeación:

Consiste en la localización del sitio propicio basándose en estudios geohidrológicos, de impacto ambiental y levantamientos topográficos principalmente.

c.2) Diseño:

Esta actividad contempla la realización del proyecto en el que se especifican técnicas, métodos constructivos, recomendaciones, manuales de organización, etc., aplicables a la construcción, operación y mantenimiento del relleno sanitario.

c.3) Construcción:

Implica el acondicionamiento del sitio para que pueda comenzar a operar, así como la realización de las obras complementarias en el momento que se requieran.

c.4) Operación y mantenimiento:

La operación de un sitio de disposición final un relleno sanitario, comprende los aspectos administrativos y de saneamiento, consistiendo estos últimos en las actividades de recibir, acomodar, conformar y dar una cobertura diaria de los desechos que ingresan, empleando para ello maquinaria pesada como tractores de orugas, traxcavos, Retroexcavadora, Compactadores, Motoconformadora y vehículos como volteos y pipas.

Dicha operación se puede efectuar mediante tres modalidades: zanja, área y/o una combinación de ambos dependiendo de la topografía de los sitios y del presupuesto asignando para ello, siendo más costoso utilizar el método de zanja.

Previamente y/o paralelamente a la operación del sitio, se llevan a cabo diversas obras como caminos de acceso, canales de drenaje, cárcamos para captación de

lixiviados, sistemas de control de biogás y finalmente la cobertura vegetal y forestación.

c.5) posclausura:

Consiste en conservar en funcionamiento y en buen estado las obras de infraestructura llevadas a cabo en el sitio de disposición final, así como actividades de verificación del comportamiento de la superficie en cuanto a hundimientos diferenciales (topografía), fumigación y el monitoreo del biogás.

Mencionados de manera general los aspectos referentes a la cadena de eliminación o ciclo de los residuos sólidos continuare el presente trabajo mencionando el marco de referencia como siguiente capítulo.

CAPITULO II

MARCO DE REFERENCIA

II MARCO DE REFERENCIA

II.1. PLAN LAGO DE TEXCOCO.

El relleno sanitario Bordo Poniente se localiza dentro de la llamada Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco, por lo que iniciare comentando precisamente de lo que es el proyecto del Ex-Lago de Texcoco para tener un marco de referencia más amplio.

El lago de Texcoco ha sido desde siempre el cuerpo de agua más importante del valle de México, siendo una parte fundamental del sistema de funcionamiento hidrológico de la cuenca. En el se fundo la gran Tenochtitlán, antecedente histórico de la ciudad de México. Al desecarse el Lago dio lugar a una serie de tensiones ambientales que desembocaron en un serio deterioro ecológico, como son la desertificación de terrenos ocupados y circundantes y la creación de un foco de insalubridad que llegó a representar un grave peligro para la salud de la población del área metropolitana de la ciudad de México.

Ante esta grave situación, el proyecto Lago de Texcoco como una verdadera opción y un ejemplo ha seguir en la búsqueda en el mediano plazo y largo plazo de soluciones que permitan rescatar y preservar los recursos y el medio ambiente.

La superficie del Ex-lago es cruzada por dos grandes causas de desagüe el río de la compañía y el río Churubusco por lo que se hizo necesario su encauzamiento, control y regulación para evitar inundaciones en diversas áreas del valle y en la ciudad de México, además el lago al recibir la afluencia de 11 ríos de la vertiente montañosa del oriente, se hizo necesario hacer obras de control a fin de evitar inundaciones en numerosos pueblos y tierras de cultivo de la zona. Los trabajos de conservación de agua y suelos incluidos en el manejo de la cuenca, se deben continuar para regular el funcionamiento hidrológico de la misma.

Desde un principio se fijo como uno de los objetivos la restauración ecológica del área degradada, para convertirla en un gran pulmón para toda zona metropolitana de la ciudad de México.

En toda la superficie disponible de la zona federal del Ex-lago se han creado amplias áreas boscosas con parque de venados, criaderos de caballos, actividades piscícolas, parques recreativos familiares, deportes acuático y atletismo.

Con la autopista de cuota PEÑON- TEXCOCO de 17 Km de longitud, así como el arco norte del periférico de la ciudad de México se mejoró de manera notable las comunicaciones del proyecto y toda la región circundante.

Es conveniente tener en cuenta que el proyecto Lago de Texcoco es el primer modelo de recuperación ambiental del país si se considera que se ha convertido

en uno de los refugios más significativos para las aves migratorias en invierno y un sitio destinado a la reproducción de la fauna local, lo que la convierte en una zona de importancia y de prestigio internacional, ya que por su entorno y cercanía a la capital del país –la ciudad más grande del mundo–, le confiere a esta zona un gran potencial recreativo y turístico.

Y ahora con el proyecto del nuevo aeropuerto de la ciudad de México la Zona Federal tomara un curso diferente a lo que esta hoy ha sido. Claro de autorizarse dicho proyecto en esta zona, lo cual considero negativo para el entorno ecológico.



FIG.3 IMAGEN DE SATÉLITE DEL EX-LAGO DE TEXCOCO

I.2 CONVENIO Y SITUACION LEGAL DEL PREDIO.

El Relleno Sanitario Bordo Poniente como ya se menciona se encuentra en terrenos de Propiedad Federal, dichos terrenos se encuentran a cargo de la Comisión de Estudios del Lago de Texcoco. Destinando una superficie de 1,000 Ha para la disposición final de residuos sólidos generados en la ciudad de México este convenio fue actualizado en 1988 y 1992.

El nombre de dicho convenio es el siguiente:
"CONVENIO PARA EL USO DE TERRENOS FEDERALES DEL LAGO DE TEXCOCO, PARA EL APROVECHAMIENTO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS, EL DEPOSITO DE LA REZAGA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL DRENAJE PROFUNDO, EL CONTROL Y MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y LA CONSTRUCCIÓN DEL ARCO NORTE DEL PERIFÉRICO EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE ALAMEDA ORIENTE Y RÍO DE LOS REMEDIOS".

De dicho convenio se menciona los siguiente limites:

Al norte: por el Canal de Sales.

Al sur por el Dren Xochiaca.

Al este por el Dren General del Valle y Dren Xochiaca.

Al Oeste por el lindero de los terrenos del Aeropuerto Internacional dela Ciudad de México.

La zona se localiza en la siguiente figura excluyendo las áreas correspondientes a los lagos Churubusco y de Regulación Horaria, Brazos Derecho e Izquierdo del Río Churubusco y demás estructuras Hidráulicas. A continuación se presenta un croquis de localización de la zona.

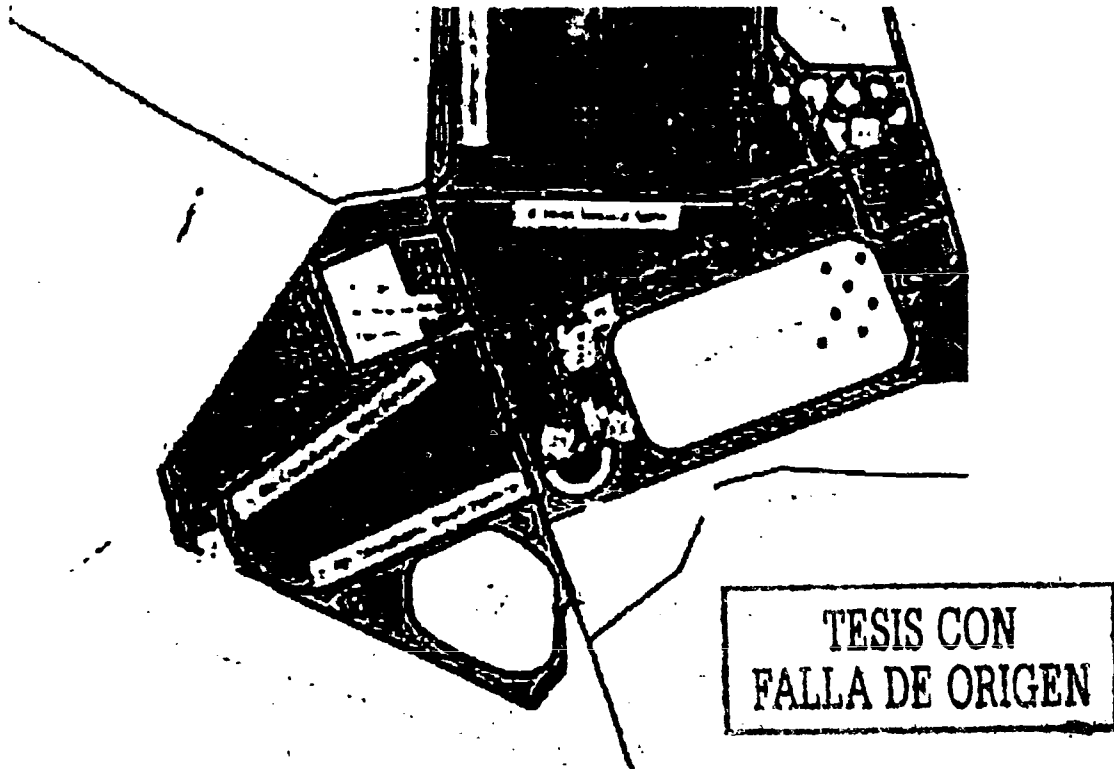


Figura 4 croquis de localización.

De dicho convenio es conveniente resaltar los siguientes aspectos:

- a) se debe de respetar una distancia mínima de 70 m con respecto a las obras hidráulicas y 200 m con el antiguo camino Peñón Texcoco. Y de una altura de 8 m en las celdas terminadas.
- b) se le autorizan 500 Ha para el deposito de material de rezaga de la construcción del drenaje profundo de la ciudad de México.

- c) Como contraprestación por el uso de 1500 Ha de terrenos Federales el DDF adquiere la obligación de realizar obras que son indispensables para el mejoramiento ambiental.
- d) Se deben de establecer sistemas de extracción o eliminación de biogás
- e) Obras de captación, conducción y tratamientos de los lixiviados.
- f) Se deberá verificar trimestralmente las alturas del Relleno Sanitario, por medio de nivelaciones topográficas.
- g) Se prohíbe estrictamente cualquier tipo de pepena de subproductos de los residuos sólidos.
- h) De colocar una capa de tierra vegetal en las celdas terminadas y crear áreas verdes, pastizadas y arboladas, las cuales se entregaran en forma programada.

La operación del relleno sanitario la efectúa el ahora G.D.F. a través de la Dirección General de Servicios Urbanos (DGSU), la cual inicia el 13 de marzo de 1985 en la primera etapa con una recepción de 2,500 Ton / diarias.

II.3 JUSTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DEL SITIO.

Una vez realizado el convenio antes mencionado el antes DDF realizo una serie de estudios concernientes a establecer las características principales del sitio con el fin de diseñar las técnicas operativas más convenientes para el emplazamiento, construcción y operación del relleno sanitario de Bordo Poniente.

Del análisis de la información geológica, geohidrológica y geotécnica del "Estudio de factibilidad para establecer la ubicación de rellenos sanitarios en el Distrito Federal y zona Metropolitana" se concluyó que: dentro de la Jurisdicción del Distrito Federal la que puede emplearse, es la zona federal del Ex-lago de Texcoco. La cual presenta las siguientes características:

- A) **GEOLOGÍA.** Geológicamente, en la zona del vaso de Texcoco, predominan los depósitos lacustres. en su porción noroeste y sureste se encuentran intercalados materiales volcánicos, con un fracturamiento moderado a escaso y una permeabilidad media en el noroeste y un fracturamiento y permeabilidad mayores en el sureste. En su zona centro predominan los depósitos lacustres, que llegan a tener en algunos lugares de 150 a 200 m el subsuelo esta compuesto en los bordes por materiales volcánicos y hacia el centro estos materiales se interdigital con otros de tipo lacustre.
- B) **GEOTÉCNIA.** Para obtener la distribución de los incrementos de esfuerzo en el subsuelo debidos a la presencia del relleno en la superficie, se utilizo el método de elementos finitos empleando las magnitudes de los parámetros obtenidos de pruebas de resistencia al esfuerzo cortante en condiciones drenadas y no drenadas; los resultados muestran una componente horizontal que generan deformación también horizontal.
Es recomendable que los desechos sean colocados en el relleno en dos etapas, una primera etapa en la que se transmita una presión máxima de 2.5

1 ton/m² y una segunda etapa con la que se alcancen 5 t/m², involucrando el peso volumétrico de los desechos, resultan alturas aproximadas de 3.5 y 8 m para las dos etapas mencionadas, y respetar cuando menos una distancia de 80 m entre el relleno y la laguna de regulación horaria.

C) GEOHIDROLOGÍA. En los primeros 10 m de profundidad del subsuelo, se tiene un flujo vertical ascendente, y a continuación hasta la primera capa dura localizada aproximadamente a los 35 m, se tiene un flujo vertical descendente con un gradiente medio de 0.05. de acuerdo a los perfiles de distribución a profundidad del sitio se tiene que el agua subterránea se mueve entre los 5 y 10 m de profundidad, tiene una edad de menos de 50 años dentro del subsuelo, lo cual corrobora que la migración de los contaminantes del lixiviado, no puede ir mas allá de los 10 m de profundidad.

D) TOPOGRAFÍA: las coordenadas geográficas del sitio son: 19° 34' y 19° 24' Latitud Norte y 98° 55' Oeste y una Altitud promedio de 2,230.00 m.s.n.m.m. es una gran extensión de terreno (1,000 Ha) que presenta una ligera pendiente en dirección Oeste con un desnivel de 2 m. En donde los rasgos físicos y estructuras hidráulicas delimitan las etapas donde se depositaron y se continua depositando residuos sólidos

Desde el punto de vista social el relleno sanitario Bordo Poniente nace de la necesidad de contar con un sitio para la disposición de residuos sólidos generados en el Distrito Federal ya que como ya se observo en la mitad de la década de los 80' la situación en materia de disposición final se encontraba muy rezagada y no se contaba con una infraestructura adecuada para el confinamiento de los residuos generados. Esta década fue crucial ya que se realizaron acciones muy significativas dentro de todo el servicio de limpia de la ciudad de México.

El Relleno Sanitario de Bordo Poniente no es ideal como sitio de disposición final pero cumple en su mayor parte con la normatividad vigente de La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente y de las recomendaciones que en ella se mencionan para el buen funcionamiento de un Relleno Sanitario

II.4. DESCRIPCION DEL SITIO.

En la actualidad se le conoce con el nombre de Sistema Integral de Manejo de Desechos Sólidos de Bordo Poniente. Con una recepción actual de 16,000 ton / día de residuos sólidos municipales generados en las 14 delegaciones del Distrito Federal y municipios conurbanos del Estado de México.

Esta obra cuenta con cuatro etapas distribuidas en una superficie de 1,000 Ha para la recepción de residuos sólidos. Es la primera en su tipo a nivel Nacional, obra que por sí misma es tecnológica y ambientalmente muy importante.

El área que ocupa el sistema "Bordo Poniente", está localizada al noreste de la Ciudad de México, sobre el lecho desecado del antiguo lago de Texcoco, en el municipio de Texcoco, Estado de México, en lo que ahora es la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco.

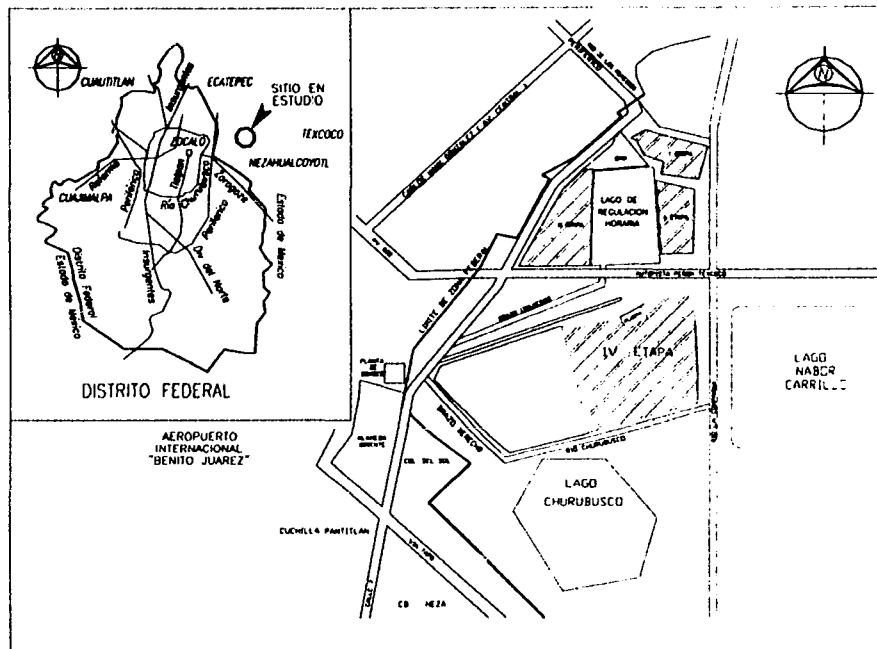


FIGURA 5 UBUCACIÓN DEL RELLENO SANITARIO BORDO PONIENTE.

Con las siguientes colindancias

- Al norte: con el arco norte de la prolongación del Periférico y el Río de los Remedios.
- Al sur: con el Brazo Derecho del Río Churubusco
- Al este: con el Río de la Compañía.
- Al oeste con la Prolongación del Periférico

LAS PRINCIPALES VÍAS DE ACCESO AL SITIO SON:

a) Con el Distrito Federal

Por la calle 7 (prolongación del periférico) hasta llegar a la Av. Bordo de Xochiaca y continuando por el llamado arco norte de la prolongación del periférico se llegará en 5 minutos al acceso principal de la cuarta etapa del relleno sanitario Bordo Poniente.

Por la Av. 602 hasta entroncar con la Autopista Peñón- Texcoco, en Km. 2.1 de la misma esta el acceso al sitio.

b) Con el Estado de México:

Con el municipio de Ecatepec por la Av. Central en dirección al sur, hasta el cruce con el río de los Remedios se toma la dirección sur del arco norte de la prolongación del periférico después de pasar por la Alameda Oriente se da vuelta en "U" en la Av. Bordo de Xochiaca se llegara al acceso principal.

Con el municipio de Nezahualcoyotl por la Av. Bordo de Xochiaca hasta el cruce con la calle 7 se gira hacia la derecha y se llegara al acceso principal cuarta etapa del relleno sanitario Bordo Poniente.

Una vez ya en la entrada del acceso principal se toma una recta de 3.5 Km y se llegara a la planta de selección de Bordo Poniente y más adelante a unos 50 m se llega a las oficinas de la DGSU.

II.4.1 RESUMEN CRONOLÓGICO DE LA OPERACIÓN EN BORDO PONIENTE

	I ETAPA	II ETAPA	III ETAPA	IV ETAPA
SUPERFICIE	65. Ha.	67.0 Ha.	107.0 Ha.	365 Ha.
INGRESO TOTAL	4,982,816.00 Ton.	3,582,366.00 Ton.	3,896,576.00 Ton.	

