

MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL  
MODALIDAD GENERAL

PROYECTO:

RELLENO SANITARIO  
METROPOLITANO PONIENTE

## I. DATOS GENERALES

1. Nombre del proyecto.
2. Nombre, domicilio y teléfono del responsable del proyecto.
3. Nombre, domicilio y teléfono del promovente.
4. Nacionalidad de la empresa u organismo.
5. Actividad principal de la empresa.
6. Domicilio para oír y recibir notificaciones.
7. Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, indicando:
8. Nombre de los participantes en la elaboración de la guía, indicando:
9. Nombre de la zona, el predio y/o identificación local del mismo.

## I. DESCRIPCION DE LA OBRA O ACTIVIDAD

### 1. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

- 1.1 Objetivo del proyecto
- 1.2 Justificación del proyecto

### 2. SELECCIÓN DEL SITIO

- 2.1 Selección del sitio. Anexar plano de localización del predio, indicando las coordenadas en las que se sitúa.
- 2.2 Especificaciones de restricciones de conformidad a la NOM-083-ECOL-1995.
- 2.3 Criterios de la selección del sitio. Mencionar los estudios realizados para la selección.
- 2.4 Superficie requerida (Ha, m<sup>2</sup>).
- 2.5 Uso actual del suelo en el predio. Mencionar el tipo de actividad que se desarrolla.
- 2.6 Colindancias del predio. Mencionar la orientación de cada predio, indicando el uso actual de cada uno.
- 2.7 Situación legal del predio. Compra, venta, concesión, expropiación, otro. (incluir documentación comprobatoria).

### **3. PREPARACION DEL SITIO Y CONSTRUCCION**

#### 3.1 Diseño.

#### 3.2 Estudios y análisis previos.

- Estudio topográfico.
- Planimetría.
- Altimetría.
- Memoria de cálculo.
- Trazo de caminos.
- Estudio geotécnico.

#### 3.3 Diseño específico del relleno sanitario.

- Selección del método de operación.
- Requerimientos volumétricos del sitio.
- Cálculo de capacidad volumétrica del sitio.
- Dimensiones de las celdas.
- Material de cubierta.
- Calendarización de llenado de celdas.

#### 3.4 Cálculo de la vida útil del sitio.

#### 3.5 Sistema de impermeabilización.

#### 3.6 Diseño de las obras de control.

- Sistemas de captación, extracción y monitoreo de lixiviados.
- Sistema de extracción de biogas.
- Sistema de monitoreo de mantos acuíferos.
- Sistema de monitoreo de biogas.

#### 3.7 Diseño de obras complementarias.

- Area de acceso y espera.
- Cerca perimetral.
- Caseta de vigilancia.
- Caseta de pesaje y báscula.
- Caminos permanentes.
- Area de emergencia.
- Drenajes perimetrales e interiores.
- Instalaciones de energía eléctrica.
- Señalamientos.
- Zona de amortiguamiento.
- Zona de almacenes y bodegas.
- Suministro de agua potable.
- Area administrativa.
- Servicios sanitarios y vestidores.

Maquinaria y equipo.

#### **4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

- 4.1 Mano de obra requerida.
- 4.2 Descripción de la operación.
- 4.3 Tiempo de operación.
- 4.4 Generación de residuos sólidos.
- 4.5 Programa de mantenimiento.
- 4.6 Calendario de actividades.

#### **5. ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO**

- 5.1 Conformación final.
- 5.2 Estabilización de taludes.
- 5.3 Mantenimiento.
- 5.4 Monitoreo y control de contaminantes.

## **II. ASPECTOS GENERALES DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO.**

### **MEDIO NATURAL**

#### **RASGOS FISICOS**

##### **1. Climatología.**

###### **1.1 Tipo de clima.**

Considerar la clasificación de Köpen, modificada por E. García.

###### **1.2 Temperaturas promedio.**

###### **1.3 Precipitación promedio anual (mm).**

###### **1.4 Intemperismos severos.**

Indicar frecuencias de intemperismos. vr. gr. huracanes, heladas, granizadas o algún otro.

###### **1.5 Calidad del aire.**

##### **2. Geomorfología general.**

###### **2.1 Descripción breve de las características del relieve.**

###### **2.2 Susceptibilidad de la zona a:**

Sismicidad.

Deslizamientos.

Derrumbes.  
Otros movimientos de tierra o roca.  
Posible actividad volcánica.

3. Suelos.

3.1 Tipos de suelos presentes en el área y zonas aledañas.

3.2 Composición del suelo (clasificación FAO).

3.3 Capacidad de saturación.

4. Hidrología (rango de 10 a 15 km.)

4.1 Principales ríos o arroyos cercanos:

Permanentes o intermitentes.  
Estimación del volumen de escorrentía por unidad de tiempo.  
Actividad para lo que son aprovechados.  
Indicar si reciben algún tipo de residuo.

4.2 Embalses y cuerpos de agua cercanos (lagos, presas, etc.)

Localización y distancia al predio.