PRIMER NIVEL	1,000,010.99 Ton.	1,050,177.45 Ton		
INICIA	13 de Marzo de 1985.	13 de Julio de 1988.	1 de Agosto de 1991.	Noviembre de 1994.
TERMINO	28 de Octubre de 1986.	12 de Septiembre de 1989.	17 de Enero de 1994.	
SEGUNDO NIVEL	2,337,216.00 Ton.	2,127,188.85 Ton.		
INICIA	1 de Noviembre de 1986.	14 de Septiembre de 1990.	26 de Noviembre de 1991	
TERMINA	15 de Julio de 1988.	24 de Febrero de 1991.	4 de Mayo de 1992.	
REINICIA	25 de Febrero de 1991.		1 Septiembre de 1991.	
TERMIA	8 de Julio de 1991.		28 de Diciembre de 1993.	
TERCER NIVEL	1,645,590.00 Ton.	405,000.00 Ton.		
INICIA	20 de Marzo de 1991.	1 de Abril de 1993.	5 de Mayo de 1992.	
TERMINA	24 de Junio de 1992.	31 de Agosto de 1993.	12 de Abril de 1995.	
REINICIA		3 de Noviembre de 1994.		
TERMINA				
TOTAL				

TABLA 6 RESUMEN CRONOLÓGICO DE LA OPERACIÓN EN BORDO PONIENTE

A continuación se presenta la Descripción General de cada una de estas etapas de acuerdo a la tabla anterior.

a) PRIMERA ETAPA DE BORDO PONIENTE.

La I etapa, actualmente se encuentra en proceso de ser clausurada, contempla una superficie aproximada de 65.0 ha, la cual fue diseñada con 16 celdas con dimensiones de 200 x 200 m con tres capas de residuos sólidos de 1.5, 3 y 3 m de espesor, delimitadas por caminos internos.

La operación de la I etapa se realizó mediante dos métodos, el primero empleando el método de zanja o trinchera y el segundo por el método de área hasta formar una pirámide truncada de 7.50 m. de altura, siendo este el nivel de los caminos interiores, el segundo nivel se sobreelevó a 3.00 m, dejando libres los caminos interiores. Para dar inicio a la operación de estas celdas se realizó la construcción de bordos de material inerte para evitar las inundaciones de los drenes a la zona en donde serían depositados los residuos sólidos.

Con un ingreso promedio de 2,500 ton/día, el 13 de Marzo de 1985 inició la operación en el primer nivel con 65 ha, teniendo un ingreso total de residuos sólidos municipales hasta el 24 de Junio de 1992 de 4'982,816.0 ton.

No obstante lo anterior, la operación en la I etapa continuó de manera irregular, ya que se realizaron trabajos referentes al cierre de caminos 1 y 2 hasta el 30 de octubre de 1998, ingresando hasta esa fecha vehículos particulares y delegacionales; Hasta el 31 de noviembre del mismo año cuando se concluyeron los trabajos referentes a la cobertura de desechos en el camino No 1; y el camino No. 2. Esta etapa se reinicia el 10 de Octubre de 1997 con el llenado de caminos en el tercer nivel terminando el 24 de enero de 1999.

En términos generales la I etapa se encuentra en regulares condiciones, debido a las condiciones imperantes en el lugar y al abandono en el que se encuentra se puede mencionar lo siguiente:

- 1) los hundimientos diferenciales en la corona son notables
- 2) Presenta agrietamientos y erosiones de la cubierta de tepetate
- 3) Toda la instrumentación que se colocó (piezómetros, pozos de biogás, testigos) en condiciones lamentables o ya no existen.
- 4) Falta de cubierta final (cierre y clausura del sitio)
- 5) Programa de mantenimiento al lugar (post-clausura del sitio).

En esta etapa se puede apreciar una infraestructura que en su momento fue la que se utilizó para el funcionamiento de la misma como lo son las básculas de acceso, oficinas, talleres y almacenes de la DGSU que en la actualidad funcionan y la Planta de Tratamiento de Lixiviados donde continúa con su funcionamiento.

En el siguiente croquis se muestra el estado actual de la primera etapa.

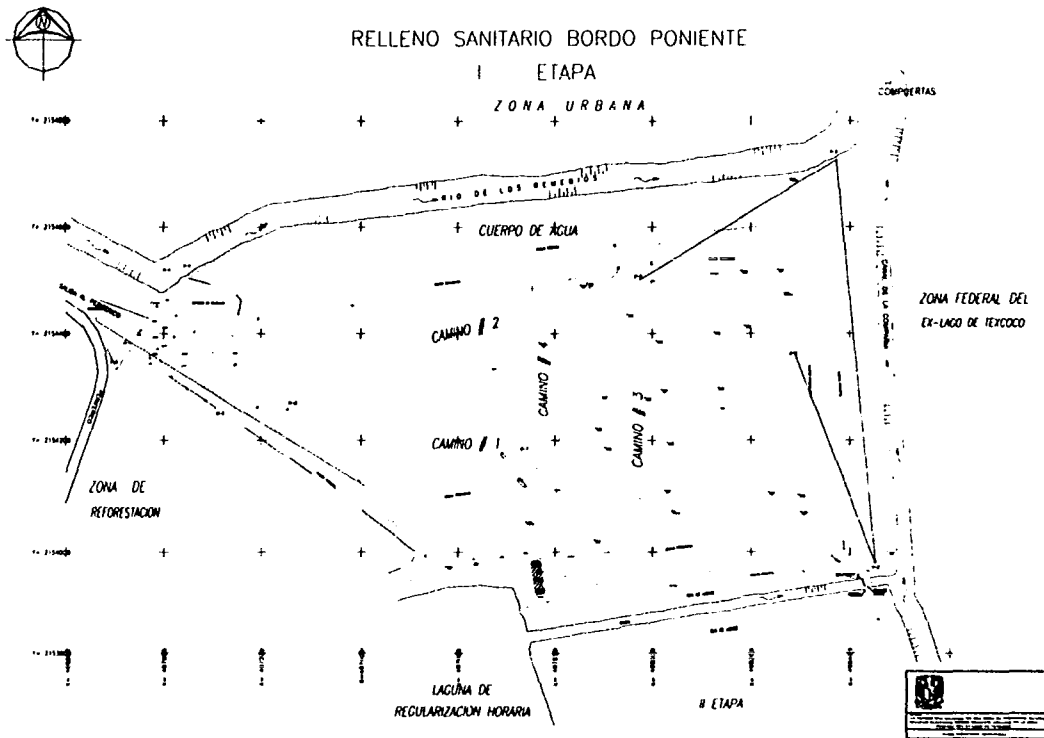


FIGURA 6 CROQUIS DE LA PRIMERA ETAPA.

b) SEGUNDA ETAPA DE BORDO PONIENTE.

La II etapa, actualmente se encuentra clausurada, con una superficie aproximada de 67 ha, La cual fue planeada y diseñada con 15 celdas con dimensiones de 200 x 200 m con caminos interiores que delimitan a cada celda.

De igual manera la operación de la II etapa se realizó mediante dos métodos, el primero empleando el método de zanja o trinchera y el segundo por el método de área hasta formar una pirámide truncada de 7.50 m de altura.

Con un ingreso promedio de 5,000 ton/día, el día 13 de Julio de 1988 inició la operación en el primer nivel y con un ingreso total aproximado en sus tres niveles de 3'582,366.0 ton continuó el ingreso de manera irregular, ya que se realizaron los trabajos referentes al cierre de caminos hasta el mes de octubre de 1997, ingresando hasta esa fecha vehículos particulares y delegacionales; siendo hasta el 9 de Octubre del mismo año cuando se concluyeron los trabajos referentes a la cobertura de desechos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En términos generales la II etapa se encuentra en regulares condiciones, debido a las condiciones imperantes en el lugar y al abandono en el que se encuentra se puede mencionar lo siguiente:

- 1) los hundimientos diferenciales en la corona son notables
- 2) Presenta agrietamientos y erosiones de la cubierta de tepetate
- 3) Vegetación incipiente en la corona.
- 4) Se localizan 119 pozos de biogás en malas condiciones
- 5) Falta de cubierta final (cierre y clausura del sitio)
- 6) Programa de mantenimiento al lugar (post-clausura del sitio).

En el siguiente croquis se muestra el estado actual de la segunda etapa.

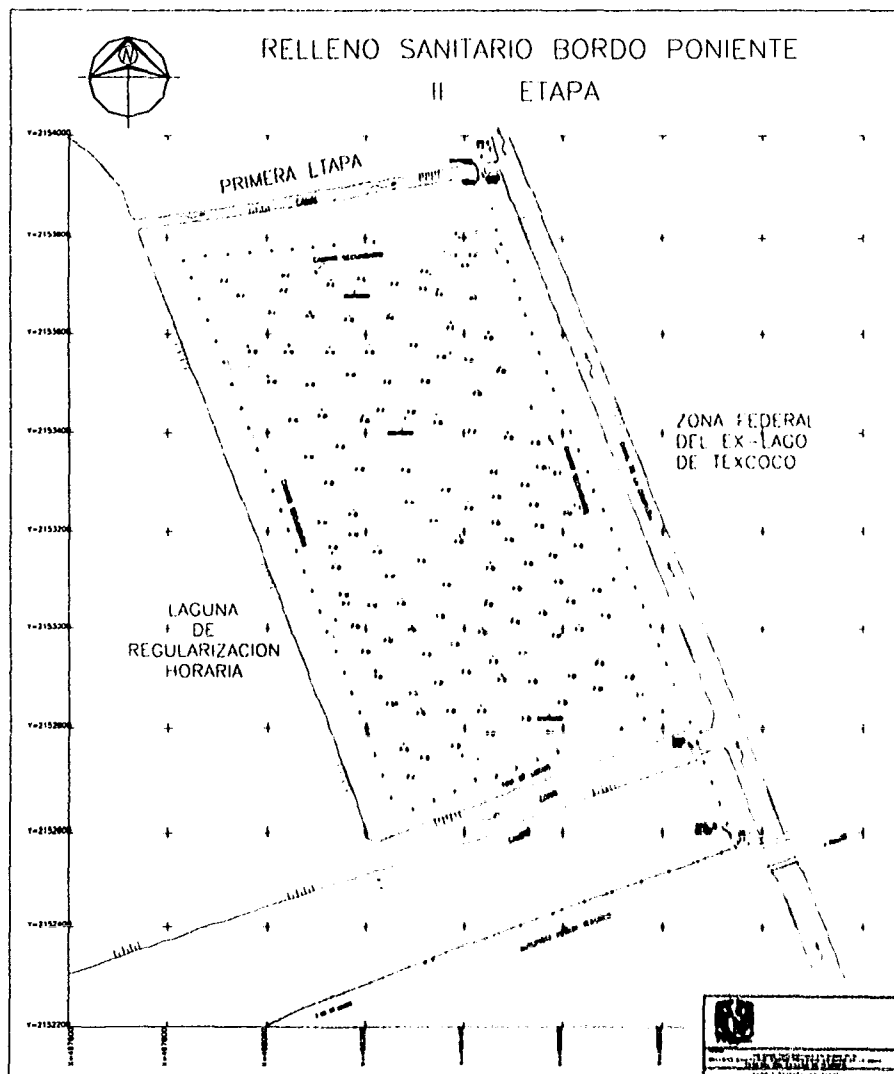


FIGURA 7 CROQUIS DE LA SEGUNDA ETAPA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

c) TERCERA ETAPA DE BORDO PONIENTE

La III etapa, actualmente se encuentra en proceso de reforestación y de ser una área verde con una superficie aproximada de 104 ha, la cual fue planeada para contener 21 celdas con dimensiones de 200 x 200 m con tres capas de residuos sólidos de 1.5, 3 y 3 m de espesor, delimitados por caminos internos (secundarios) y caminos primarios (principales) los cuales tuvieron un ancho de 10 y 12 m respectivamente para permitir el tránsito vehicular a las zonas de descarga.

Con un ingreso promedio de 4,500 ton/día, a principios del mes de agosto de 1991 inició la operación en el primer nivel, siendo hasta el 12 de Abril de 1995 cuando se terminó la recepción de residuos sólidos con el llenado de caminos teniendo un ingreso total de 3'896,576 de ton estimadas.

Esta es la etapa en la que se han realizado más trabajos de cierre y clausura que en las dos etapas anteriormente descritas ya que en esta se han realizado trabajos de colocación de Perma-Zyme en casi toda la superficie de la corona y en como ya se menciona en la actualidad se están construyendo una serie de caminos que delimitan meigas donde se sembrará pasto con un producto y una tecnología llamada CURLEX.

De la III etapa se pueden mencionar las siguientes características u obras de infraestructura:

- 1) caminos exteriores en buenas condiciones de tránsito
- 2) 172 pozos de biogás en regulares condiciones y sin mantenimiento
- 3) 5 tinas de lixiviados que no funcionan
- 4) área de zona de donde se colocaron residuos hospitalarios sin clausurar
- 5) 22 registros de captación de lixiviados en regulares condiciones
- 6) una estación meteorológica abandonada
- 7) básculas de pesaje fuera de servicio
- 8) una red de alumbrado que nunca funcionó

por todo lo antes mencionado esta etapa requiere de un programa de clausura y trabajos de mantenimiento permanente.

En estos últimos meses se han realizado obras en esta etapa que son importantes como son:

- a) sembrado de pasto con una hidrosemebradora
- b) recepción de material inerte para más áreas de reforestación
- c) construcción de una red de riego en la zona de GAM.
- d) Construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales
- e) Construcción de un lago artificial
- f) Mantenimiento constante en la zona de GAM.

En el siguiente croquis se muestra el estado actual de la tercera etapa.

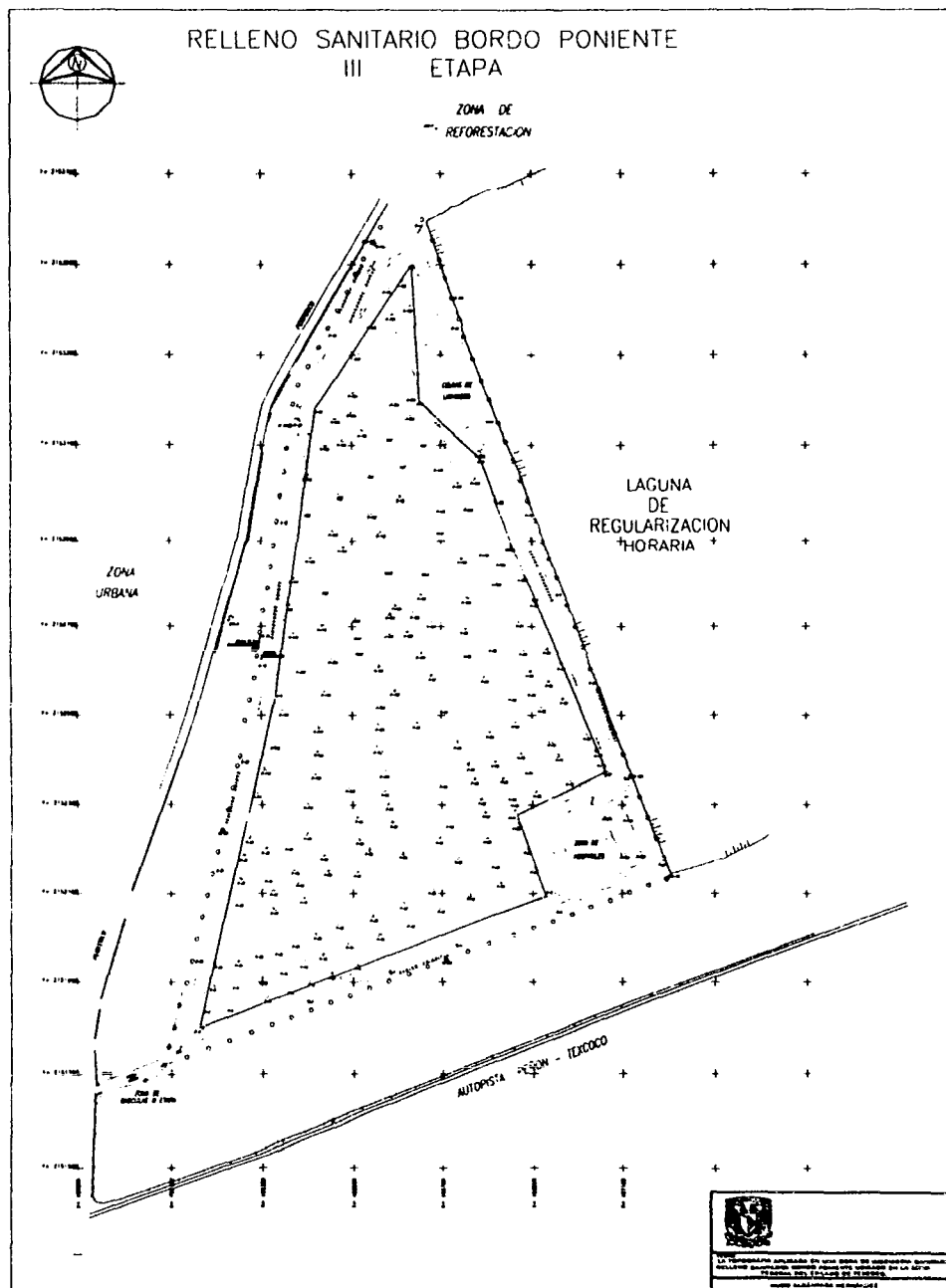


FIGURA 8 CROQUIS DE LA TERCERA ETAPA

II.5 SITUACIÓN ACTUAL.

Todo lo anteriormente mencionado se puede resumir en la siguiente tabla

RELLENO SANITARIO BORDO PONIENTE		
ETAPA	SUPERFICIE	SITUACION ACTUAL
	Has.	
I	65.7	Clausurada
II	67.0	Clausurada
III	107.7	Clausurada
IV	420.98	En Operación
V	270	En Proyecto
TOTAL	1,000.00	

TABLA 7 SITUACION ACTUAL DEL RELLENO SANITARIO.

La IV etapa del relleno sanitario Bordo Poniente (única en operación) consta de 420.98 Ha. De las cuales el 83.2 % (350.35) está destinada para la disposición final de residuos sólidos y el 1.72 % 7.25 Ha. Para la operación de la planta de selección de subproductos.

Dicha etapa esta diseñada para la recepción diaria de 7,100 Ton aunque en la actualidad se tiene un ingreso promedio de 15,500 Ton / diarias la vida útil del sitio de disposición final se ve afectada, por lo la situación anterior será necesario que el GDF y la Comisión del Lago de Texcoco definan la ubicación de las 270 Has restantes acordadas en el convenio que ya se hizo mención para la elaboración del proyecto de la V etapa.

La cuarta etapa del relleno sanitario Bordo Poniente, como un sistema integral para el manejo y aprovechamiento de los residuos; consta de las siguientes obras complementarias:

- Sitio de disposición final
- Planta de Recuperación de subproductos (de reciclaje).
- Planta de composta.

Planta de selección y recuperación de subproductos, cuyo objetivo principal, es la de separar y recuperar los subproductos reciclables y/o aprovechables, que contienen los residuos sólidos de tipo municipal. Así mismo, facilitar y optimizar el proceso de selección y separación mediante un sistema mecánico-manual, que a la vez, genera fuentes de empleo y de esta manera aprovechar al máximo los recursos humanos con que se cuenta.

Planta de Composta de residuos orgánicos.- Cuyo objetivo es la producción de un "humus" estabilizado, con un alto contenido de nutrientes y que pueda ser utilizado como mejorado de suelos en proyectos agrícolas y de reforestación.

La recepción de los residuos sólidos municipales que se generan en el Distrito Federal y zonas conurbanas se lleva a cabo en solo dos sitios de disposición final "Santa Catarina" tiradero controlado y en la cuarta etapa del Relleno Sanitario "Bordo Poniente", de lo que se puede deducir que existe una necesidad impostergable de otro sitios que permitan la disposición sanitaria de los residuos sólidos no solo los que son generados actualmente, sino de los que se esperan en un futuro próximo

En el siguiente croquis se muestra la situación actual de la cuarta etapa

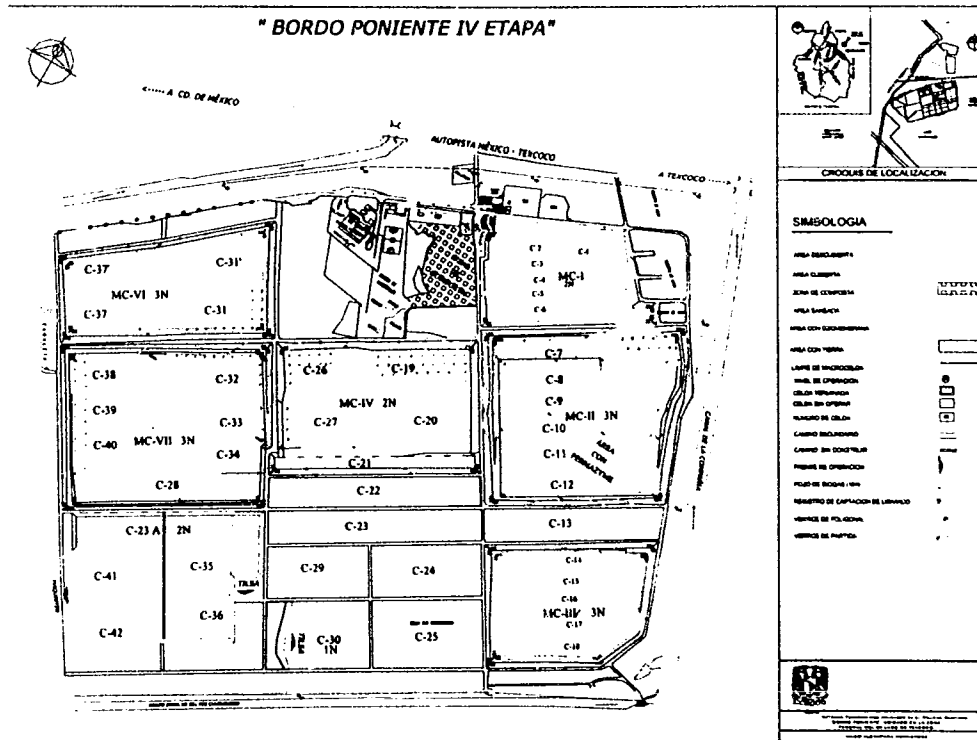


FIGURA 9 CROQUIS DE LA CUARTA ETAPA

CAPITULO III

PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN

III PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO SANITARIO.

III.1 estudios preliminares.

De acuerdo a la importancia que en todo el mundo han tomado los asuntos ecológicos-ambientales y a la mayor utilización del relleno sanitario como método de disposición final de los residuos sólidos. será necesario que para cualquier estudio de proyección de un relleno sanitario se contemplan los siguientes trabajos, como mínimos a realizar

a) Definición de la zona de influencia del relleno sanitario.

Caracterización fisico-química de los r.s. que se depositarán en el sitio.
Cuantificación de los r.s.
Proyección de Generación
Caracterización fisico-química
Recepción de los r.s.

b) estudios topográficos

d.1) Localización
d.2) Planimetría
d.3) Altimetría
d.4) Curvas de nivel
d.5) Secciones Transversales.
d.6) Volumétrica y vida útil del sitio

c) Estudios de Exploración del suelo

Geológicos.
Geofísicos.
Geohidrológicos
Mecánica de suelos

d) información metereologica

Características fisiográficas de una cuenca
Precipitación
Evaporación
Infiltración

e) Estudio de impacto vial

Definición de rutas
Ingeniería de transito

f) Estudio de Impacto Ambiental (preliminar)

Ámbito Legal
Procedimientos
Metodología de identificación y evaluación de impacto ambiental.

De una buena planeación dependerá la buena o mala operación y las etapas siguientes a la vida del relleno sanitario por lo que es de suma importancia tomar en cuenta los estudios preelminares antes mencionados que por si solos son temas de estudio especificos y no se trataran en este capitulo.

III.1.1 CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO.

El objetivo de esta tesis es de dar un marco informativo de los trabajos precedentes dentro del diseño y planeación de un sitio de disposición final por lo que se puede mencionar lo siguiente:

CONCEPTOS INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DEL SITIO	OPCIONES		
	EXCELENTE	BUENA	REGULAR
Vida útil.	Mayor de 10 años	5 a 10 años	Menor de 5 años
Tierra para cobertura.	autosuficiente	Acarreo cercano	Acarreo lejano
Topografía.	Minas a cielo abierto abandonadas.	Comienzo de cañadas, manglares contaminados.	Otros
Vías de acceso.	Cercanas y pavimentadas.	Cercanas, transitables	Lejanas y transitables.
Vientos dominantes.	En sentido contrario a la mancha urbana.	En ambos sentidos de la mancha urbana.	En sentido de la mancha urbana.
Ubicación del sitio.	De 3 a 12 Km de la mancha urbana	Entre 1 y 3 Km de la mancha urbana.	Menor de 1 Km y mayor de 12 Km de la mancha urbana.
Geología.	impermeables	Semi impermeables.	Permeables.
Geohidrología.	Más de 30 m de profundidad (manto acuífero).	Entre 10 y 30 m de profundidad.	Menor de 10 m de profundidad.
Hidrología superficial.	No hay corrientes superficiales.	Lejano de corrientes superficiales.	Cerca de corrientes superficiales.
Tenencia de la tierra.	Terreno propio.	Terreno rentado a largo plazo.	Terreno rentado a corto plazo.

TABLA 8 CONCEPTOS QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DEL SITIO.

El proyecto del relleno sanitario esta sujeto al análisis y planeación de las siguientes partes:

- 1) Identificación del sitio a rellenar y sus alrededores.
- 2) Proyecto básico
- 3) Detalle del proyecto
- 4) Plan de operación
- 5) Plan de implementación

1) Identificación del sitio a rellenar y sus alrededores

La identificación debe hacerse por medio de levantamientos planimétricos y catastrales la topografía se hace con curvas de nivel a cada metro acotando los múltiplos de 5 a escala 1: 2000.

Dentro de los planos topográficos se deben localizar todos los accidentes importantes que se presenten en el sitio (riachuelos, pozos, drenaje, etc.)

Deben realizarse planes de caracterización del suelo, agua y microclima el suelo puede caracterizarse haciendo sondeos y perforaciones recolectando muestras suficientes para obtener perfiles del terreno e información de puntos críticos para el proyecto, a si como para estimar la compactación, permeabilidad, nivel freático y sentido de su traslado, reconocimiento geohidrologico del área y variación anual de las aguas.

Deben también obtenidas informaciones sobre el clima local especialmente la precipitación pluvial, vientos y condiciones de evaporación.

2) Proyecto básico del relleno sanitario

Este proyecto materializa la concepción del proyectista y las conclusiones de su equipo técnico y se destina a orientar el desarrollo del proyecto ejecutivo. Un proyecto básico comprende por lo menos los siguientes estudios.

- 1) Determinación del área total y de los lotes celdas ha ser llenados, así como el origen de la tierra de cobertura.
- 2) Celdas de uso especial reservados para operación en días difíciles, así como para deposito de residuos especiales (tóxicos, inflamables, hospitalarios)
- 3) El relleno sanitario concluido con accesos, drenes, instalaciones para tratamiento de afluentes, tratamiento paisajista del entorno
- 4) Vida útil y costo global estimado
- 5) Informaciones complementarias (protección ambiental, uso futuro del relleno sanitario).

3) Detalle del proyecto

Esta etapa comprende los proyectos de ingeniería y paisajísticos envueltos, sus memorias descriptivas, especificaciones y costos se analizaran los siguientes aspectos:

- 6) Proyectos de infraestructura periférica
- 7) Proyectos de infraestructura del relleno
- 8) Proyecto de construcción del relleno
- 9) Proyecto de construcción de celdas especiales
- 10) Proyecto de tratamiento del afluente liquido
- 11) Proyecto de las construcciones auxiliares
- 12) Proyecto paisajistico.

4) plan de operación.

Este plan comprende un manual de operación, programa de entrenamiento y organigrama de administración del proyectista al ejecutor de la obra.

Todo plan operacional debe de sistematizar, controlar y cuantificar las actividades, mano de obra y entrenamiento de personal que laborará en las instalaciones.

- 13) Construcción de celdas (especificaciones)
- 14) Actividades de control
- 15) Mantenimiento de la maquinaria, equipo e instalaciones.
- 16) Procedimientos de seguridad y emergencia

5) Plan de implementación.

Coherente con la programación de inversiones, este plan debe enumerar las etapas de implementación y recomendar:

- 17) Equipo para la gerencia y control del relleno sanitario
- 18) Asesoría para la evaluación y revisión del proyecto
- 19) Medidas de promoción y divulgación del proyecto
- 20) Medidas de prevención sanitaria

III.2 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.

Retomando el inciso donde la Topografía tiene una gran influencia es en la parte donde se cuantifica la vida útil del sitio.

Los trabajos de topografía son determinantes para la elaboración del proyecto ya que con ellos se determinara la capacidad del sitio, así como la vida útil del mismo, además de todos los elementos necesarios para el diseño, construcción y la operación del relleno que son las etapas posteriores.

Una vez seleccionado el sitio se delimitarán los linderos del terreno que ocupara el Relleno sanitario y se procederán a realizar varios levantamientos topográficos para de ahí obtener una conceptualización adecuada de la configuración del lugar. Dentro del estudio topográfico se deben de considerar las siguientes actividades.

B.1) localización.

De acuerdo al tipo de terreno y la ubicación física del predio se deberán realizar dos poligonales una abierta y otra cerrada.

La poligonal abierta que ligara la vía de acceso principal con el área de terreno donde se depositaran los residuos sólidos, se debe de mencionar que esta poligonal deberá cumplir con ciertas características técnicas.

- 1) Deberá estar referenciada a algún sistema de coordenadas de preferencia a la Red del Sistema Nacional.
- 2) Hacer dos posicionamientos con GPS como mínimo
- 3) Monumentación de dicha poligonal
- 4) La escala a que se dibuja variara de acuerdo al tamaño del predio

En dicho levantamiento se deben de señalar las vías principales de acceso al sitio desde la población, y su ubicación con relación a la misma

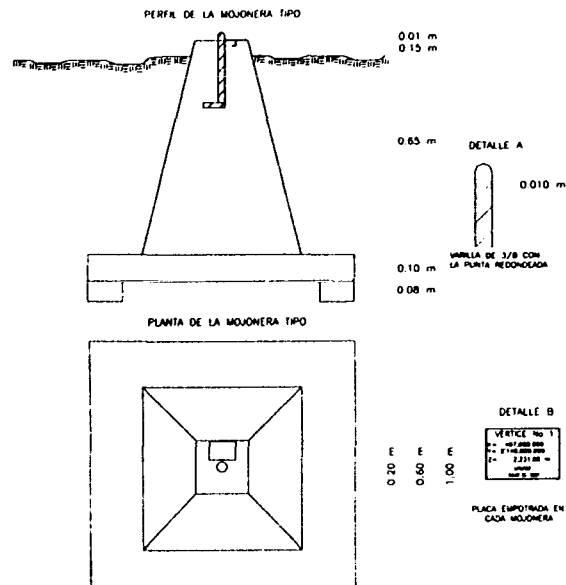


FIG. 10 MOJONERA TIPO.

B.2) planimetría

En este trabajo se realizara una poligonal cerrada que limite al sitio, se unirá con la poligonal abierta que se trazo desde el acceso. Se debe de recordar que este método nos proporciona la proyección horizontal del terreno por lo que la precisión es muy importante por lo que se recomienda una precisión de 1:25000 que es de una poligonal de segundo orden y así que los trabajos posteriores que se realicen en las etapas restantes a la vida del sitio de disposición final tengan una confiabilidad optima, por lo que se sugieren las siguientes recomendaciones

- 5) Equipo de topografía moderno para alcanzar la precisión recomendada.
- 6) Monumento por vértice de la poligonal.
- 7) Ubicación de todos los rasgos físicos dentro y fuera de la poligonal cerrada.

B.3) Altimetría

Para realizar esta fase de los trabajos topográficos, como se cuenta con un marco de referencia a nivel Nacional en el cual se obtuvo una altitud en el vértice de partida de la poligonal abierta o cerrada y como se colocaron mojoneras en cada uno de los vértices de dichas poligonales están servirán como bancos auxiliares de nivel y se recomienda realizar los siguientes trabajos.

- 8) hacer una nivelación de ida y vuelta por cada uno de los vértices de la poligonal
- 9) la Tolerancia de dicha nivelación se determinara por la siguiente formula

$$T = \pm \sqrt{k}$$

donde: T = la tolerancia
 k = la distancia en Km.

- 10) De acuerdo a las dimensiones del terreno se nivelará de ser posible a cada 20 m sobre la poligonal cerrada y abierta

B.4) Secciones Transversales.

En esta parte del estudio topográfico se recomienda lo siguiente

- 11) Tomar un lado de la poligonal principal como el eje 0 + 000
- 12) Este seccionamiento de acuerdo a la topografía del sitio se realizara por convencionalismo a cada 20 m ó mayor de ser posible.
- 13) Se deben de dibujar cada uno de los perfiles resultantes de dichas secciones

B.5) curvas de nivel.

como se realizo un seccionamiento de toda la superficie del terreno se podrán dibujar las curvas de nivel y de acuerdo a las dimensiones y a la topografía del sitio las curvas se dibujaran de ser posible a cada 1 m

B.6) Volumétrica y vida útil del sitio.

Basándose en los trabajos antes mencionados las secciones transversales y a las curvas de nivel se calculara la volumetría del terreno, lo que nos dará por resultado la vida útil real del terreno elegido.

III.3 PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL SITIO.

Existen dos parámetros que restringen la altura de las celdas en el relleno sanitario Bordo Poniente.

- a) La baja capacidad de carga del suelo en la zona.
- b) La escasa profundidad del nivel freático.

El método constructivo que se efectuó en el relleno sanitario de "Bordo Poniente" contempló básicamente tres etapas:

- 1) Construcción de una primera capa de desechos sólidos en cada una de las macro celdas divididas por los caminos interiores.
- 2) Construcción de pirámides truncadas con una altura de 8.0 m y una pendiente de 3 a 1 en cada una de las celdas.
- 3) Llenado de los espacios libres dejados por las pirámides truncadas, incluyendo los caminos perimetrales.

Este método se seleccionó con el fin de evitar los hundimientos y afloramientos en el terreno, lo cual repercutirá en la destrucción de los caminos interiores y por lo tanto en la operación.

Se coloca una primer capa de residuos sólidos, dentro del rectángulo (celda) que se formó con los caminos perimetrales estos se van cubriendo en su totalidad hasta alcanzar una altura máxima de 1.50m. Incluyendo el material de cubierta con una pendiente del 1 %.

Una vez terminado el primer nivel se inicia el segundo nivel de la siguiente manera.

Se inicia con la recepción de R.S. sobre la primer capa de estos y se forma una gran montaña llamada cabecera y se empieza a crecer en sentido del ancho de las franjas esta sección trapezoidal con una altura de 3.5 m con taludes y corona bien establecidos este es el método de área.

Le sigue el mismo segundo nivel pero ahora con el llenado de caminos en el espacio que resulta de dos celdas contiguas hasta alcanzar la altura del segundo nivel. El tercer nivel y la última capa de R.S. se utiliza el método de área donde se depositan sobre el segundo nivel este tercer nivel de 3.0 m de altura forma la parte más alta de la pirámide truncada.

Esta altura de 8.0 m fue calculada a partir de un estudio de mecánica de suelos (DGSU), en el que se estableció la altura máxima del relleno y una distancia de no menos de 80 m de los cuerpos de agua y cualquier obra hidráulica de la zona.

En la actualidad se trata de disponer los residuos sólidos municipales de la manera más adecuada para no tener repercusiones en un tiempo futuro, los métodos más controlados y modernos que existen hasta ahora son el relleno sanitario y la incineración.

Para el caso particular del Relleno Sanitario Bordo Poniente la construcción, consiste en tres trabajos de ingeniería básica:

- a) establecimiento del área que ocuparan las celdas
- b) Construcción de caminos elevados. (formación de una retícula)
- c) impermeabilización de la celda
- d) obras complementarias.

III.4 CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS

Por lo general, aunque no necesariamente, los caminos exteriores o principales convienen que sean de tipo permanente, mientras que los caminos interiores o secundarios son convenientes que sean de carácter temporal.

Los caminos principales: deben de garantizar el transito sobre ellos en cualquier época del año, de todos los vehículos que acudan al relleno para disponer los residuos sólidos que transportan, por tanto la superficie de rodamiento no deberá verse afectada por los elementos del ambiente ni por el mismo el transito de los vehículos.

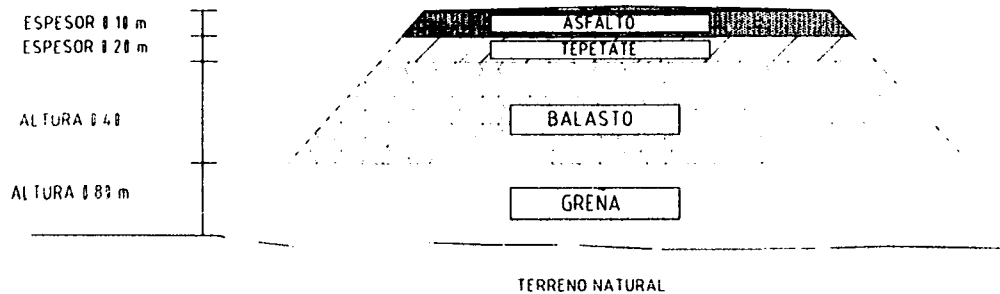


FIG 11 SECCION DE UN CAMINO PRINCIPAL

Los caminos secundarios: debe de garantizar el transito sobre ellos en cualquier época del año, de todos los vehículos que acudan al relleno para disponer los residuos sólidos que transportan, por tanto la superficie de rodamiento no deberá verse afectada por los elementos del ambiente ni por el mismo el transito de los vehículos.