4.3 Drenaje subterráneo.

Profundidad y dirección.  
Usos principales (agua, riego, etc.)  
Cercanía del proyecto a pozos.  
En caso de extracción, consultar si el agua está siendo explotada, subexplotada, etc.

## **RASGOS BIOLÓGICOS**

1. Vegetación.

- 1.1 Tipo de vegetación en la zona.
- 1.2 Principales asociaciones vegetacionales y distribución.
- 1.3 Mencionar especies de interés comercial.
- 1.4 Señalar si existe vegetación endémica y/o en peligro de extinción.

2. Fauna.

- 2.1 Especies reportadas en la región (información bibliográfica).
- 2.2 Especies observadas en la zona.
- 2.3 Especies de interés comercial.
- 2.4 Especies de interés cinegético.
- 2.5 Especies amenazadas o en peligro de extinción.

## **MEDIO SOCIOECONOMICO**

Población.

Servicios.

Actividades.

Cambios sociales y económicos.

Especificar con una cruz si la obra o actividad creará:

- Demanda de mano de obra.
  - Cambios demográficos (migración, aumento de la población).
  - Aislamiento de núcleos poblacionales.
  - Modificación en los patrones culturales de la zona.
  - Demanda de servicios:
- Medios de comunicación.
  - Medios de transporte.
  - Servicios públicos.
  - Zonas de recreo.
  - Centros educativos.
  - Centros de salud.
  - Vivienda.

III. VINCULACION CON LAS NORMAS Y REGULACIONES SOBRE EL USO DEL SUELO.

IV. IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES.

V. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS.

VI. CONCLUSIONES.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

# MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD GENERAL

PROYECTO:

RELLENO SANITARIO  
METROPOLITANO PONIENTE

## DATOS GENERALES

### 1. NOMBRE DEL PROYECTO.

Relleno Sanitario Metropolitano Poniente "Picachos"

### 2. NOMBRE, DOMICILIO Y TELÉFONO DEL RESPONSABLE DEL PROYECTO.

Consortio Ambiental y de Servicios S.A. de C.V.  
Isla Trinidad # 2906-A Col. Jardines de la Cruz, Guadalajara, Jal.  
Teléfono y fax: 810-2725, 812-9458.

### 3. NOMBRE, DOMICILIO Y TELÉFONO DEL PROMOVENTE.

Consejo Metropolitano de Guadalajara.  
Rincón del Diablo # 2, Plaza Tapatía.

### 4. NACIONALIDAD DE LA EMPRESA U ORGANISMO.

Mexicana.

### 5. ACTIVIDAD PRINCIPAL DE LA EMPRESA.

El Consejo Metropolitano de Guadalajara, es un organismo de concentración social y coordinación gubernamental de alcance intermunicipal en la Zona Metropolitana de Guadalajara.

### 6. DOMICILIO PARA OÍR Y RECIBIR NOTIFICACIONES.

Rincon del diablo # 2, plaza tapatia.

### 7. RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, INDICANDO:

**Nombre del responsable:** Consortio Ambiental y de Servicios S.A. de C.V.

**Domicilio:** Isla Trinidad # 2906-A Col. Jardines de la Cruz, Guadalajara, Jal.  
**Teléfono y fax:** 810-2725

### 8. NOMBRE DE LOS PARTICIPANTES EN LA ELABORACIÓN DE LA GUÍA, INDICANDO:

Nombre: Jose de Jesus Arellano Guzman.  
Profesión: Mat. Geógrafo.  
Isla Trinidad # 2906-A Col. Jardines de la Cruz, Guadalajara, Jal.  
Teléfono y fax: 810-2725, 8129458

Nombre: Constantino Hernández Casillas.  
Profesión: Ingeniero Agrónomo.  
Isla Trinidad # 2906-A Col. Jardines de la Cruz, Guadalajara, Jal.  
Teléfono y fax: 810-2725, 8129458



Nombre: J. Jesús García Hernández.  
Profesión: Geógrafo.  
Isla Trinidad # 2906-A Col. Jardines de la Cruz, Guadalajara, Jal.  
Teléfono y fax: 810-2725, 812-9458.

Nombre: Juvenal de la Paz Casarez.  
Profesión: Geógrafo.  
Isla Trinidad # 2906-A Col. Jardines de la Cruz, Guadalajara, Jal.  
Teléfono y fax: 810-2725, 812-9458.

Nombre: Enrique Tinoco Covarrubias.  
Profesión: Agrónomo.  
Isla Trinidad # 2906-A Col. Jardines de la Cruz, Guadalajara, Jal.  
Teléfono y fax: 810-2725, 812-9458.

Nombre: Héctor Zambrano Bautista.  
Profesión: Ingeniero Civil.  
Isla Trinidad # 2906-A Col. Jardines de la Cruz, Guadalajara, Jal.  
Teléfono y fax: 810-2725, 812-9458.

Nombre: Héctor Hernández de la Torre.  
Profesión: Ing. Geólogo.  
Isla Trinidad # 2906-A Col. Jardines de la Cruz, Guadalajara, Jal.  
Teléfono y fax: 810-2725, 812-9458.

Nombre: Fernando Cervantes.  
Profesión: Ing. Agrónomo.  
Isla Trinidad # 2906-A Col. Jardines de la Cruz, Guadalajara, Jal.  
Teléfono y fax: 810-2725, 812-9458.

Nombre: Artemio Martinez Solano.  
Profesión: Asesor de Sistemas.  
Isla Trinidad # 2906-A Col. Jardines de la Cruz, Guadalajara, Jal.  
Teléfono y fax: 810-2725, 812-9458.

Nombre: Juan Antonio Garcia Ugalde.  
Profesion: Arquitecto.  
Isla Trinidad # 2906-A Col. Jardines de la Cruz, Guadalajara, Jal.  
Telefono y fax 8102725,8129458.

**9. NOMBRE DE LA ZONA, EL PREDIO Y/O IDENTIFICACIÓN LOCAL DEL MISMO.**

Predio "Los Picachos".  
Carretera a San Cristóbal de la Barranca, Km. 16,  
Localidad de Milpillan, Zapopan, Jal.

## I DESCRIPCION DE LA OBRA O ACTIVIDAD

### 1. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

#### 1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

El contar con un Relleno Sanitario Metropolitano al Poniente de la Zona Metropolitana de Guadalajara que resuelva a mediano y largo plazo, la disposición final de los residuos Sólidos Municipales de los municipios de Zapopan (Totalidad) y Guadalajara (parcialmente) y que el sitio cumpla con las normas ambientales aplicables.

Confinar de la manera técnica y ambientalmente más adecuada los residuos sólidos de origen municipal de los municipios de Zapopan y Guadalajara conforme lo establecido en la normatividad vigente.

Realizar el diseño ejecutivo y la manifestación del impacto ambiental, modalidad general del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente (Picachos), en el cual se detallen todos los aspectos técnicos de ingeniería y control ambiental para la construcción, operación, mantenimiento, clausura y postclausura del sitio, a la vez que se justifique su viabilidad.

#### 1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La problemática en la zona Metropolitana de la Generación y Disposición final de los residuos sólidos municipales ha crecido debido por un lado a los impactos ambientales, ocasionados por un manejo ineficiente de los residuos, y por otro, la falta de infraestructura para desarrollar los diseños, construcción y operación de Rellenos Sanitarios. En este contexto el Consejo Metropolitano de Guadalajara en Coordinación con la Comisión Estatal de Ecología y los municipios de la Zona Metropolitana, en el marco de la concertación establecen en el año de 1998, el compromiso de realizar estudios y proyectos concernientes a la búsqueda de soluciones viables para disponer de forma responsable los Residuos Sólidos municipales generados en la Zona Metropolitana de Guadalajara, abocándose de inmediato a la búsqueda de predios con factibilidad para establecer los rellenos necesarios para brindar una solución al problema de la disposición final, encontrándose que el predio "Picachos" ubicado en la localidad de Milpillas en el municipio de Zapopan es el que venía las condiciones mas adecuadas en cuanto al uso del suelo, y a su superficie útil para poder establecer un Relleno Sanitario Metropolitano, que recibiera en primer estancia los Residuos Sólidos Municipales de los municipios de Zapopan (totalidad) y Guadalajara (parcial) cumpliendo con las normas para localización del mismo.

## 2. SELECCIÓN DEL SITIO

### 2.1 SELECCIÓN DEL SITIO. ANEXAR PLANO DE LOCALIZACIÓN DEL PREDIO, INDICANDO LAS COORDENADAS EN LAS QUE SE SITÚA.

Se selecciono el sitio, en base en los estudios de localización realizados por el comité formado por los municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara, coordinados por el Consejo Metropolitano y la Comisión Estatal de Ecología respectivamente, habiéndose analizado predios en los siguientes municipios: Tonalá, Zapotlanejo y Zapopan.

Concluyendo que el predio que contaba con mayor vocacionamiento fue el denominado "Picachos" en la localidad de Milpillás, Municipio de Zapopan, Jalisco.

Además que el proyecto se integra a los planes municipales, Regionales Metropolitanos y Estatales pero el establecimiento de la infraestructura adecuada para el manejo y la disposición final de los Residuos Sólidos.

### 2.2 ESPECIFICACIONES DE RESTRICCIONES DE CONFORMIDAD A LA NOM-083-ECOL-1996.

La evaluación técnica del área seleccionada para la construcción del relleno sanitario metropolitano, se hizo con base a los lineamientos que indica la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996, la cual establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados para la disposición final de residuos sólidos; las condiciones son en varios aspectos, señalando el punto marcado en la norma como son: aspectos generales, hidrológicos, geológicos, hidrogeológicos y algunas consideraciones de selección; estos aspectos se describen a continuación y se indica en cuales se cumple y en caso contrario se indica la solución mediante obras de ingeniería.