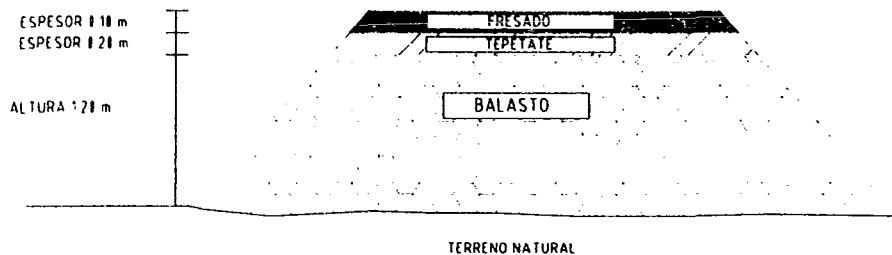


FIG 12 SECCION DE UN CAMINO SECUNDARIO.

Los caminos de penetración: serán tantos como se necesiten para permitir el paso de los vehículos hacia los frentes de operación y sobre las diferentes capas que conforman el relleno sanitario.

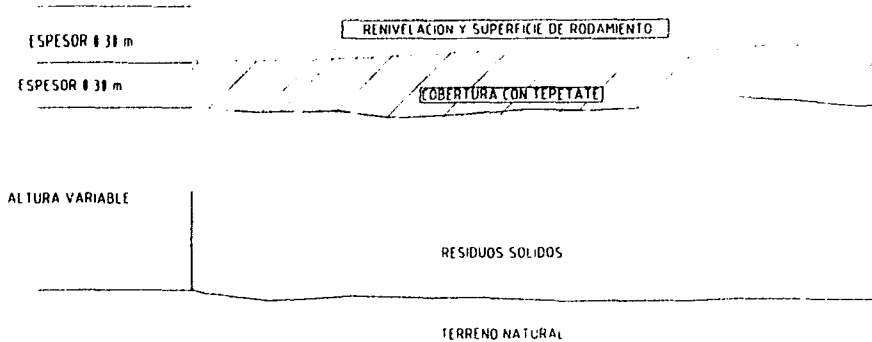


FIG 13 SECCION DE UN CAMINO DE PENETRACIÓN.

Tanto los caminos principales como secundarios, se construyen con material que se tiene de minas cercanas al sitio, debiéndose apagarse a las normas básicas de diseño presentadas en el siguiente tabla

CLASE DE CAMINO Y TIPO DE TERRENO	PRINCIPAL			SECUNDARIO	
	PLANO Y ONDULADO	MONTAÑOSO	MUY ACCIDENTADO	PLANO Y ONDULADO	ACCIDENTADO
VEL. DE DISEÑO EN Km/h	60	40	30	40	25
GRADO MAXIMO	11° 00'	24° 30'	44° 00'	23° 00'	57° 30'
RADIO MINIMO EN m	105	47	26	50	20
ANCHO DE CORONA EN m	6	6	6	4	5
PENDIENTE MAXIMA EN %	8	9	10	5	10
CARGA PARA DISEÑO	HS-20			HS-10	
SUPERFICIE DE RODAMIENTO	REVESTIDA			RIEGO DE ACEITE QUEMADO	

TABLA 9 NORMAS BASICAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS.

en los caminos principales cuando se justifique la colocación de una carpeta asfáltica como superficie de rodamiento por así requerirlo la carga de diseño y el volumen de tránsito, sobre el nivel de desplante que definirá la subrasante, se construirán las siguientes obras subsecuentes para recibir la carpeta.

III.5 COLOCACIÓN DE GEOMEMBRANA

Dado que en la construcción del relleno se debe evitar la contaminación del subsuelo, se debe desarrollar un sistema de impermeabilización que impida la infiltración del lixiviado producido por la descomposición de los residuos sólidos.

Para impermeabilizar las interfaces (espesor entre residuos y subsuelo) se seleccionaron varios materiales que se probaron en diferentes celdas.

Del análisis geotécnico de la internase, surgieron las siguientes recomendaciones acerca de las características que debería cumplir el material que se colocó entre del terreno natural y los desechos:

- a) Deberá ser lo suficientemente impermeable para evitar la mezcla entre el agua que contienen los desechos y el agua del subsuelo.
- b) Deberá ser capaz de resistir los esfuerzos de tensión que se generen en la periferia del relleno o de una celda por las deformaciones diferenciales del suelo.
- c) En caso de ser una mezcla de suelo, deberá tener un comportamiento plástico, lo necesario para seguir las deformaciones del subsuelo sin fracturarse, y no demasiado para evitar el riesgo de producir una falla por extrusión bajo las cargas del relleno.
- d) Se deberá garantizar su continuidad en el caso de fisuras o roturas con elementos punzo cortantes contenidos en los desechos.

De estas indicaciones se procedió a la instalación de una membrana plástica HDPE 40 mil en la base y taludes del relleno sanitario Bordo Poniente IV etapa, esta colocación de la membrana se realiza de dos tipos:

- 1) Impermeabilización de celdas
- 2) Impermeabilización de caminos interiores.

Impermeabilización de celdas

Los trabajos que serán ejecutados para la realización de dicha impermeabilización y donde la topografía es un factor muy importante tanto para la empresa contratista como para la supervisión en la toma de decisiones antes de ejecutar los trabajos y dentro de la misma ejecución así como para el cobro de los trabajos realizados en la impermeabilización.

En la figura siguiente se muestra en que consisten este tipo de trabajos:

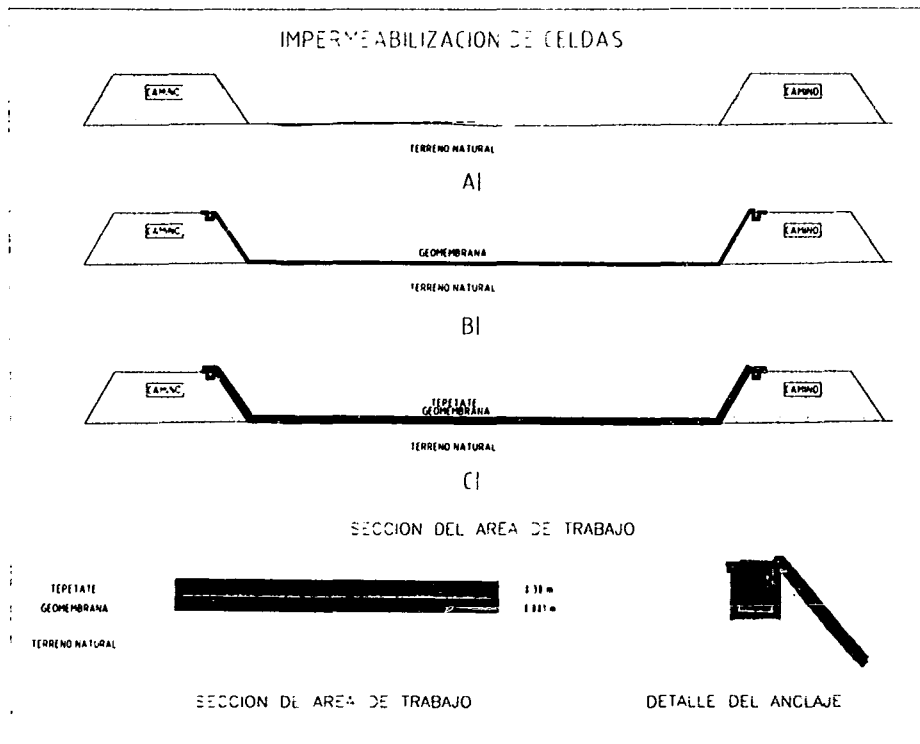


FIG 14 DETALLE DE LA COLOCACIÓN DE GEOMENBRANA (HDPE) EN LA CELDA.

Una vez ya construidos los caminos y definidas las celdas se realizan trabajos de impermeabilización, los cuales consisten en:

Concepto 1: trazo y nivelación: se deberá realizar un levantamiento topográfico de la celda por impermeabilizar, donde se conocerá las dimensiones exactas y las diferencias de alturas para la ejecución de este trabajo se cuenta con varios puntos de partida establecidos en la IV Etapa del Relleno Sanitario.

Concepto 2: desyerbe y limpieza: la función de esta actividad es la antes de colocar la geomembrana el terreno deberá de estar en las condiciones más óptimas.

Concepto 3: afine de taludes: como la celda esta delimitada por caminos de balasto y de tezontle la superficie del talud es irregular por lo que será necesario un afine del mismo con tepetate es decir se suaviza la cara donde ira colocada la geomembrana.

Concepto 4: excavación de cepas de anclaje: la geomembrana deberá estar sujeta en todo el extremo para evitar que se mueva o se recorra para evitar esta situación se ancla la geomembrana a la orilla del camino.

Concepto 5: instalación de geomembrana: para ejecución de este trabajo se utiliza una geomembrana cuyo espesor es de 40 milésimas de pulgada (1mm), de polietileno de alta densidad la cual cumple con estas características técnicas:

Prueba: ASTM D-638, resistencia a la tensión.

Prueba ASTM D-10004 resistencia al desgarramiento inicial 28 lbs

Cedencia 88 lb/in

Ruptura 152 lb/in

Elongación Cedencia 13%

Elongación ruptura 700%

FTSM-101C resistencia a la perforación 42.5 lbs.

Esta geomembrana consiste en rollos de 6.5 ó 10 m de ancho por 200 m de largo los cuales se unen por medio de calor

Concepto 6: suministro de material, cubierta final: una vez colocada la geomembrana se protege con una capa de tepetate de 30 cm para evitar el contacto directo de los residuos sólidos con la geomembrana.

Impermeabilización de caminos.

La ejecución de estos trabajos consiste en los antes mencionados pero el objetivo el de impermeabilizar los caminos consiste en dos fases:

- 1) Impermeabilizar a superficie que quedo libre entre las celdas.
 - 2) Él poder utilizar una área que será la base del tercer nivel de operación.
- Como se ve en la siguiente figura.

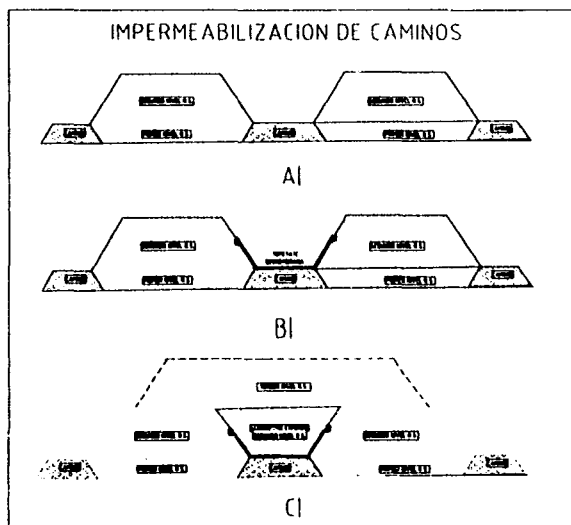


FIG 15 DETALLE DE LA COLOCACIÓN DE GEOMEMBRANA (HDPE) EN LOS CAMINOS.

Una vez que se impermeabilizo la celda esta queda lista para la recepción de residuos sólidos, las dimensiones de estas celdas son de aproximadamente de 400 por 400 m.

En el relleno sanitario Bordo Poniente se construye este tipo de celdas tipo la unificación de varias de estas celdas forman una macrocelda

Después se realiza un levantamiento topográfico de la celda ya impermeabilizada y posteriormente un proyecto de llenado de la celda en el que se establecen los siguientes parámetros:

Frente de operación
Avances topográficos
Capacidad volumétrica de la celda
Vida útil de la celda
Calendarización de operación

III.6 PERSONAL Y EQUIPO.

En toda obra se necesita un mínimo de personal que deberá de realizar ciertas actividades específicas y la obra mencionada requiere de la siguiente plantilla

Puesto	No de personal
RESIDENTE	1
SUBRESIDENTE	5
BRIGADA DE TOPOGRAFÍA	3
SOBRESTANTE	9
CAPTURISTA	10
SECRETARIA	6
CHOFER	10
VELADOR	2
BASCULISTA	9
CHECADOR	25
ACOMODADORES	20
BRIGADA DE LIMPIEZA	40
MECANICO	6
OPERADOR DE MAQUINARIA	25
VIGILANTE	15
TOTAL	186

TABLA 10 PERSONAL QUE SE REQUIERE EN LA OBRA.

Además del personal también se requerirá de lo siguiente:

- 1) materiales
- 2) energía eléctrica
- 3) agua potable y tratada

En la siguiente tabla se menciona la maquinaria y equipo que se utilizara en la construcción del sitio.

CANTIDAD	EQUIPO	ACTIVIDAD
3	CARGADOR FRONTAL	Sirve para la carga de materiales empleados tanto para la cobertura de los residuos sólidos como para el mantenimiento.
3	VIBRO-COMPACTADOR	Pueden ser de rodillo liso, de salientes radiales denominadas "pata de cabra" o de neumáticos; se utilizan para efectuar la compactación del material de cobertura y el mantenimiento.
3	RETROEXCAVADORA	En el Relleno Sanitario se desempeñan tareas importantes como la construcción y mantenimiento de canales para la captación de lixiviado y el drenaje de agua de lluvia.
20	PIPAS DE RIEGO 10 m ³ 35 m ³	En la temporada de estiaje se utilizan para el riego de caminos, frente de trabajo y material de cobertura. Proveen de agua a las maquinas encargadas de la operación, además de que en temporada de lluvias se utilizan para el desagüe del agua de lluvia y en los incendios.
12	TRACTOR TIPO BULLDOZER D-8N O D8-R	Debido a su gran potencia, estas maquinas llevan a cabo funciones referentes al empuje, conformación, compactación y cobertura de residuos sólidos.
3	COMPACTADORES	Son maquinas diseñadas para alcanzar una mayor compactación de los residuos sólidos, cuando estos tienen un bajo peso volumétrico.
5	MOTOCONFORMADORA	Tienen como función primordial el mantenimiento y construcción de los caminos secundarios o interiores. Debido a que su cuchilla puede moverse y girar en todos los sentidos, puede fácilmente nivelar y afinar los caminos de terracería así como realizar la cobertura de los residuos sólidos.

TABLA 11 MAQUINARIA Y EQUIPO QUE SE REQUIERE EN LA OBRA.

Se necesitara la construcción de obras complementarias como las siguientes:

- 4) Oficinas y áreas de servicios.
- 5) Bascula de pesaje, Señalamiento y alumbrado.
- 6) Cerca perimetral, Patio de maquinaria y taller mecánico.

CAPITULO IV

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

IV OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

IV.1 GENERALIDADES.

La operación de Residuos sólidos en el relleno sanitario Bordo Poniente esta dividida en tres frentes de trabajo u operación de los cuales dos de ellos los opera una empresa del sector privado y el tercer frente de operación esta a cargo de la DGSU.

La DGSU a través de la Subdirección de transferencia y disposición final licitan la operación del sitio esta licitación es publica o de invitación restringida según sea el caso se publica en el diario oficial de la federación este contrato de la operación del sitio de disposición final exhibe diversos conceptos de los cuales la topografía es una de las partes medulares del contrato de las cuales mencionare los siguientes términos:

- 1) Extendido y compactación de residuos sólidos mediante el empuje y bandeo con tractor sobre orugas, equipado con hoja topadora, en capas con un espesor máximo de 60 cm sobre un talud 3:1 del frente de trabajo. Cada capa deberá ser compactada uniformemente en toda su superficie con un mínimo de cuatro (4) pasadas.
- 2) Preparación de la superficie para dar los niveles finales y recibir el material de cobertura, por medio de bandeo con tractor en sentidos transversales con un traslape del 25% del ancho de la zapata. La tolerancia en los niveles será de mas 10, menos 5 centímetros.
- 3) Extendido y compactación de una capa de cobertura (Tepetate) con un espesor de 35 cm abundado y 25 cm compactado, cerrando huella en sentidos longitudinal y transversal, mediante el paso del tractor. Posteriormente con un vibro compactador de rodillo liso, se dará un mínimo de cuatro pasadas a toda el área cubierta, incorporando el agua necesaria, para obtener una buena compactación.

Las operaciones básicas de trabajo

- a) descarga de los residuos sólidos:
es el deposito de residuos transportados en vehículos autorizados hacia el frente de trabajo, de tal manera que se realice en forma ordenada y controlada
- b) conformación del bordo de apoyo para el inicio de la franja de operación
es la formación de la cabecera de soporte sobre un talud inclinado 3:1

- c) **esparcido y compactación de los residuos sólidos**
es el extendido y compactación de los residuos sobre un talud inclinado 3:1 de la celda de trabajo en capas no mayores de 60 cm de espesor, transitando 4 veces por lo menos, con maquinaria pesada sobre los residuos cuyo peso varié de 30 a 45 Ton
- d) **extendido y compactación de material de cobertura**
es el extendido y compactación de una capa de tepetate sobre los residuos conformados, cuidando de sobremanera que tanto taludes como corona de la celda queden perfectamente cubiertos.

Alcances de la operación.

- 1) **el trabajo consistirá en disponer mediante la técnica del relleno sanitario, los residuos sólidos que son transportados en vehículos autorizados.**
- 2) **La disposición, se llevará a cabo en las celdas delimitadas por la retícula de caminos, constituida con anterioridad a la operación del relleno.**
- 3) **El relleno sanitario constará de 3 capas de residuos con, sus respectivas cubiertas de tepetate. La primera capa se operará mediante el método de zanja, mientras que las capas restantes con el método de área.**
- 4) **El objeto del presente contrato, tiene que ver con la operación del relleno sanitario en su segunda capa mediante el método de área. La conformación de esta capa, se hará mediante la compactación e los residuos sólidos en capas de 60 cm sobre el talud inclinado del frente de trabajo.**
- 5) **Para iniciar la operación, el vehículo se situará al mismo nivel del piso de trabajo que se esté operando, descargará los residuos en el frente de trabajo, y se retirará.**
- 6) **Con la maquinaria pesada, los residuos se esparcirán y compactarán sobre el talud inclinado en capas de 60 cm. De espesor, aplicando al menos 4 pasadas con un equipo mecánico cuyo peso bruto varíe de 30 a 38 toneladas. El talud de operación deberá ser de 3:1 (horizontal-vertical).**
- 7) **Con el fin de propiciar un buen drenaje del escurrimiento pluvial, la capa de residuos sólidos se conformará con Pendientes del 1% del centro de la celda hacia la periferia.**
- 8) **Sobre la capa de residuos ya compactada, se colocará una capa diaria de material de cubierta, la cual deberá tener un mínimo de 22 cm. y un máximo de 27 cm., buscando una capa uniforme de 25 cm. ya compactada.**

- 9) El rendimiento de compactación una vez que la CONTRATISTA haya concluido con la operación diaria en el frente de trabajo, no deberá ser menor a 900 Kg/m^2 , para una altura de 3.0 m. en el hombro del talud de la periferia. En caso de que la SUPERVISORA así lo solicite, la operación del relleno se llevará a cabo a una altura diferente a la antes indicada. Cuando esto suceda, la SUPERVISORA establecerá el rendimiento que deberá alcanzar la CONTRATISTA.
- 10) Durante la descarga de residuos sólidos en el frente de trabajo, ningún vehículo realizará actividades ajenas a la antes mencionada.
- 11) La descarga de los residuos sólidos deberá efectuarse de tal forma que no se obstruyan las operaciones de la maquinaria pesada, por lo que los operadores de los vehículos, estarán obligados a respetar las indicaciones de la SUPERVISORA.
- 12) El acomodo, ordenamiento y dirección del tráfico vehicular en el frente de trabajo que se halle en operación, será responsabilidad de la SUPERVISORA.
- 13) En caso de atascamiento en el frente de trabajo ocasionado por las condiciones del terreno, se deberá avisar al residente de la supervisora, para recibir el apoyo correspondiente, con el fin de despejar dicho frente de trabajo. En caso de que el atascamiento sea por negligencia del operador del vehículo, se aplicarán las acciones que procedan.
- 14) Una vez terminada la descarga de residuos en el frente de trabajo, el vehículo se deberá dirigir a la zona de básculas para obtener la "tara" correspondiente y la hora de salida; inmediatamente después, procederá a retirarse del relleno sanitario por la salida que haya autorizado la D.G.S.U.
- 15) Para evitar la formación de polvos en zona de tránsito y de descarga, la CONTRATISTA, deberá, considerar en su propuesta el riego diario con agua tratada de una franja de 100 m. a partir del pie del talud del frente de operación. Esta actividad se realizará en franjas, mediante un implemento de bombeo y aspersión adaptado al tanque-pipa con capacidad de 10,000 litros, circulando a una velocidad de 10 Km/h., para alcanzar un rendimiento de 2 lt/m^2 .
- 16) La longitud de empuje en la actividad de extendido y compactación de residuos no deberá exceder de 20 m de la zona de depósito al pie de talud para evitar sobre acarreos, para tal efecto siempre se debe contar con una superficie de rodamiento en condiciones de tránsito.
- 17) Para lograr los niveles finales de residuos sólidos-marcados por la D.G.S.U. y con la finalidad de preparar la superficie para recibir el material de cobertura, se bandeará con tractores en sentidos transversales con un traslape de 25 % del ancho de la zapata. La tolerancia en los niveles será de más 10 y menos 5 centímetros.