PREDIO "LOS PICACHOS"			
Aspectos Generales			
Restricción por afectación a obras civiles o áreas naturales protegidas.			
Especificaciones	Cumple		Dictamen Comentarios
	Si	No	
Las distancias mínimas a aeropuertos son:			
a) De 3,000 m (tres mil metros) cuando maniobren aviones de motor a turbina.	✓		No existen aeropuertos dentro o en los alrededores de (radio = 3.0 km.), del sitio en estudio.
b) De 1,500 m (mil quinientos metros) cuando maniobren aviones de motor a pistón.	✓		No existen aeropuertos dentro o en los alrededores de (radio = 1.5 km.), del sitio en estudio.
Respetar el derecho de vía de autopistas, ferrocarriles, caminos principales y caminos secundarios.	✓		No existen autopistas o vías férreas dentro de la zona, además se respetan los derechos de vía de los caminos secundarios.
No se deben sitios dentro de áreas naturales protegidas.	✓		El sitio de estudio no se ubica dentro de un área natural protegida.
Se deben respetar los derechos de vía de obras públicas federales, tales como oleoductos, gasoductos, poliductos, torres de energía eléctrica, acueductos, etc.	✓		No existen obras públicas federales en el sitio elegido.
Debe estar alejado a una distancia mínima de 1,500 m. (mil quinientos metros) a partir	✓		El poblado más cercano (Milpillás) cuenta con una población de 37

del límite de la traza urbana de la población por servir, así como de poblaciones rurales de hasta 2,500 habitantes. En caso de no cumplir con ésta restricción, se debe demostrar que no existirá afectación alguna a dichos centros de población.			habitantes. Y se encuentra a una distancia aproximada de 2.5 kilómetros.
La localización de los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales, para aquellas localidades con una población de hasta 50,000 habitantes o cuya recepción sea de 30 toneladas por día de éstos residuos, se debe hacer considerando exclusivamente las especificaciones establecidas en los puntos de esta Norma Oficial Mexicana.	✓		La recepción de basura es superior a las 30 toneladas por día, por lo que se observarán todas las especificaciones.
<b>Aspectos Hidrológicos</b>			
Se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodo de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior, se debe demostrar que no exista la obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que provoquen arrastre de los residuos sólidos.	✓		No se encuentra en zonas de inundación.
El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no se debe ubicar en zonas de pantanos, marismas y similares.	✓		El sitio indicado no se encuentra dentro de zonas pantanosas o similares.
la distancia de ubicación del sitio con respecto a cuerpos de agua con caudal continuo debe ser de 1,000 m (mil metros) como mínimo y contar con una zona de amortiguamiento tal que pueda retener el caudal de la precipitación pluvial máxima presentada durante los últimos 10 años en la cuenca, definida por los canales perimetrales de la zona.	✓		Los cuerpos de agua más cercanos con caudal continuo son el arroyo Milpillars que se ubica 1,100 metros aguas abajo del sitio del proyecto, donde se intercepta con las aguas del arroyo El Pedregal, este último se incluye en el sitio del proyecto, con un régimen de caudal temporal, y para el cual se realizan obras de ingeniería hidráulica que eviten el riesgo de contaminación o afectación por el proyecto.
<b>Aspectos Geológicos</b>			
Debe estar a una distancia mínima de 60 m (sesenta metros) de una falla activa que incluya desplazamientos en un periodo de tiempo de un millón de años.	✓		No existen fallas geológicas activas, dentro del sitio o en un radio de 60 metros.
Se debe localizar fuera de la zona donde los taludes sean inestables, es decir, que puedan producir movimientos de suelo o roca, por procesos estáticos y dinámicos.	✓		En el sitio indicado no se localizan taludes inestables. La naturaleza de los materiales que componen la estructura geológica no representan riesgo de inestabilidad.
Se deben evitar zonas donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven a fallas o fracturas del terreno, que incrementan el riesgo de contaminación al acuífero.	✓		El terreno es estable en el sitio de estudio.

<b>Aspectos Hidrogeológicos</b>			
En caso de que el sitio para la disposición final de residuos sólidos municipales esté sobre materiales fracturados, se debe garantizar que no exista conexión con los acuíferos de forma natural y que el factor de tránsito de la infiltración (f), sea $< \text{ó} = a \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}$	✓		De acuerdo a los estudios geofísicos no existe fracturamiento de materiales geológicos.
En caso de que el sitio para la disposición final de residuos sólidos municipales esté sobre materiales granulares, se debe garantizar que el factor de tránsito de infiltración (f), sea $< \text{ó} = a \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}$	✓		El sitio no se encuentra sobre materiales granulares.
La estancia mínima del sitio a pozos para la extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganado; tanto en operación como abandonados, debe de estar a una distancia de la proyección horizontal por lo menos 100 m. (cien metros), de la mayor circunferencia del cono de abatimiento, siempre que la distancia resultante sea menor a 500 m (quinientos metros), esta última será la distancia a respetar.	✓		El pozo más cercano de extracción de agua se localiza a una distancia de 1,200 m del sitio indicado en este estudio.
<b>Consideraciones de Selección</b>			
En caso de que exista una probable contaminación a cuerpos de agua superficial y subterránea, se debe recurrir a soluciones mediante obras de ingeniería.	✓		Además de cumplir con todas y cada una de las restricciones, se realizarán obras de ingeniería ambiental para asegurar la no contaminación.

### **2.3 CRITERIOS DE LA SELECCIÓN DEL SITIO. MENCIONAR LOS ESTUDIOS REALIZADOS PARA LA SELECCIÓN.**

Los criterios de selección del sitio fueron realizados por el Comité Técnico conformado por los Municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara y coordinados por el Consejo Metropolitano y la Comisión Estatal de Ecología del gobierno del Estado.

La zona en la que se incluye el sitio que servirá como relleno sanitario metropolitano poniente, alberga los rellenos sanitarios Hasar's - predio con el que colinda - y el Vertedero El Taray. El primero es de carácter privado y el segundo propiedad del municipio de Zapopan, por lo que la zona tiene vocacionamiento para el emplazamiento de rellenos sanitarios.

Actualmente, el deterioro de la cubierta vegetal y del suelo en el sitio es muy evidente, pues la cubierta vegetal que se desarrolla, es en su mayoría pastizal; el bosque de roble encino pino, ha sido prácticamente eliminado. La fertilidad del suelo es baja y sus características físicas limitan cualquier uso, incluso el de agostadero, pues los pastizales no se desarrollan convenientemente para este fin.

Además de realizar un análisis ambiental, se hicieron estudios topográficos, hidrológicos, geohidrológicos, geológicos, geofísicos, de ingeniería y de mecánica de suelos para seleccionar las áreas más propicias que sirvan para el fin perseguido de confinar los residuos sólidos municipales con las mayores ventajas técnicas, económicas, ambientales, operativas y de accesibilidad. Se muestra la siguiente tabla con los parámetros de selección:

CENCEPTOS QUE INFLUYEN EN SELECCIÓN DEL SITIO	OPCIONES			
	Excelente	Buena	Regular	Malo
Vida Util	3	2	1	0.5
Tierra para cobertura	3	2	1	0.5
Topografía	3	2	1	0.5
Vías de acceso	3	2	1	0.5
Vientos dominantes	3	2	1	0.5
Ubicación del sitio	3	2	1	0.5
Geología	3	2	1	0.5
Geohidrologia	3	2	1	0.5
Hidrología superficial	3	2	1	0.5
Situación del predio	3	2	1	0.5
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>5</b>

Con los valores presentados en la tabla anterior se construyo la matriz de evaluación en la que se muestra el puntaje total obtenido en el sitio, de acuerdo con los puntos obtenidos por cada uno de los parámetros evaluados, se indica a continuación los resultados obtenidos.

#### PARAMETROS DE CALIFICACION DEL SITIO PARA EMPLAZAR EL RELLENO SANITARIO METROPOLITANO PONIENTE "PICACHOS"

PARAMETROS CONSIDERADOS	CLASIFICACION DEL SITIO
Vida útil	2
Materiales de cobertura	1
Topografía	1
Vías de acceso	3
Vientos dominantes	2
Ubicación del sitio	3
Geología	3
Geohidrologia	3
Hidrología superficial	0.5
Situación legal del predio	3
<b>Total</b>	<b>21.5</b>

Como se puede observar, en los resultados obtenidos del sitio tiene una calificación de bueno al situarse entre 20 y 30 puntos.

#### 2.4 SUPERFICIE REQUERIDA (HA, M2).

70 hectáreas. De las cuales el proyecto se desarrollara en 38.18 ha.

## **2.5 USO ACTUAL DEL SUELO EN EL PREDIO. MENCIONAR EL TIPO DE ACTIVIDAD QUE SE DESARROLLA.**

El uso actual del suelo, es un predio Rústico sin actividades productivas, esporadicamente tiene uso pecuario extensivo.

La vegetación natural de bosque de roble-pino ha sido reemplazada por pastizales dedicados a la ganadería extensiva en las partes más llanas y los valles. Existen áreas, principalmente en zonas de ladera, que conservan una densidad mayor de bosque, pero con un sotobosque escaso, quedando el suelo desprotegido y siendo vulnerable a los procesos erosivos. La actividad extractiva de madera se ha restringido por la escasez de bosque y las prácticas agrícolas son nulas.

## **2.6. COLINDANCIAS DEL PREDIO. MENCIONAR LA ORIENTACIÓN DE CADA PREDIO, INDICANDO EL USO ACTUAL DE CADA UNO.**

El predio del proyecto que es de 70 ha. Se encuentra dentro de una propiedad rústica denominada (Picachos y Puerta de Milpillas). Que tiene una superficie total aproximada a las 600 ha. El predio abarca parte de las fracciones seis y tres. Sus colindancias son las siguientes:

**Al Poniente:** Colinda con el relleno sanitario privado denominado "Hasar's" en una colindancia aproximadamente de 840 mts.