- 18) La SUPERVISORA deberá realizar la delimitación del frente de trabajo y definirá sus elevaciones operativas.
- 19) Los residuos sólidos que ya han sido preparados para recibir cobertura, deberán ser cubiertos al final de cada día de operación, previa autorización de la empresa supervisora.
- 20) La D.G.S.U. será la responsable de dar los niveles topográficos definitivos de cada celda y serán proporcionados al CONTRATISTA con su debida anticipación.
- 21) La D.G.S.U., programará el llenado de la Macro celda.
- 22) La SUPERVISORA y la CONTRATISTA, deberán llevar un control topográfico diario de la celda en operación. Asimismo, se presentarán planos con los avances quincenales de la celda en operación.
- 23) La cobertura de los residuos sólidos, se define como la acción de cubrirlos en la parte operada y que cumple con las cotas establecidas por la D.G.S.U., después de que los mismos ya han sido conformados y compactados.
- 24) Respecto a los espesores de materiales de cubierta, estos serán de 35 cm abundado y 25 cm compactado. Los espesores anteriores, deberán ser verificados y aprobados por la SUPERVISORA después de los trabajos de compactación. En el caso de que la D.G.S.U. proporcione el material de cobertura y el espesor exceda el señalado, el tepetate colocado en exceso le será descontado al contratista.
- 25) La capa de cobertura deberá ser colocada cerrando huella en sentido longitudinal y transversal, mediante el paso del tractor. Posteriormente mediante la utilización de un vibro compactador de rodillo liso, se dará un mínimo de cuatro pasadas a toda el área cubierta de ese día, incorporando el agua necesaria para obtener una buena compactación.
- 26) La comprobación de los espesores de la cobertura después de los trabajos de compactación, se realizará mediante calas en retículas a cada 10 metros. El 75% de las mismas, así como el promedio deberán caer en el rango estipulado.
- 27) Será responsabilidad de la CONTRATISTA, mantener limpio el frente de trabajo, en una superficie delimitada por un radio de 100 m., a partir de su centro de gravedad.

ALCANCES COMPLEMENTARIOS DE LA OPERACION

- 1) La D.G.S.U. será la encargada de llevar el control y procesamiento tanto de las entradas como de las salidas de los vehículos que ingresen al relleno sanitario. Asimismo, se reservará el derecho de admisión de cualquier vehículo, en función de sus características y del tipo de residuos que transporte.
- 2) **CONTRATISTA** deberá conciliar diariamente con la empresa **SUPERVISORA**, el tepetate suministrado, las cantidades de residuos sólidos que se hayan recibido, y mediante trabajos topográficos, los avances diarios en sus diferentes conceptos. De no hacerlo así se dará por asentado, que para efectos de pago, la **CONTRATISTA** acepta las cantidades reportadas por la **SUPERVISORA**.
- 3) Los horarios para llevar a cabo las conciliaciones referentes al punto anterior son los siguientes: los trabajos de topografía de 7:00 a 9:00 y de 15:00 a 17:00 hrs.; la conciliación del tonelaje de residuos recibidos y tepetate suministrado se efectuará de 9:00 a 10:30 hrs.
- 4) El acarreo y descarga del material para la cobertura diaria de los residuos sólidos, será efectuado por la **CONTRATISTA**, teniendo la obligación de lograr el aprovechamiento óptimo de tales recursos.

De los conceptos y alcances del contrato antes mencionado se puede resumir que la topografía juega un papel muy importante en la realización del mismo

IV.2 MÉTODOS DE OPERACIÓN.

Como ya se menciona el relleno sanitario representa la mejor opción para la disposición final de los residuos sólidos según se observan las siguientes ventajas:

- Menor inversión inicial que con otros métodos. Reducidos costos de operación y mantenimiento
- Posibilidad de recuperar el gas metano como fuente alterna para la generación de energía.
- Recuperación de terrenos estériles o improductivos en áreas recreativas o reforestadas.

Es necesario aclarar que el método de relleno sanitario presenta también ciertas desventajas:

- Existe dificultad para obtener un terreno con las características necesarias para un relleno sanitario (profundidad del manto freático, zona de recarga, ubicación

respecto a zonas de fracturación, características del suelo, vida útil, ubicación respecto a cuerpos de agua, drenaje y topografía).

-Existe el riesgo de contaminación de los mantos freáticos si no se diseña o construye adecuadamente el relleno sanitario.

-Por lo regular los asentamientos al clausurar el relleno sanitario no se hacen esperar y con ello dificultan la reutilización del área como área recreativa.

En general en un relleno sanitario se ejecuta 3 tipos de métodos de operación:

- A) método de área
- B) método de trinchera
- C) método combinado
- D) *Método Particular que se utiliza en Bordo Poniente.*

A) Método de Trinchera o de zanja.

Este método se utiliza normalmente en terrenos planos, teniendo la seguridad que las aguas freáticas se encuentran a suficiente profundidad para no ser contaminados.

El método consiste en abrir zanjas o trincheras a intervalos que sean adecuados para la estabilidad de los taludes, y a profundidades del orden de 2 a 3 m, con apoyo de equipo mecánico; cabe señalar que la profundidad de las trincheras está limitada por la profundidad de las aguas freáticas y por la dureza del terreno, pudiendo tener en ocasiones hasta 7m. de profundidad.

La tierra sobrante de la excavación de la trinchera es colocada a las orillas de la trinchera para ser utilizada más tarde como material de cubierta.

Una vez hecha la zanja o trinchera, se depositan los residuos sólidos en el fondo de la misma, se extienden y se compactan con equipo mecánico. Finalmente se cubre con el material producto de la excavación, con un espesor de 15 a 20 cm., compactándola con el mismo equipo, todo esto en ciclos diarios.

B) Método de Área.

Este método se utiliza en cualquier tipo de terreno, sean oquedades, inicios de cañadas, depresiones y en terrenos planos que por su condición topográfica y geológica y la superficialidad de las aguas freáticas impida la excavación de trincheras.

El método consiste en hacer celdas de dimensiones determinadas por la generación diaria de residuos sólidos, depositando los residuos sobre un talud, compactándolos y cubriéndolos con tierra previamente arrimada a la zona de trabajo, de la misma manera que en el método de trinchera, sólo que en este caso las celdas se van contrataponiendo en sentido transversal o longitudinal.

C) Método combinado.

Este método es el más frecuentemente utilizado, por ser el más versátil. Tiene la posibilidad de iniciar con el método de trinchera y seguir después de haber alcanzado el nivel de terreno natural con el método de área.

D) Método Particular que se utiliza en Bordo Poniente.

El método constructivo que se efectúa en el relleno sanitario de "Bordo Poniente" contempla básicamente tres niveles de operación:

- D.1) Operación del primer nivel de desechos sólidos en cada una de las celdas divididas por los caminos interiores. Estos se van cubriendo en su totalidad hasta alcanzar una altura máxima de 1.50m. Incluyendo el material de cubierta con una pendiente del 1 %. Una vez terminado el primer nivel se inicia el segundo nivel
- D.2) El segundo nivel, Construcción de pirámides truncadas con una altura de 7.0 m y una pendiente de 3:1 en los taludes, en cada una de las celdas. Se inicia con la recepción de R.S. sobre la primer capa de estos y se forma una gran montaña llamada cabecera y se crece en sentido del ancho de las franjas. Este es el método de área.
- D.3) Llenado de los espacios libres dejados por las pirámides truncadas, incluyendo los caminos perimetrales. Este tipo de operación puede ser de zanja y de área a la vez.
- D.3) El tercer nivel y la última capa de R.S. se utiliza el método de área donde se depositan sobre el segundo nivel este tercer nivel de 3.5 m de altura forma la parte más alta de la pirámide truncada

En la actualidad se trata de disponer los residuos sólidos municipales de la manera más adecuada para no tener repercusiones en un tiempo futuro, los métodos más controlados y modernos que existen hasta ahora son el relleno sanitario y la incineración.

IV.3 DETERMINACIÓN DEL CONTROL HORIZONTAL AVANCE DE RESIDUOS SÓLIDOS Y COBERTURA.

La operación es la acción más importante que se desarrolla durante la vida útil del sitio, ya que de una buena operación, culminara en la disminución de los riesgos de contaminación al ambiente y eliminar los elementos nocivos para la salud pública, y factores inherentes a la mala disposición final.

Dada la importancia que conlleva la operación del relleno sanitario, es de igual manera sobresaliente el establecimiento de una serie de controles que permitan de manera

más eficiente y practica el llevar a cabo la operación ambientalmente aceptable a bajo costo.

Uno de estos controles es el control horizontal y con lo que se menciona dentro de los alcances de la operación del sitio donde se observa que se deben de realizar levantamientos topográficos diarios de cada uno de los frentes de trabajo y así poder planear, cuantificar e identificar cada uno de los objetivos básicos para los que fue creado el sitio de disposición final.

Como se puede observar dentro del proyecto del sitio de disposición final se cuenta con un marco de referencia y con una red de control horizontal que nos la proporcione el levantamiento planimétrico y de ahí es de donde debemos de partir para la ejecución de los levantamientos del avance horizontal en todo el sitio.

De acuerdo a las necesidades que se requieren para estos levantamientos en cuanto a la extensión, condiciones del terreno, condiciones climáticas, rapidez, recursos económicos, técnicos y humanos se plantea un control terrestre, equipo y metodología.

Como todo levantamiento topográfico la red de apoyo horizontal, se encuentra formada por una serie de líneas unidas entre sí, cuyas longitudes y acimutes han sido determinados en el levantamiento que se realizó previamente y del cual existe una monumentación física de varias mojoneras como las que ya se hizo mención en los estudios topográficos en el proyecto del sitio.

Del instrumental y personal se menciona que se tendrán los siguientes requerimientos dada la importancia y la precisión que se requiere.

A) INSTRUMENTAL

- 1 teodolito Wild T-2 (de un segundo de aproximación)
- 1 distanciometro electrónico
- 1 brújula
- 2 estadales
- 2 balizas
- 2 cintas de acero de 30 m y 50 m
- estacas de madera de 30 cm de largo
- clavos, pintura, martillo, machete etc.

B) PERSONAL

- Un Ingeniero Topógrafo
- Dos Auxiliares
- Un Anotador
- Un Chofer

IV.3.1 METODOLOGÍA EN CAMPO DE LA POLIGONAL SECUNDARIA.

Apoyándose en los vértices de la poligonal principal (envolvente) existentes, se procede a realizar el levantamiento topográfico de una poligonal secundaria (abierta), como los vértices de la poligonal principal son intervisibles entre sí, se hace estación en vértice V-0 de partida que se localiza en las compuertas del brazo derecho del río Churubusco y visando al vértice V-1 que se localiza sobre el margen izquierdo del canal de la Compañía; tomando el ángulo y la distancia al visar el vértice de la poligonal envolvente. La operación se repite en tres ocasiones para así poder propagar las coordenadas de la poligonal principal hasta la zona donde nos interese que es todo el sitio y esta información se vacía en el plano.

MEDIDAS ANGULARES

El teodolito utilizado para este tipo de trabajo cuenta con escalas finamente graduadas con precisión y plomada óptica para un mejor centrado. En general con los teodolitos de medición óptica se obtienen una mayor precisión en mediciones angulares que con los tránsito de sistemas mecánicos.

El valor de estas medidas son obtenidos por medio del método de Bessel, el cual es operado de la siguiente manera:

- 1.- se coloca el teodolito en la primera estación, se centra y nivela, se visa al vértice anterior en posición directa.
- 2.- se da vuelta de campana al telescopio, quedando en posición invertida, girando 180° en sentido a las manecillas del reloj se visa nuevamente al primer vértice.
- 3.- se barre el ángulo en el mismo sentido hacia el vértice dos.
- 4.- operando de manera semejante al paso 2, quedando ahora el anteojo en posición derecha y visando al vértice dos.
- 5.- se gira en sentido contrario al vértice 1 nuevamente.

Cabe hacer mención que la visar los vértices se debe de anotar el valor angular de la dirección.

Este procedimiento equivale a una serie, el número mínimo de estas es de 3 por estación. Esta secuencia de operación se continuara hasta completar la poligonal. La precisión que se obtuvo en esta poligonal fue de 1:20,000

NOTA: Cabe hacer notar que el instrumento utilizado cuenta con tres tornillos nivelantes, no deben ser tocados una vez que se ha efectuado la primera visual, ya que el movimiento de cualquiera de ellos modificara la altura del aparato causando fuertes errores.

IV.3.2 METODOLOGÍA EN CAMPO DEL LEVANTAMIENTO CON ESTADIA.

Una vez que se tiene un punto de control que esta ligado a una poligonal secundaria y a su vez esta a la poligonal principal el método que se emplea para determinar los avances del frente de operación es de radiaciones por medio de estadía compuesta y la metodología es la siguiente:

- a.- Se coloca el teodolito en el vértice de coordenadas conocidas, se centra y nivela, se visa a una señal que previamente se conoce su valor angular con esto se orienta el levantamiento todo esto es en posición directa.
- b.- Una vez centrado, nivelado y orientado el aparato se esta en condiciones de efectuar el levantamiento de la zona de interés por medio del método de radiaciones
- c.- El estadalero conoce a la perfección los puntos de interés y el se va colocando donde llega el pateo de los residuos sólidos.
- d.- Operando de manera semejante el estadalero se coloca en los puntos donde el limite de la cobertura llega.
- e.- Al hacer este procedimiento se genera una poligonal cerrada de la cual se establece una área descubierta y a su vez el avances de cobertura como de residuos sólidos.

el registro de este levantamiento topográfico es el siguiente

EST.	P.V.	θ	ϕ	DIST	OBS	COORDENADAS			
AUX-	ANTENA		--0--	--0--	AUTO PISTA	CROQUIS			
	PAT.						999.95	999.9	34.15
	PAT.							0	
	PAT.								
	PAT.								
	PAT.								
	COB.								
	COB.								
	COB.								
	COB.								
	COB.								
	COB.								
	COB.								

TABLA 12 REGISTRO DE CAMPO EMPLEADO EN EL LEVANTAMIENTO

IV.3.3 GABINETE

Una vez que ya se tienen los datos de campo se procede a hacer gabinete y con un sencillo programa en cualquier calculadora programable o en la PC con un pequeño programa en EXCEL se determinan las coordenadas de cada uno de las radiaciones del levantamiento de campo.

IV.3.4 DIBUJO Y CALCULO EN LA PC

Ya que se tienen la terna de valores (X,Y,Z) de los puntos levantados ese día se procede al dibujo de los mismos en AUTOCAD en la versión que se cuente del cual se hará una breve descripción del procedimiento:

- a) se introduce el valor de las coordenadas por medio del comando de poli línea y se va dibujando la poligonal que en campo se levanto.
- b) Ya que se tiene plasmada la poligonal en la pantalla se puede calcular los avances de residuos sólidos y el de cobertura

IV.4 CONTROL VERTICAL.

Este control se realiza mediante una red vertical en la cual se establece una serie de marcas de nivel o bancos. Estas marcas se disponen desde un banco de nivel preestablecido y referido al nivel medio del mar, hasta cerca de la zona donde se verificarán los niveles, el objeto de facilitar el control de las alturas.

IV.4.1 MONUMENTACION.

El banco de nivel de partida se localiza en las compuertas del brazo derecho y es una placa de Fe colado empotrado con la leyenda TYMSA

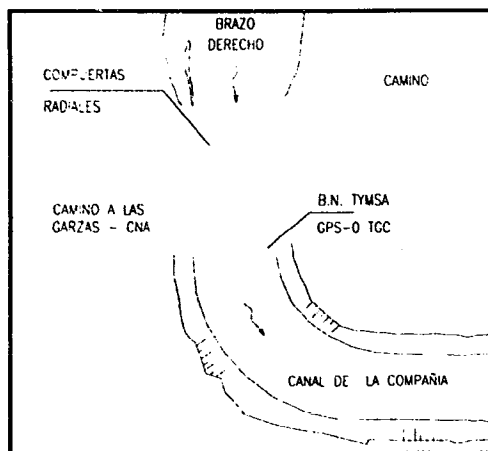


FIG. 16 UBICACIÓN DEL BANCO DE NIVEL DE PARTIDA.

IV.4.2 INSTRUMENTAL Y PERSONAL.