**Al Norte:** Con una fracción de la parcela tres de la misma propiedad. sin uso productivo actualmente.

**Al Oriente:** Con la fracción cuatro y siete de la misma propiedad. sin uso productivo actualmente.

**Al Sur:** Con la fracción seis de la misma propiedad. sin uso productivo actualmente.

## **2.7. SITUACIÓN LEGAL DEL PREDIO. COMPRA, VENTA, CONCESIÓN, EXPROPIACIÓN, OTRO. (INCLUIR DOCUMENTACIÓN COMPROBATORIA).**

Propiedad privada. Se anexa documentación comprobatoria.

### **3. PREPARACION DEL SITIO Y CONSTRUCCION**

#### **3.1 DISEÑO.**

Para desarrollar el diseño del proyecto ejecutivo del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, se analizaron todos y cada uno de los resultados obtenidos en los estudios previos, así como, los del diagnostico de generación y disposición de los residuos sólidos municipales, generándose posteriormente lo que vendría a ser los parámetros de diseño del proyecto.

#### **ESTUDIOS Y ANÁLISIS PREVIOS.**

##### **3.2.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.**

Memoria descriptiva del levantamiento topográfico de la fracción del predio rustico denominado los "picachos y puerta de Milpillas", donde se desarrollará el proyecto de **relleno sanitario metropolitano poniente "picachos"**, con una extensión superficial de **700,380.51 m<sup>2</sup>** y con una superficie útil de 38.18 ha. ubicado en la localidad de Milpillas, municipio de Zapopan, Jalisco.

FECHA DE EJECUCIÓN DEL LEVANTAMIENTO: 30 DE JULIO DE 1999.

##### **3.2.2. ANTECEDENTES.**

El levantamiento topográfico cuenta con la presente memoria descriptiva, se encuentra ubicado en la zona conocida como "Milpillas", del municipio de Zapopan, Jalisco, el cual tiene una superficie de 700,380.51m<sup>2</sup> . En dicho predio se pretende proyectar un Relleno Sanitario Metropolitano, para lo cual se realizara un estudio topográfico del mismo, para así optimizar las condiciones físicas del sitio.

#### **OBJETIVO.**

El presente estudio resume la topografía del predio, a partir del reconocimiento físico de los limites del mismo y sus vértices correspondientes. De la misma forma se obtiene la configuración topográfica de la superficie del terreno y la localización de objetos y/o elementos que se encuentran dentro y alrededor del mismo.

El levantamiento así constituido, contará con todos los elementos que posibiliten el desarrollo de los proyectos ejecutivos necesarios. Por lo que se establecerá en campo una poligonal de apoyo de precisión, orientada en forma magnética y un banco de nivel (B.N.) a los cuales se les asignaron coordenadas relativas y se referirá todo el levantamiento topográfico.



### **3.2.3. RECONOCIMIENTO FÍSICO DEL PREDIO.**

En términos generales las colindancias del predio son las siguientes:

**Al Norte:** Con camino de acceso.

**Al Sur:** Con parte del predio los "Picachos".

**Al Este:** Con parte del predio los "Picachos".

**Al Oeste:** Con relleno sanitario "Hasar's".

Ver lamina L- 4

### **3.2.4 OBSERVACIONES DE RELEVANCIA.**

El predio en estudio se encuentra ubicado en una zona montañosa del Municipio de Zapopan, por el extremo Sureste del predio pasa un arroyo el cual responde al lindero este de la zona de estudio, asimismo un arroyo denominado el Pedregal. atravieza el predio de Poniente a Oriente.

### **3.2.5. PROCEDIMIENTO.**

Se realizó una poligonal de apoyo de precisión, orientada en forma magnética y se colocaron clavos para concreto y pintura sobre las estaciones de la poligonal de apoyo y el banco de nivel ( B.N.), para lograr su permanencia en el campo, considerando la posibilidad del trazo y ubicación de futuras edificaciones e instalaciones.

### **3.2.6 EQUIPO UTILIZADO.**

Para la realización del trabajo de campo se empleó una estación total Geodimeter, con aproximación de 1" ( un segundo ) tanto en la lectura de ángulos verticales como horizontales y 1 mm en distancias, además de los accesorios propios del equipo antes descrito. Para el trabajo de gabinete se utilizo una computadora pentium con el programa Auto-Civil especial para los cálculos de topografía, así como un ploter HP 450 C de inyección de tinta.

### **PERSONAL EMPLEADO.**

El personal encargado de elaborar el levantamiento es el siguiente:

1 Ingeniero topógrafo

1 Auxiliar

1 cadenero

### **HERRAMIENTAS.**

Para el trabajo de campo fueron usadas las siguientes herramientas: prisma con baliza de aplomar, radios, cinta metálica, marro, estaca, pintura, clavos, etc.

### 3.2.7. TRABAJO DE CAMPO.

Se realizo el levantamiento tomando como base la poligonal de apoyo de 3 estaciones obteniéndose los vértices del predio, los cuales se encuentran definidos al lado norte por el camino de acceso principal y al lado oeste por la cerca de alambre de púas propiedad de la empresa Hasar's. los frentes este y sur del predio. Se encuentran delimitados por un limite imaginario.

Se desarrollo nivelación diferencial a partir del banco de nivel con cota arbitraria de 100.00 m., ubicado sobre la estación 1.

El levantamiento fue referido al norte magnético.

### 3.2.8. RESULTADOS.

#### POLIGONAL DE APOYO

Partiendo de que el trabajo esta orientado al norte magnético se procedió a referirlo a sistema de coordenadas arbitrarias las cuales son :

<b>Estación</b>	<b>Este (X)</b>	<b>Norte (Y)</b>	<b>ELEV(Z)</b>
<b>E1</b>	<b>5000.000</b>	<b>5000.000</b>	<b>100.000</b>
<b>E2</b>	<b>3510.698</b>	<b>5031.276</b>	<b>227.113</b>
<b>E6</b>	<b>3500.549</b>	<b>5000.131</b>	<b>225.375</b>

#### NIVELACIÓN

Se realizó Nivelación diferencial cerrada alcanzando una precisión aceptable.

#### CONFIGURACIÓN

La configuración en general del predio es semi-montañosa, obteniéndose las cotas tanto en el exterior como en el interior del predio. Realizándose curvas de nivel a cada metro.

#### LEVANTAMIENTO DE DETALLES

La infraestructura levantada fue: la trayectoria seguida por el camino de ingreso principal, la línea de energía eléctrica de media tensión, el lienzo de alambre de púas y otros detalles que se anotan en el plano.

Construcciones.- No se localizo construcción alguna dentro del predio

Vegetación.- Existe una cantidad considerable de arboles aislados de mas o menos 15.00 mts de altura sobre las laderas, así como pasto y algunos arbustos propios del temporal.

### 3.2.9. Trazo de caminos.

El camino de acceso principal que comprende a partir del entronque de la carretera Tesisitan a San Cristóbal de la Barranca, en el cadenamiento 0+000 hasta el cadenamiento 2+341.88, el cual se obtuvo las cotas a través de una nivelación topográfica para determinar sus secciones en los márgenes izquierdo y derecho y así definir el eje principal del camino para el cálculo de los volúmenes de lo que será la base y carpeta asfáltica propuesta. Ver lamina No L-9 A

Respecto al camino interno principal, se niveló el terreno natural del cadenamiento 0+000 al cadenamiento 2+200 de acuerdo al proyecto, para obtener los datos de cotas y pendientes naturales y así proyectar las sub-razantes y determinar los cortes y rellenos para lo que será la terracería del camino y sobre esta una base de material del sitio de un espesor promedio de 0.18 m.

### 3.2.10. Estudio geohidrológico y geofísico

Se anexan

- Estudio Geohidrológico y Geofísico.

### 3.2.11. Estudio de mecánica de suelos.

Se anexa

- Estudio de mecánica de suelos.

## 3.2 DISEÑO ESPECÍFICO DEL RELLENO SANITARIO.

Como resultado de los análisis previos se definieron los parámetros de diseño del proyecto para desarrollar los cálculos que permitieron un desarrollo adecuado del mismo, a continuación se enumeran en la tabla.

### Parámetros de diseño

Características generales	Parámetros
Horario de recepción	8:00 a 20:00hrs
Días del año de trabajo	360
Cantidad de residuos/día	1,112 ton/día
Peso volumétrico de los residuos sólidos municipales	0.85 ton/m <sup>3</sup>
Superficie disponible de relleno	38.18 ha.
Impermeabilización	Geomembrana Hope de 1.5 mm de espesor
Material de cobertura	Material arenoso-arcilloso
Material de cobertura final	Tierra vegetal
Espesor del material de cobertura intermedio	0.20 m. Abundado y 0.15 m compactado

### **3.3.1. Selección del método de operación**

La Sociedad Norteamericana de Ingenieros Civiles, ASCE, define: "Relleno sanitario es una técnica para la disposición de residuos sólidos en el suelo sin causar perjuicios al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública; este método utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos sólidos en la menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y cubriendo los residuos depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria o por lo menos al fin de cada jornada".

Existen tres métodos básicos para operar un relleno sanitario, con la finalidad de colocar las capas de residuos sólidos y cubierta final en forma adecuada. Estos métodos de operación del relleno sanitario son los siguientes:

#### **Método de trinchera:**

Consiste en depositar los residuos sólidos sobre el talud inclinado en la trinchera (talud 1:3), donde son esparcidos y compactados con el equipo adecuado en capas, hasta formar una celda que después será cubierta con el material excavado de la trinchera, con una frecuencia mínima de una vez al día, esparciéndolo y compactándolo sobre el residuo.

Este método es usado normalmente donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y las trincheras pueden ser excavadas utilizando equipos normales para movimientos de tierra.