INSTRUMENTAL.- Uno de los instrumentos utilizados para el control vertical es el nivel Basculante WILD NK-2 como la mayor parte de los instrumentos de precisión posee 3 tornillos nivelantes en lugar de 4, con esta disposición cada tornillo gira independientemente lo cual simplifica la nivelación y hace el proceso más rápido y uniforme. Este aparato cuenta con 2 tipos de nivel para el correcto uso y éstos son:

-Nivel Esférico.- Esta constituido por una caja metálica, cerrada en su parte superior por una tapa de cristal, que tiene la cara interior esférica. Este nivel, lo mismo que el tubular, este lleno casi por completo de éter o bencina, dejando un pequeño espacio o burbuja lleno de vapores del líquido y de aire que ocupa siempre la parte mas alta del casquete esférico. Sobre la tapa de cristal, y en su parte externa, hay señalado un círculo concéntrico que sirven para facilitar el centrado de la burbuja de forma esférica

-Nivel de Coincidencia.- El centrado exacto de la burbuja en los niveles es muy sensible. Por me dio de graduaciones resulta difícil y engorroso, por ello en éste tipo de niveles se suprime la escala graduada, empleándose para saber cuando esta calada la burbuja, un sistema de prisma de reflexión total colocados de tal manera que hacen aparecer la burbuja dividida longitudinalmente y las 2 partes colocadas una contra otra. Cuando se mira a través de] anteojo parece como si éstas imágenes estuvieran en un plano vertical, de tal manera que cuando la burbuja no esta centrada, los extremos de sus mitades aparecen separadas y cuando si está centrada sus 2 extremos se unen dando la impresión de estar completa la imagen de la burbuja, a esto se le conoce como coincidencia de burbuja.

Con este nivel se consigue una mayor comodidad en el centrado de la burbuja al no tener que variar la posición de] observador respecto a la que adopte para leer en el anteojo Una mayor precisión ya que los desplazamientos de las imágenes de los extremos de la burbuja se efectúan sentidos contrarios y pueden apreciarse desplazamientos mas pequeños que con los niveles de escala.

Estadales.- Los estadales usados en la nivelación son de 4 piezas de Aluminio de 0.11 por 0.04 por 1.0 m con divisiones de 1 cm por una cara y de canto a cada 1 mm. y pintados de color rojo y negro alternados hasta completar la longitud de 4.0 m.

PERSONAL.- El personal requerido para efectuar el control vertical consta de las siguientes personas:

Un Ing. Topógrafo.

Dos Estadaleros.

Un Anotador.

Un Chofer.

Ya que eran parte de la rapidez y efectividad de] trabajo dependerá de los estadaleros, el ingeniero debe instruirlos debidamente acerca de los puntos en que deben colocarse y las señales convenientes para ordenar sus movimientos.

IV.5 VIDA ÚTIL DEL SITIO

Se llama vida útil de un relleno sanitario al tiempo en años que se utilizará un sitio seleccionado para disposición final de los residuos sólidos de una comunidad. La vida útil del sitio depende del volumen disponible del mismo, de la cantidad de residuos sólidos a disponer y del método de operación.

El volumen a disponer de residuos es la cantidad originada por una fuente en un determinado tiempo. Su valor se obtiene multiplicando la población de la comunidad por el índice de generación (kilogramos de residuos generados por habitante por día), y por la eficiencia de recolección. El índice de generación varía de 0.65 a 1 Kg. de residuos/habitante al día.

La eficiencia de recolección se refiere al porcentaje de la población total que goza de servicios de recolección y, en general es difícil encontrar poblaciones con valores superiores al 70 %

En otras palabras, el volumen del sitio será ocupado por los residuos sólidos por disponer y por el material de cubierta (tierra ó tepetate) necesario.

Al seleccionar el sitio para el relleno sanitario, se recomienda que tenga una vida útil suficiente, para recuperar la inversión efectuada en la disposición final de los residuos sólidos

La fórmula general para calcular la vida útil de un relleno sanitario es:

$$U = V_S / (365 G_T)$$

DONDE:

U = la vida útil del relleno sanitario en años

V_S = es el volumen del sitio seleccionado en m^3

G_T = es la cantidad de residuos recolectados en un tiempo determinado incluyendo el volumen de material de cubierta en m^3 / al día.

Para el caso específico del relleno sanitario Bordo Poniente IV etapa

Los funcionarios del gobierno tienden a prestar atención a prolongar la vida del sitio de disposición final la compactación es la mejor respuesta. Mejor compactación significa compactar más residuos en menos espacio y estos son algunos de los beneficios:

- se prolonga la vida del sitio
- se reduce el asentamiento de los residuos
- se reducen los espacios vacíos
- se reduce los residuos transportados por el viento
- se combaten los insectos y roedores
- se reduce la posibilidad del deslavado de desperdicios o de queden expuestos durante la lluvia

- se reduce la cantidad de cobertura diaria necesaria, reduciendo por lo tanto el trabajo de excavación con maquina
- se reduce la precolación de fluidos y la migración del metano
- se suministra una superficie de desplazamiento más sólida para los camiones (reduciendo el mantenimiento y las reparaciones)

DENSIDADES

Los residuos residenciales y comerciales sueltos pesan alrededor de 142 a 178 kg/m³. Un camión recolector aumentara esa densidad de 237 a 415 kg/m³
El hecho de empuje y conformación proporcionan densidades de 350 a 500 kg/m³

La acción de las capas de menor de 60 cm y las 4 pasadas proporcionan densidades de 450 a 700 kg/m³
El material de cobertura agrega otros 60 a 120 kg/m³.

FACTORES DE COMPACTACION

- El grueso de la capa de residuos es el factor más importante. Para obtener una mayor densidad, los residuos se debe de esparcir en capas de no más de 60 cm de gruesas y compactarse. Cuando una capa gruesa tanto menor la densidad a la que puede compactar la maquina
- el número de pasadas que realiza una maquina compactadora sobre los residuos también afecta la densidad cualquiera que sea la maquina debe de efectuar de 3 a 4 pasadas para lograr los mejores resultados. Más de 4 pasadas no logran una densidad adicional suficiente
- las pendientes se deben de mantener a un mínimo. Pendientes de 4:1 o menos una superficie horizontal permite mejor compactación.

Sin embargo, trabajar o empujar con residuos cuesta arriba tiene ciertas ventajas:

- La superficie de trabajo cubre menos superficie que una cara de trabajo horizontal- reduciendo así los problemas de áreas descubiertas y material de cobertura.
- Cuando la maquina trabaja cuesta arriba, en lugar de hacerlo cuesta abajo, es más fácil lograr un grueso de la capa uniforme sobre toda la superficie puesto que el material de los residuos no rodara delante de la hoja topadora para pilarse al pie de la pendiente.

Resumiendo lo antes expuesto se puede recalcar que en casi todos los casos para máxima compactación cuanto más plana la superficie es mejor.

EL FACTOR DE LA HUMEDAD

El contenido de la humedad afecta considerablemente la densidad de la compactación. El agua ablanda materiales como el papel y cartón así como la gran cantidad de residuos orgánicos permiten una consolidación más apretada el agua trabaja como lubricante... como la hace para los suelos.

Las pruebas de campo indican que el contenido de humedad varía del 10 al 80 % , dependiendo si la estación es lluviosa o seca. Pero el mejor contenido de humedad para obtener una mayor compactación es del 50%.

Una mínima cantidad de humedad puede aumentar la compactación de los residuos del 10%.

Mientras que mayor contenido de humedad puede proporcionar mayores densidades en sitio también aumenta la probabilidad de formación de fluido de precolación

IV.6 TRABAJOS DE MANTENIMIENTO EN EL SITIO

Durante la vida del sitio es necesario la ejecución de diversos trabajos de prevención, corrección y mantenimiento que garanticen el buen funcionamiento del lugar y de ellos se pueden mencionar los siguientes:

- a) mantenimiento y adecuación del acceso principal
- b) mantenimiento y calibración de las basculas
- c) mantenimiento y adecuación de caminos primarios y secundarios
- d) trabajos de mantenimiento en las diferentes zonas de tiro
- e) construcción de zanjas de captación de lixiviados
- f) Mantenimiento a equipos y maquinaria.

Para la buena realización de los trabajos antes mencionados se debe de contar con un programa de mantenimiento en donde se contemple los trabajos que deberán ejecutarse a corto, mediano y largo plazo.

La topografía interviene en los casos siguientes:

- C) mantenimiento y adecuación de caminos primarios y secundarios.

El tránsito de vehículos pesados y el riego en los caminos provocan el deterioro de los mismos:

- C1) bacheo con diversos materiales por lo general con fresado (nivelación)
- C2) renivelación y mejoramiento de caminos secundarios (nivelación)
- C3) construcción de caminos (trazo y nivelación)

- D) trabajos de mantenimiento en las diferentes zonas de tiro

En el frente de operación se realizan trabajos de prevención y corrección con el objetivo fundamental de no interrumpir la operación del relleno sanitario.

- D1) construcción de caminos de acceso (peines) (trazo y nivelación)
- D2) construcción de plantillas o superficies de rodamiento (tazo y nivelación)

e) construcción de zanjas de captación de lixiviados

en este tipo de trabajos se realiza trazo y nivelación y ubicación en donde se localizan los afloramientos más notorios de lixiviado y de agua pluvial.

IV.7 EJEMPLO DE UN MES DE OPERACIÓN

Para este ejemplo tomare el frente operado por una empresa del sector privado

a) la empresa del sector privado

- tiene una recepción de 5,100 ton diarias.
- Recibe las 24 hrs los 365 días del año
- se le asigna un frente de operación de 100 de ancho
- Cuenta con 4 equipos para el empuje y conformación de residuos sólidos
- cuenta con el personal necesario
- tiene una brigada de topografía

esta contratista tiene una supervisión interna que es otra empresa del sector privado y también hay una supervisión interna por parte de la DGSU.

Existen especificaciones técnicas y alcances para cada una de las partes que están involucradas en la operación, las cuales ya mencioné.

SEGUIMIENTO DEL CONTROL HORIZONTAL

En este caso se realizan levantamientos topográficos diarios, para determinar el avance del frente de operación, pues en el contrato hay sanciones por incumplimiento del contrato.

En la siguiente tabla se resume un mes de operación

DIA	AVANCE DE R.S m ²	AREA DESCUBIERTA m ²	AVANCE DE TEPETATE m ²	AREA CUBIERTA CON TEPETATE m ²	AREA DE TOLERANCIA m ²	AREA DESC. FUERA DE TOL. m ²
Nov-01	1,057.87	1,057.87	-	-	-	-
Nov-02	2,813.08	3,870.95	-	-	-	-
Nov-03	2,341.54	6,212.49	-	-	6,212.49	-
Nov-04	1,186.45	7,398.94	-	-	7,398.94	-
Nov-05	3,014.44	10,413.38	-	-	10,341.07	72.31
Nov-06	1,893.54	9,299.48	3,007.44	3,007.44	10,642.43	-1,342.95
Nov-07	2,045.10	9,135.76	2,208.82	5,216.26	10,194.43	-1,058.67
Nov-08	1,552.44	9,477.98	1,210.22	6,426.48	11,053.08	-1,575.10
Nov-09	875.64	8,842.85	1,510.77	7,937.25	9,591.08	-748.23
Nov-10	1,554.44	8,655.77	1,741.52	9,678.77	8,573.18	82.59
Nov-11	921.51	8,488.17	1,089.11	10,767.88	8,082.52	405.65
Nov-12	1,007.00	7,492.29	2,002.88	12,770.76	7,451.59	40.70
Nov-13	877.48	6,589.66	1,780.11	14,550.87	7,582.95	-993.29
Nov-14	709.08	6,391.10	907.64	15,458.51	6,905.99	-514.89
Nov-15	874.18	5,806.73	1,458.55	16,917.06	6,693.56	-886.83
Nov-16	1,275.45	6,098.74	983.44	17,900.50	6,560.74	-462.00
Nov-17	1,224.78	6,381.86	941.66	18,842.16	6,958.71	-576.85
Nov-18	1,875.55	7,120.33	1,137.08	19,979.24	7,474.41	-354.08
Nov-19	1,558.07	7,680.62	997.78	20,977.02	8,475.78	-795.16
Nov-20	789.11	7,572.18	897.55	21,874.57	8,758.40	-1,188.22
Nov-21	2,348.49	7,839.03	2,081.64	23,956.21	8,322.73	-483.70
Nov-22	1,254.55	8,196.03	897.55	24,853.76	8,795.67	-599.64
Nov-23	1,289.42	8,395.68	1,089.77	25,943.53	8,492.15	-96.47
Nov-24	1,521.25	8,538.82	1,378.11	27,321.64	8,992.46	-453.64
Nov-25	1,862.44	8,311.82	2,089.44	29,411.08	8,165.22	146.60
Nov-26	2,122.57	8,699.84	1,734.55	31,145.63	8,773.11	-73.27
Nov-27	1,057.55	8,670.30	1,087.09	32,232.72	9,606.26	-935.96
Nov-28	1,375.44	8,048.59	1,997.15	34,229.87	9,142.56	-1,093.97
Nov-29	2,014.66	8,026.06	2,037.19	36,267.06	8,655.56	-629.50
Nov-30	1,720.20	8,012.17	1,734.09	38,001.15	8,547.65	-535.48
TOTAL	46,013.32	8,012.17	38,001.15	38,001.15	8,547.65	535.48

TABLA 13 TABLA DE UN MES DE OPERACIÓN

CAPITULO V

CIERRE Y CLAUSURA DE LA OBRA

V.- CIERRE Y CLAUSURA DE LA OBRA.

Hay que señalar que el cierre de un relleno sanitario es una actividad separada del diseño y de la operación del mismo. Los rellenos sanitarios cerrados o en proceso de cierre, son un problema cuando existe impactos ambientales y visuales.

El plan es definir los pasos que hay que adoptar para cerrar el relleno sanitario y los elementos de mantenimiento post-cierre que se requieran, criterios y normativas actualmente en uso.

V.1. METODOLOGÍA DEL CIERRE.

Cuando un relleno sanitario ha completado su vida útil, debe de seguir funcionando eficazmente como una unidad para el control ambiental de los residuos, durante un Largo período de tiempo en el futuro. El plan de cierre y sellado debe contemplar todas las características del lugar e identificar las entidades responsables para implantar la clausura de la obra de ingeniería sanitaria.

En un plan de cierre y sellado convienen los siguientes puntos:

- Diseño de la capa de sellado.
- Sistemas de control del agua de lluvia.
- Control del biogás generado en el relleno sanitario.
- Control y tratamiento de los lixiviados.
- Sistemas de monitoreo ambiental.

Corresponderá a los operadores del relleno sanitario, sean estos municipales o privados la ejecución de las tareas y a los servicios de salud respectivos para ejercer las funciones fiscalizadoras correspondientes.

SISTEMAS DE CONTROL DEL AGUA DE LLUVIA.

El desalojo de las aguas superficiales, tiene como propósito evitar la infiltración al interior de la masa de residuos compactados, para evitar principalmente el aumento de lixiviados y gases.

Debe de haber un diseño de instalaciones de drenaje deberá de contemplar los aspectos siguientes:

que defina los principales aspectos para evitar la infiltración y erosión excesiva

CONTROL DEL BIOGÁS GENERADO EN EL RELLENO SANITARIO.

EL biogás se define como el producto de la descomposición biológica, física y química de la materia orgánica de los residuos confinados en un sitio de disposición final, evolucionando esta descomposición a través de la etapa aerobia y posteriormente en la anaerobia, en donde finalmente se presenta la producción de los principales componentes del biogás como el metano y el bióxido de carbono.

Es decir, cuando los residuos sólidos son depositados, compactados y cubiertos formando estratos, la materia orgánica continúa con su descomposición en un medio

aerobio, hasta que los microorganismos causantes de esta descomposición consumen el aire (aproximadamente el 80 % de nitrógeno y 20% de oxígeno) encontrado en dichos estratos, simplificando a la materia orgánica y produciendo bióxido de carbono y agua con liberación de energía.

Una vez que es consumido el aire, se inicia la etapa anaerobia, la cual es dividida en tres fases, la primera anaerobia no metanogénica; En ella se presenta una fermentación ácida de la materia orgánica convirtiéndose los azúcares, los aminoácidos, los pépticos, etc., en otros compuestos como los ácidos acético y propiónico con producción de bióxido de carbono, trazas de nitrógeno e hidrógeno.

En seguida la fase metanogénica inestable donde dichos ácidos son transformados a metano y bióxido de carbono por microorganismos anaerobios llamados metanogénicos, desprendiendo además trazas de ácido sulfhídrico y nitrógeno (en esta fase la producción de metano es ascendente pero aún no estable); llegando a estabilizarse después de un tiempo variable (30 meses aproximadamente) en donde el porcentaje del bióxido de carbono y metano pueden alcanzar aproximadamente el 50% cada uno; una producción se mantiene por un tiempo aún no definido aunque se cree que es de 5 a 10 años aproximadamente.

Los componentes del biogás de acuerdo a análisis de cromatografía, se ha encontrado que los predominantes son el metano y el bióxido de carbono, detectándose trazas de ácido sulfhídrico, nitrógeno, hidrógeno, mercaptanos, aminas y otros gases producto de la digestión anaeróbica como el etano, propano, etc.

La generación y composición del biogás dependen de factores como:

El tipo de desechos confinados en relación con su grado de descomposición, es decir, si son de fácil, moderada o lenta degradabilidad.

El tiempo de retención de los residuos sólidos confinados para que se presente la fase anaeróbica que da lugar a la producción de biogás.

La materia orgánica debe de tener una humedad del 60% al 80% de su peso.

La temperatura de los residuos sólidos orgánicos deben estar en un rango de 30 a 60° C para que haya una buena producción de dicho energético.

La calidad y cantidad de nutrientes de la materia orgánica, es decir, los materiales ricos en celulosa y hemicelulosa con suficiente sustancia proteínica para los microorganismos productores de biogás

El pH de los líquidos percolados que se considera aceptable debe de oscilar en un rango de 6.7 a 7.5, si éste se pierde, la producción de biogás se inhibe por tornarse el medio demasiado ácido.

El grado de compactación del material de cobertura de los residuos sólidos es importante en la aceleración del proceso de biodegradabilidad, al impedir o favorecer el paso de aire hacia los estratos; propiciando que predomine cualquiera de las dos fases (aerobia o anaerobia).

La producción del biogás también depende de las sustancias inhibitorias como el cloroformo, o acelerantes como los lodos orgánicos.

El biogás por sus propiedades es un recurso energético potencialmente aprovechable, aunque también es un contaminante del medio natural.

La red de conducción del biogás es parte de la estructura requerida para el manejo del biogás, la cual puede tenderse subterránea o superficial

La red subterránea consiste en colocar la tubería en una zanja de 0.60 m. de profundidad con la ventaja de disminuir el riesgo de ser dañada por acciones de vandalismo, no obstante dificulta su mantenimiento.

La red superficial consiste en colocar sobre el nivel de terreno natural la instalación y tiene la ventaja de facilitar su mantenimiento y la localización de fugas; sin embargo, obstruye la superficie, limitando e impidiendo su uso como zona de esparcimiento social. como lo es el caso del Relleno Sanitario "Prados de la Montaña" ubicado en Santa Fe.

En cuanto a Alternativas para el aprovechamiento del biogás como recurso energético se mencionan las siguientes:

Como combustible para uso doméstico y de vehículos.

En la generación de energía eléctrica.

La producción de metano

En su uso como combustible doméstico y para vehículos se requiere de pozos de extracción activa, red de captación, unidad de pre-tratamiento y equipo de transporte (soplador y línea de conducción).

Para la generación de electricidad se necesitan pozos de extracción, red de captación, unidades de pre-tratamiento (remoción de condensados y eliminación de ácido sulfhídrico).

En las cuatro etapas del Relleno Sanitario "Bordo Poniente" se Han realizado

	I ETAPA	II ETAPA	III ETAPA	IV ETAPA
No DE POZOS	26	100	185	154

TABLA 14 POZOS DE BIOGÁS EN BORDO PONIENTE

CONTROL Y TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS.

EL relleno sanitario es una técnica adecuada para la disposición final de los residuos sólidos y presenta muchas ventajas, trae como consecuencia la formación de lixiviados que son básicamente el resultado de la infiltración del agua de lluvia a través de los residuos o efluentes líquidos que se generan por la propia dinámica de descomposición del residuo, la cual extrae, disuelve o suspende sustancias y materiales de dichos residuos que le confieren un grado considerable de contaminación.

Cualquier infiltración del lixiviado, implica riesgo por la alta tasa orgánica y la compleja composición de este líquido. Se recomienda algunas alternativas para minimizar el movimiento del lixiviado hacia las aguas subterráneas:

Programa de generación de lixiviados que incluya diseño de la cobertura final, tipo de residuos a confinar y la precipitación pluvial.

Impermeabilización con geomembrana (HDPE de 40 milésimas)

una capa de sellado adecuada

Redes de recolección de lixiviado

El relleno sanitario Bordo Poniente, fue propuesto originalmente sin captación y tratamiento de lixiviados, por considerarse que las bajísimas permeabilidades del suelo y las características del agua freática en la zona no demandaban estos tipos de control estos fluyen lateralmente en los terraplenes formados por los residuos y crean condiciones antiestéticas y de grave riesgo de afectación al suelo, subsuelo y ala salud pública.

Por esto se desarrollaron diversas obras de captación y especialmente la construcción de la planta de tratamiento de lixiviados. La planta esta diseñada para tratar un caudal de tres litros por segundo de lixiviado. El tratamiento se efectúa en dos módulos de 1.5 lps cada uno mediante un proceso exclusivamente fisicoquímico

SISTEMAS DE MONITOREO AMBIENTAL.

Estos deben de ser implantados en todas las fases del relleno sanitario para llevar el control del sitio y este sea lo menos afectante al ambiente y sobre todo a la salud pública para que con ello se pueda disponer de los residuos sólidos municipales en lugares cada vez más seguros y no provocar que el remedio sea peor que el mismo mal.

V.2 IMPERMEABILIZACION CON PERMAZYME

En los últimos años Se han implementado diferentes acciones para la clausura de los diferentes Sitios de Disposición Final, los cuales por su uso llegaron al final de su vida útil.

Para ello y debido a las grandes extensiones de las celdas del relleno sanitario Bordo Poniente, las cuales provocan que en época de lluvia se capten grandes cantidades de agua que al percolarse o filtrarse entre las capas de residuos sólidos, se generen volúmenes considerables de lixiviados que pueden contaminar los mantos acuíferos; por otro lado, en época de estiaje, se generan grandes tolvánas que ponen en peligro la salud de la población principalmente de aquellos habitantes de las zonas cercanas al sitio.

Por lo antes mencionado es de vital importancia llevar a cabo la impermeabilización de la capa de cobertura con tepetate, arcilla y enzimas (producto orgánico multienzimático.) como se muestra en la Fig. siguiente:

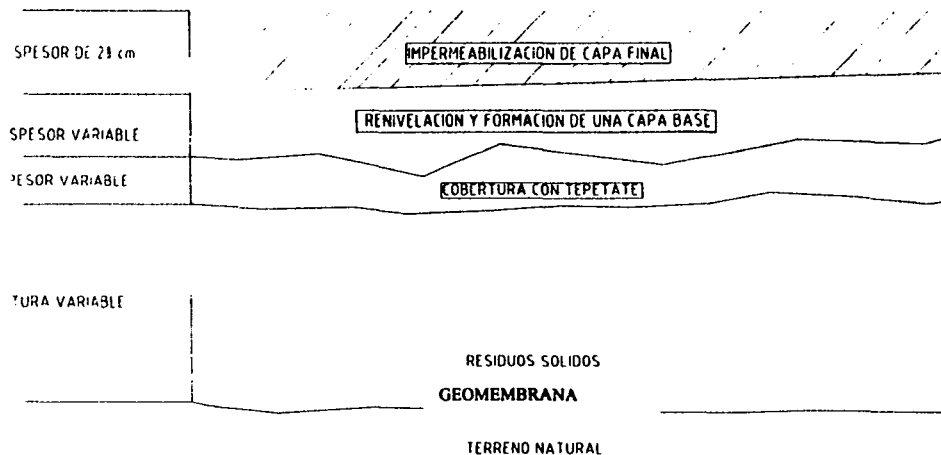


FIG 17 DETALLE DE LA COLOCACIÓN DEL PERMA-ZYME

La topografía representa un papel muy importante en la ejecución de estos trabajos:

- En el proyecto:** levantamiento topográfico para el proyecto ejecutivo de la obra por realizar. En dicho levantamiento a detalle con el fin de conocer las áreas por impermeabilizar, los volúmenes de obra y así poder conocer el monto del costo de dichos trabajos.
- Ejecución de la obra:** el contratista ejecutara los trabajos de acuerdo a los alcances y objetivos del proyecto y para su correcta realización debe de contar con una brigada de topografía. Como se realizan renivelación y trabajos correspondientes a seccionamiento de melgas y tramos para la cuantificación y posterior cobro de los trabajos ejecutados.
- En la supervisión:** la verificación y supervisión correcta de los trabajos planteados en el proyecto y los ejecutados por la constructora. Esta también debe de contar con una brigada de topografía

V.3 CUBIERTA FINAL

El diseño de la cobertura final debe satisfacer dos funciones principales sobre la superficie de un relleno sanitario, después que este ha finalizado su etapa de explotación:

- Asegurar la integridad en la clausura a largo plazo del relleno sanitario
- Soportar los posibles usos posteriores que se dé al área

Parámetros de diseño típicos para la capa de sellado incluyen.

- Configuración del relieve
- Permeabilidad final
- Pendiente superficial
- Medidas correctoras ante asentamientos en el vertedero
- Estabilidad de taludes

Todos estos parámetros solo pueden ser conocidos mediante estudios topográficos específicos y de ahí obtener la solución constructiva que se apliquen para sellar el relleno sanitario.

El sistema mínimo de cobertura final para el sellado de acuerdo a diversas experiencias, tiende a cubrir las mínimas necesidades dentro de un nivel de costos que permitan su viabilidad para la realidad de nuestro país.

Este sistema consiste en la colocación de una capa de sello con un espesor mínimo de 60 cm. con características de limo arcilloso (tepetate) y una capa de tierra vegetal de 20 cm.

Se puede evaluar anticipadamente la cobertura de un relleno, sometiendo al diseño final a un análisis ingeniería que incluya los asentamientos del relleno sanitario, la estabilidad de taludes y la capacidad de soporte del relleno.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de una capa de sellado apegándose a la normatividad vigente.

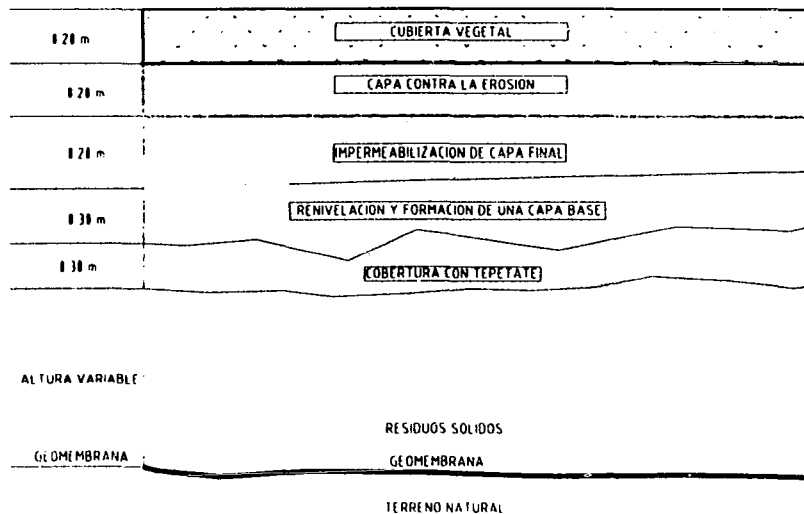


FIG.18 SECCION DE CAPA DE SELLO PROPUESTO EN ESTA TESIS.

V.4 CONTROLES POSTERIORES AL CIERRE DEL SITIO.

En este caso se proponen una serie de sugerencias que deben de estar dentro de un marco técnico-legal y aprobado por autoridades competentes:

- 1) Control del biogás generado en el relleno.
- 2) Sistemas de monitoreo del lixiviado
- 3) Instrumentación del sitio
- 4) Metodología del comportamiento deformacional del relleno sanitario.
- 5) Mantenimiento general de la infraestructura existente en el sitio.

Todos estos encaminados para evitar los riesgos sanitarios y ambientales que se podrían producir en el relleno sanitario después de su clausura se tiene que tener una bitácora de obra donde se registrará todo lo relacionado al sitio después de su clausura.

- 1) Realizar mediciones y trabajos de mantenimiento a los pozos de biogás mediante inspecciones regulares y periódicas El propósito de estas mediciones es comprobar que los niveles de producción de biogás se mantengan bajos y que no exista migración o malos olores. Estas inspecciones se recomienda que sean mensuales en sitios con menos de 5 años después de la clausura y trimestrales en rellenos con 5 a 10 años y anuales entre los 10 y 30 años de clausurada la obra.
- 2) No se puede asegurar que se vayan a producir migraciones hacia la superficie o percolación hacia los niveles inferiores del terreno del lixiviado por lo que es conveniente realizar controles periódicos de los pozos o registros donde se capte el lixiviado y su ubicación esta en función de los pozos para monitoreo de la topografía y el espesor de la masa de residuos sólidos. Es conveniente considerar puntos de muestreo a lo menos cada 200 metros, de el punto más bajo del relleno la periodicidad de estas muestras es la misma que para el biogás.
- 3) la instrumentación consiste en colocar diversos instrumento que permitan conocer el comportamiento del relleno después de su clausura y los que se recomiendan son los siguientes:
 - piezómetros
 - bancos de nivel profundos
 - inclinómetros
- 4) Se deberán realizar, mediciones altimétricas y planimétricas periódicas del terreno, esto nos permitirá controlar el comportamiento del relleno, y realizar las acciones correctoras cada vez que sea necesario, para que las aguas de lluvias siempre hacia fuera del relleno y alejadas de los pozos de biogás.

Teniendo un registro de la información sobre asentamientos, esto se realiza colocando mojoneras o bancos de nivel en la superficie y periferia del relleno y realizando nivelaciones periódicas cabe mencionar que los asentamientos más representativos se registran en los primeros meses después de la clausura del relleno sanitario. Por ello se recomienda efectuar controles mensuales hasta el

segundo año de clausura, trimestrales hasta los 5 años, semestrales hasta los 10 años de edad y anuales hasta su estabilización total

- 5) Se debe contar con programa de mantenimiento para evitar posibles problemas como incendios, migración de hacia el exterior del relleno sanitario, inundaciones, erosión de la capa de sellado superficial y agrietamiento deterioro de la infraestructura existente.

Como todo se encuentra expuesto a los agentes naturales es necesario contar con el mencionado programa de mantenimiento

Los controles posteriores al cierre deberán ser de cumplimiento obligatorio por parte del responsable del cierre y sellado del relleno sanitario, cuando lo establezca el ente fiscalizador apoyado en normas específicas. Por tanto, se deberá contar con una reglamentación específica para el cierre y sellado del relleno sanitario.

V.5. REUTILIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO.

Cuando ya concluyen los procesos biológicos naturales que producen los residuos sólidos, el relleno sanitario estabiliza y el espacio que ocupa puede usarse para otros fines comunitarios.

Los Terrenos recuperados con las operaciones de vertido de residuos sólidos, pueden ofrecer valiosas ventajas a la ciudad, ya que se pueden dedicar a usos recreacionales como, parques, campos de deportes; Usos comerciales como estacionamientos de vehículos, el emplazamiento de edificios industriales y comerciales; o usos agrícolas.

Si en los estudios preliminares y en el proyecto se decide cual será la utilización posterior del emplazamiento, se puede planificar el método de operación y el grado de compactación de los residuos sólidos, de acuerdo con las necesidades de la alternativa de reutilización elegida.

A continuación se presentan algunos criterios adoptados en trabajos de recuperación,

USOS RECREACIONALES.

Entre los usos más populares que se da a los emplazamientos de rellenos sanitarios, después que se ha cumplido su vida útil, están los parques recreativos y los campos de deportes.

Como lo son en nuestra ciudad la Alameda Poniente, la Alameda Oriente y el parque Cuiclahuac.

En caso del relleno sanitario Bordo poniente uso futuro del sitio. Como parte del compromiso que el DDF adquirió con la Comisión del Lago de Texcoco, y de acuerdo con el Plan de Uso de Suelo en el sitio y dadas las características de inestabilidad de los estratos de residuos por efecto de la biodegradación de la materia orgánica y de la geohidrología particular de Bordo Poniente.

El uso futuro en las áreas clausuradas será el de áreas pastizadas. Dichas áreas deberán adecuarse para colocar una cubierta vegetal apropiada a las condiciones del

suelo. El uso propuesto es uno de los mas apropiados dadas las características particulares de la zona, porque integran perfectamente al plan lago de Texcoco; asimismo, las actividades a realizar en el sitio serán de gran utilidad para la investigación agrícola desarrollada por la Comisión del Ex-lago de Texcoco.

Para ello la DGSU cuenta con un área operativa de reforestación la cual a realizado las siguientes acciones:

- Área recreativa en la zona denominada GAM
- Creación de un vivero que suministra planta al sitio
- Una planta de composta
- Siembra de pasto en toda la corona y taludes de la tercera etapa
- en proyecto un sistema de riego en GAM con una planta de tratamiento de agua.
- en total ha reforestado 219 Ha en todo el sitio

USOS COMERCIALES.

La alternativa de dar un destino comercial a los rellenos sanitarios, se puede considerar como una de las utilizadas sobre todo en países desarrollados donde antiguas zonas del relleno han quedado inmersas dentro de la mancha urbana.

Dependiendo del tipo de estructura que se quiera emplazar sobre el relleno, las soluciones que se han empleado son:

- La cimentación profunda mediante pilotes
- La disposición de una capa de sellado superficial, de suelo de buena calidad, debidamente compactado y sobre la cual se emplaza la estructura.

Entre las estructuras de uso comercial que se han empleado sobre antiguos rellenos se puede mencionar:

- Estacionamientos
- vías de comunicación

En estos casos el grado de asentamiento que se puede alcanzar, es un parámetro que toma gran importancia en comparación con las otras alternativas.

USOS AGRÍCOLAS.

Dentro de las alternativas de utilización de los rellenos sanitarios, una vez finalizados, se encuentra la vegetación tanto arbórea como arbustivo en aquellos sectores no urbanos.

Con las operaciones de cierre y sellado del relleno sanitario y reutilización, además de un monitoreo temporal de los parámetros más significativos.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

Durante el desarrollo de este trabajo se puede observar la importancia que tiene la ingeniería topografía, que se aplica un sitio de disposición final de residuos sólidos. Durante las fases de proyecto, construcción, operación, mantenimiento cierre y clausura de este tipo de obras de ingeniería sanitaria, y los comentarios siguientes son a título personal de la manera como un ingeniero topógrafo y Geodesta ve la situación del manejo de los residuos sólidos en nuestra ciudad.

El país ha tenido grandes cambios tanto políticos, sociales y económicos en los últimos años por lo tanto este desarrollo se manifiesta en cambios por lo tanto La modernización integral del servicio de limpia en nuestra metrópoli es impostergable, y la participación de la sociedad, ineludible; la voluntad de los gobernantes y autoridades se debe de manifestar en soluciones de cambio a fondo, ante una sociedad cada vez mas demandante y conciente.

Es un compromiso con el presente y la mejor inversión para el futuro: las acciones de los gobernantes deben de responder ya a las esperanzas de quienes confiaron en ellos las sugerencias y propuestas expresadas en este capítulo no son utopías, reflejan la exigencia de cambio y actualización en la visión de nuestros agentes de transformación y se identifican con el pensamiento y las corrientes democratizadoras de este pasado siglos.

La ingeniería topográfica toma gran relevancia en las decisiones que se implementen en la vida del relleno sanitario y así poder mitigar los efectos de contaminación al ambiente y sobre todo a la salud pública.

La participación del ingeniero Topógrafo y Geodesta dentro de un relleno sanitario es amplia, fundamental y muy activa, puesto que en todo tipo de acción en cualquier fase del relleno requiere de estudios en campo y gabinete de tal manera que el informe o planos que entrega el ingeniero será la base para obtener los elementos necesarios en la solución respectiva, pues este profesionista tiene los conocimientos necesarios, adquiridos en su preparación académica, para elegir el método topográfico adecuado para la mejor solución de un trabajo determinado.

Sin embargo, debido a que las soluciones se dan sobre la marcha, y no se cuenta con una programación de las actividades y acciones que se tomarán en un corto y mediano y largo plazo por lo que se han tomado decisiones que no han sido las mejores, que tendrán repercusiones al ambiente a mediano plazo.

Por lo tanto es necesario cerrar filas y haciendo un solo frente, tomar las pausas necesarias, para seguir incurriendo en esfuerzos vanos que nos desvíen de nuestros objetivos, por ello es necesario buscar mecanismos y soluciones que nos encaminen a resolver los problemas adecuadamente, coadyuvando al mejoramiento de las condiciones dentro de un marco de desarrollo sustentable.

Los residuos sólidos son un problema mundial y en México es un problema de educación y de conciencia ambiental ya que existen una serie de mitos acerca del manejo de la "basura"

- a) que la basura es oro
- b) la separación domiciliaria como fuente de ingreso
- c) toda la basura es reciclable
- d) las plantas de composta
- e) el abuso de información

que a tomado importancia en los últimos años pues se ha vuelto un peligro para el ambiente y la salud humana por lo que será necesario investigar y tomar medidas correctoras teniendo en cuenta que el problema no reside en los sitios de disposición final, si no que, este proviene desde la generación, recolección, transferencia y transporte.

Finalmente, es importante mencionar, que no existe el sitio que no sea por si solo vulnerable a los efectos de una obra de las características del Relleno Sanitario, sin embargo con la implementación de materiales, técnicas, equipos y la ingeniería necesaria para una adecuada instrumentación y operación estos sitios pueden minimizar el riesgo de alteración al medio: Además la prestación de servicio que este tipo de obra brinda es imprescindible en la Ciudad de México, donde diariamente se generan 20,000 Ton/día de residuos sólidos municipales a los que se les debe de brindar una disposición final adecuada para evitar la proliferación de tiraderos clandestinos y las alteraciones mayúsculas al medio que ello implica.

RECOMENDACIONES.

El objetivo central al que pretende apuntar el presente trabajo es la modificación y mejoramiento del sistema actual del manejo de la topografía y esto implica la necesaria formalización sistemática de los aspectos "informales", "subterráneos", "alternos", o simplemente costumbristas que se han generado con el tiempo y son la cara mas deforme del problema.