#### **Método de área**

El método es similar al de trinchera y consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado, se compactan en capas inclinadas no mayores de 60 cm hasta formar la celda que después se cubre con tierra. Las celdas se construyen inicialmente en un extremo del área a rellenar y se avanza hasta terminar en el otro extremo.

Este método se puede usar en cualquier terreno disponible como canteras abandonadas, inicio de cañadas, terrenos planos, depresiones y ciénegas contaminadas; un punto importante en este método, para que el relleno sea económico. es que el material de cubierta debe transportarse de lugares cercanos a éste.

#### **Método combinado**

En algunos casos, cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y fisiográficas del sitio elegido para llevar a cabo el relleno sanitario son apropiadas, se pueden combinar los dos métodos anteriores; por ejemplo, se inicia con el método de trinchera y posteriormente se continúa con el método de área en la parte superior. Otra variación del método combinado consiste en iniciar con un método de área, se excava el material de cubierta de la base de la rampa, formándose una trinchera, la cual servirá también para ser rellenada.

El método combinado es considerado el más eficiente, ya que permite ahorrar el transporte del material de cubierta (siempre y cuando exista en el sitio en cantidad y calidad suficientes) y aumenta la vida útil del sitio.

De acuerdo a la configuración topográfica del terreno "Picachos" destinado para la construcción y operación del relleno sanitario Metropolitano Poniente, se llegó a la conclusión de que el método más apropiado para este relleno sanitario es el de área.

No es recomendable la excavación de trincheras debido a que el subsuelo se encuentra demasiado consolidado, por lo cual la excavación sería sumamente costosa. En cierta forma la configuración natural del terreno determina que se emplee el método de área.

### 3.3.2. Requerimientos Volumétricos del Sitio

AÑO	POBLACION ZAPOPAN	POBLACION SECTOR HIDALGO	ZAPOPAN GEN/TON/DIA HAB	GUADALAJARA SECTOR HIDALGO GEN/TON/DIA	ZAPOPAN GEN/OTRAS /DIA TON/DIA	GENERACION TOTAL TON/DIA	GENERACION TOTAL POR AÑO TON	VOLUMEN GENERADO POR AÑO M3	TONELADAS ACUMULADA TON/AÑO	VOLUMEN ACUMULADO M3
2000	1163933	150000	854	108	150,00	1112,00	400320	470965	400320	470965
2001	1218638	150000	894	108	151,50	1153,50	415260	488541	815580	959506
2002	1275914	150000	936	108	153,02	1197,02	430925	506971	1246505	1466477
2003	1335882	150000	980	108	154,55	1242,55	447316	526254	1693821	1992731
2004	1398668	150000	1026	108	156,09	1290,09	464433	546391	2158254	2539123
2005	1464405	150000	1074	108	157,65	1339,65	482275	567382	2640529	3106504
2006	1533232	150000	1125	108	159,23	1392,23	501202	589650	3141731	3696154
2007	1605294	150000	1178	108	160,82	1446,82	520855	612771	3662586	4308925
2008	1680743	150000	1233	108	162,43	1503,43	541234	636746	4203820	4945671
2009	1759738	150000	1291	108	164,05	1563,05	562699	661999	4766519	5607670
2010	1842446	150000	1352	108	165,69	1625,69	585250	688529	5351769	6296199
2011	1929041	150000	1416	108	167,35	1691,35	608886	716337	5960655	7012535

### 3.3.4. Celda diaria

Para cualquiera de los tres métodos de operación del relleno sanitario la unidad fundamental de operación es la celda.

Se llama *celda* a la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos y al material de cubierta (tierra), debidamente compactada mediante equipo mecánico.

Los elementos de una celda son: altura, largo, ancho del frente de trabajo, pendiente de los taludes laterales y espesores del material de cubierta diario y del último nivel de celdas.

La altura de la celda depende de la cantidad de los residuos que se depositen, del espesor del material de cubierta, de la estabilidad de los taludes y la compactación. Mientras más altas sean las celdas, menor será la cantidad de tierra necesaria para cubrir los residuos.

El ancho mínimo de las celdas o mínimo frente de trabajo, dependerá de la longitud de la cuchilla y del equipo que se emplee en la construcción de las celdas. Se recomienda que el ancho mínimo sea de 2 a 2.5 veces el largo de la cuchilla de la maquinaria.

Con el propósito de facilitar la operación de un relleno sanitario, con base en el volumen de residuos sólidos urbanos que llegan al sitio, debe diseñarse la forma de confinamiento geométrico más adecuada tanto a las características del sitio como a la maquinaria empleada. Dicha conformación geométrica de residuos junto con el material de cubierta (tierra), recibe el nombre de celda.

Aunque el tamaño de las celdas cambia según la cantidad de residuos sólidos que llegue al relleno sanitario, todas las celdas deben tener las mismas características constructivas. Una de las principales características es que la celda debe albergar todos los residuos municipales que el relleno sanitario reciba en el transcurso de una jornada.

En el relleno sanitario cada celda de