Esto implica un cuidadoso análisis de las relaciones sociales, económicas y políticas que existen en cada uno de las fases de la cadena de eliminación y de los grupos que participan en dicho proceso: Por ejemplo, medir el peso real (económico, social y político) del sindicato de trabajadores de limpia; Cuantificar los volúmenes de los productos reciclables y su impacto económico en el empleo; Exhibir públicamente las practicas y costumbres nocivas que existen en el manejo actual de los desechos; mostrar a la ciudadanía el nivel de inconsciencia y malos hábitos ciudadanos que existen sobre la basura, etcétera.

Para que esto se lleve a cabo presentare 5 aspectos :

- 1.) En el ámbito ciudadano: que es la principal fuente de generación de desechos, se debe impulsar un cambio de hábitos, costumbres y toma de conciencia a través de campañas educativas que, sin duda, pueden llegar a modificar el estado actual de las cosas en forma radical.
- 2.) Al nivel de la industria: que produce mercancías, que recicla materiales, que

genera desechos tóxicos y que requiere de un intenso programa de verificación industrial (pagado por la misma industria) a fin de tener una radiografía normativa clara y permanente de su situación operativa.

3.) En el ámbito de reciclamiento: fortalecer un sistema de centros de acopio que no solo garanticen el empleo de los trabajadores (recolectores o pepenadores), sino que mejoren sus condiciones de vida mediante el trabajo colectivo en cooperativas de producción, que modernicen los procesos y eliminen gradualmente la explotación que produce la dominación patrimonial de estos grupos.

4.) a nivel institucional: promover un amplio programa de fortalecimiento Institucional a nivel federal y municipal que profile las normas, leyes y reglamentos en una perspectiva nacional de largo alcance.

5.) a nivel técnico y de recursos: prever la infraestructura necesaria a largo plazo, con planes intermunicipales e interestatales que racionalicen el uso de los equipos, las concesiones, la capacitación del personal, la unificación de conceptos y criterios que permitan un verdadero control de los procesos y un uso eficaz de los recursos.

En el manejo de la basura, lo social tiene el peso decisivo. Y aunque la relación basura - sociedad es anormal aun así actualmente funciona. Estas conclusiones y propuestas no son absolutas. Son solo algunas pistas para conocer lo bien que se puede entender un cambio en la forma de organización de una sociedad si se revisa su basura.

Bibliografía

Ricardo Toscano
Métodos topográficos
Porrúa S.A. México. 1963.

Sabro Higashida Miyabara Ing.
Topografía General México 1972.

Salazar Torres Alfredo Ing.
Temario Problemario y sus soluciones de Topografía
Ed. Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Acatlán UNAM 1987.

Ana Lilia Alvarez Lona, Rogelio López López
El servicio de limpia de la ciudad de México
Comité editorial del gobierno del Distrito Federal 1999.

Ing. Gerardo Cruickshank García
Proyecto Lago de Texcoco
Rescate Hidrológico
CNA DGSU, 1998

George Tchobanoglous
solid wastes
Mc. Graw Hill Book Company. New York, 1972

Referencias

Primer Curso Internacional por Internet en
Manejo Local de Residuos Domiciliarios e impacto Ambiental
FAC. DE INGENIERÍA DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA-ILPES-CEPAL
NACIONES UNIDAS

Curso internacional sobre diseño y disposición final de residuos sólidos (rellenos
Sanitarios)
Asociación Mexicana para el control de los residuos sólidos y peligrosos, A.C.
(AMCRESPEC)
FAC. DE INGENIERÍA DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

Estudio de impacto ambiental del sistema integral de manejo de desechos sólidos,
Bordo Poniente
ABC estudios y proyectos S.A. de C.V.

Manual de eliminación de basuras
CATERPILLAR, 1998

Tesis de licenciatura "control Ambiental del Relleno Sanitario de Nuevo Laredo
Tamaulipas"
Reynaldo Cruz Rivera
Ciudad Universitaria, México, D.F. 1999

Tesis de licenciatura "proyecto ejecutivo del relleno sanitario tierras prietas
Chilpancingo Gro
Herminio Cordero Hernández
IPN, ESIA México, D.F. 1991

"

Tesis de licenciatura "Generación de residuos sólidos en la ciudad de Ensenada Baja
California Norte"
Roberto Boscó Romero
IPN, ESIA México, D.F. 1980

Plano : Levantamiento topográfico "actualización de la infraestructura de la I; II y III
etapas del Relleno Sanitario Bordo Poniente"
TGC Ingeniería, S.A. de C.V. - 1998

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AGUAS DE ESCORRENTIA O ESCURRIMIENTO

Agua que no penetra en el suelo, o lo hace lentamente y corre sobre la superficie del terreno después de una lluvia.

AEROBIO

Relativo a la vida o a procesos que pueden ocurrir únicamente en presencia de oxígeno.

ANAEROBIO

Una condición en la cual no existe oxígeno libre. Requerimiento de ausencia de aire o de oxígeno para la degradación.

ASEO URBANO

Conjunto de actividades y procesos que competen al gobierno: transferencia, transporte, barrido y limpieza de vías y áreas públicas, recuperaciones y centros de acopio de los residuos sólidos municipales. Sinónimo de limpieza pública.

BIOGÁS

Mezcla de gases producidos por la descomposición anaerobia de los residuos orgánicos, compuesta principalmente de metano y dióxido de carbono.

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

CONCESIÓN

Otorgamiento oficial, gubernamental o municipal, a favor de individuos o empresas para el manejo parcial o total de los servicios de aseo urbano.

CONTENEDOR

Recipiente de capacidad variable empleado para el almacenamiento de residuos

DENSIDAD DE LA BASURA

(Peso volumétrico) es la relación entre el peso y el volumen ocupado. La basura tiene una densidad, dependiendo del estado de compresión. Como referencia puede ser adoptada los siguientes valores:

Dr	= 150-300 kg/m ³ densidad en recipiente de basura.
Dv	= 250-500 kg/m ³ densidad en vehículo recolector.
Drsm	= 400 - 600 kg/m ³ densidad en relleno sanitario manual.

DISPOSICION FINAL

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

LIXIVIADO

El lixiviado es el líquido que percolado a través de los residuos Sólidos, acarrea materiales disueltos o suspendidos.

MATERIAL DE COBERTURA

Material utilizado para cubrir los residuos depositados en el relleno con la finalidad de evitar malos olores, aparición de vectores sanitarios (moscas, ratas, etc.) o dispersión de papeles y sobre todo la infiltración de agua en los residuos

PERMEABILIDAD

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

PRECIPITACIÓN

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

RECICLAJE

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

RECUPERACION

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

SANEAMIENTO

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

TRATAMIENTO

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

VECTORES

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

VIDA UTIL

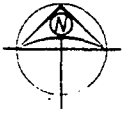
Es el período de tiempo en que el relleno sanitario estará apto para recibir basura continuamente. El volumen disponible por rellenar, es el que habrá entre la superficie original del terreno, después de su preparación para empezar a recibir basura, y la superficie final de proyecto.

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

ALCÁNTARA HERNÁNDEZ HUGO.

PLANOS



RELLENO SANITARIO BORDO PONIENTE I ETAPA

Y= 2184800

ZONA URBANA

Y= 2184800

CUERPO DE AGUA

Y= 2184800

SALIDA AL PUEBLO

Y= 2184800

ZONA DE
REFORESTACION

Y= 2184800

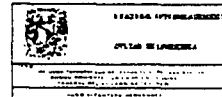
Y= 2183800

LAGUNA DE
REGULARIZACION HORARIA

II ETAPA

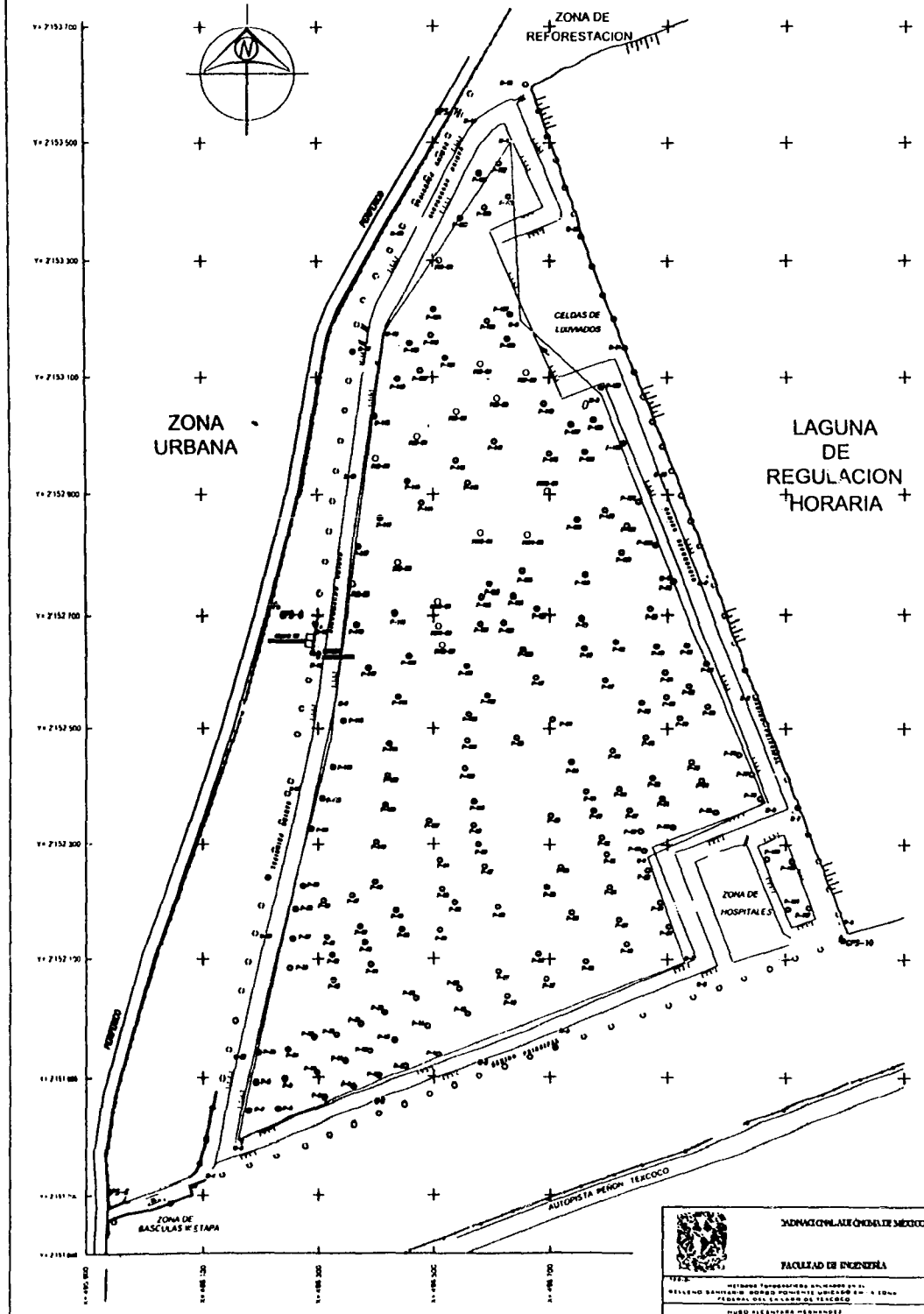
COMPUERTAS

ZONA FEDERAL DEL
EX-LAGO DE TEXCOCO



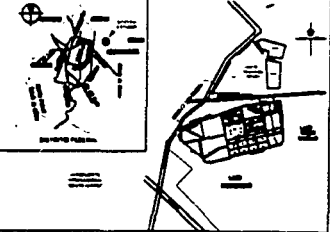
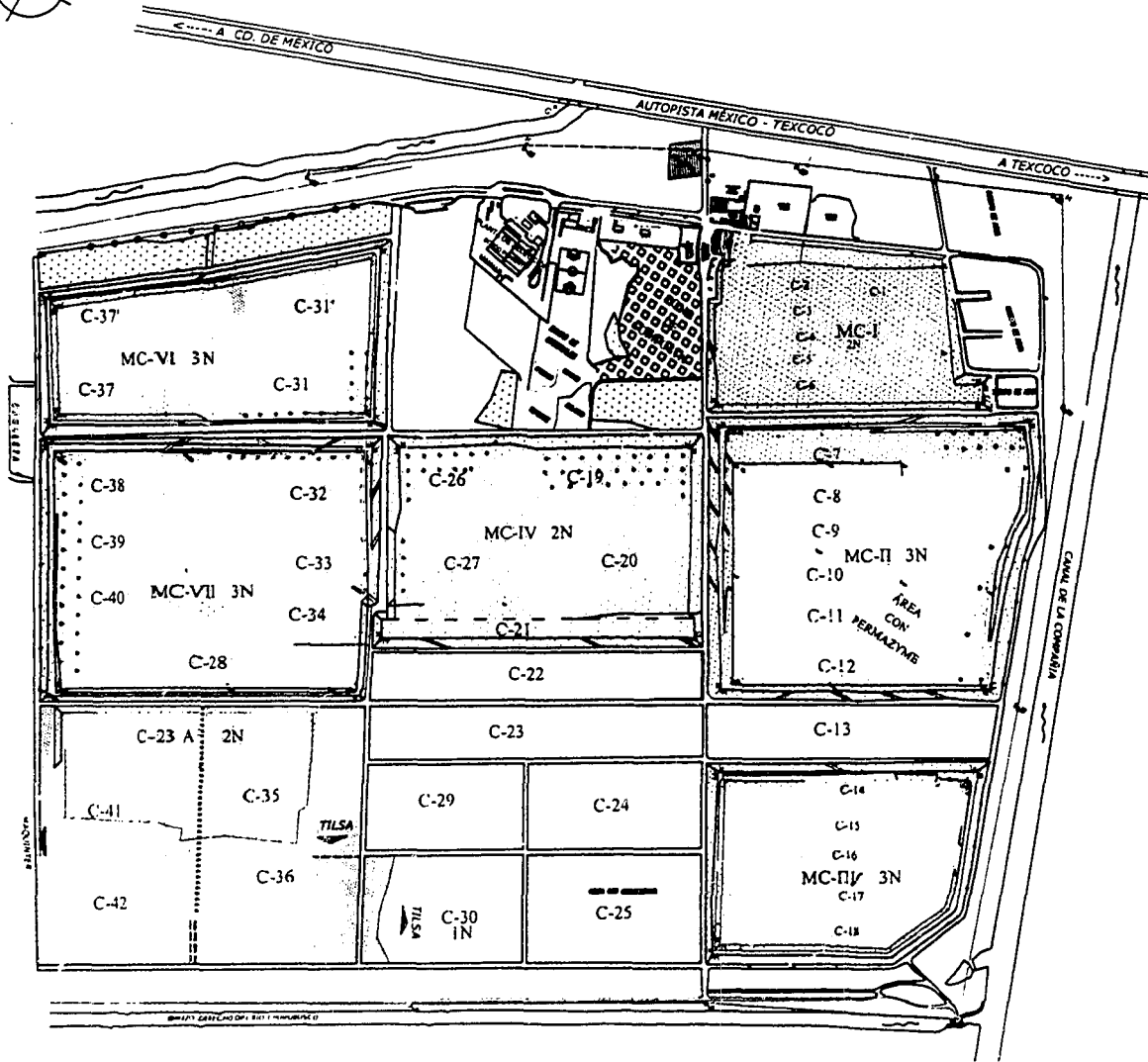
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

RELLENO SANITARIO BORDO PONIENTE III ETAPA



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

" BORDO PONIENTE IV ETAPA "



CROQUIS DE LOCALIZACION

SIMBOLOGIA

AREA DESCUBERTA	
AREA CUBIERTA	
ZONA DE COMPOSTA	
AREA SANEADA	
AREA CON GEOMEMBANA	
AREA CON TIERRA	
LIMITE DE MACROCELDA	
NIVEL DE OPERACION	
CELDA TERMINADA	
CELDA SIN OPERAR	
NUMERO DE CELDA	
CAMINO SECUNDARIO	
CAMINO SIN CONSTRUIR	
FRENTE DE OPERACION	
POZO DE BODAS (104)	
REGISTRO DE CAPTACION DE LIXIVADO	
VERTICE DE POLIGONAL	
VERTICE DE PARTIDA	

**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**

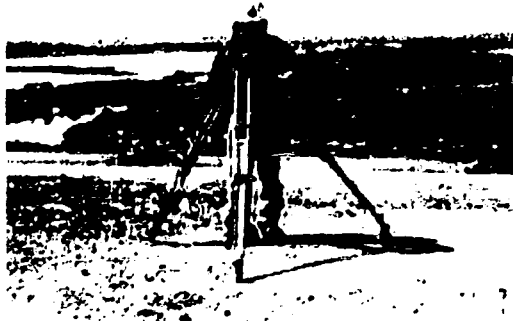


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

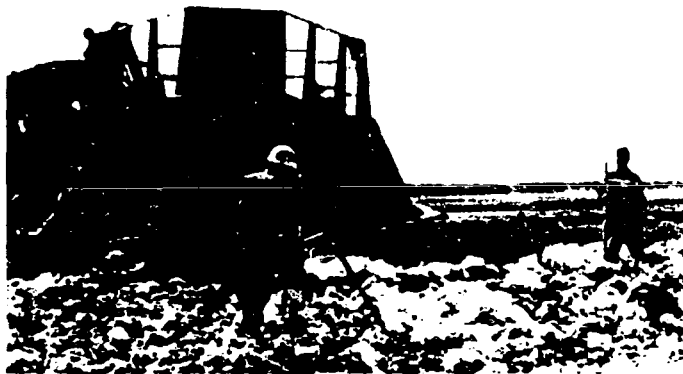
FACULTAD DE INGENIERIA

INSTITUTO TECNOLÓGICO AUTÓNOMO DE CALDERÓN
CARRERAS DE INGENIERIA EN CALDERÓN
CARRERAS DE INGENIERIA EN CALDERÓN
CARRERAS DE INGENIERIA EN CALDERÓN

ANEXO FOTOGRAFICO



1 Realizando un levantamiento Topográfico

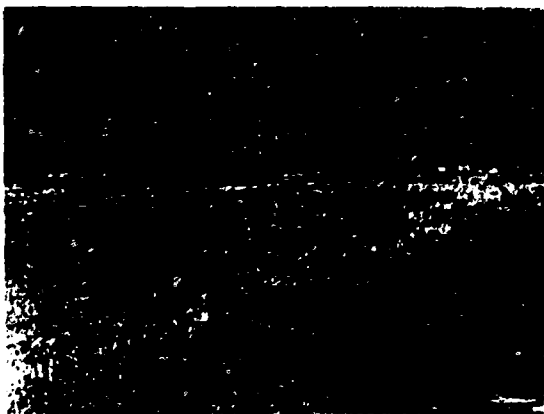


2 nivelación en segundo nivel



3 Colocacion de geomembrana

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



4 corona en tercer nivel ya reforestada



5 Vista de área recreacional



6 Construcción de un camino.

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN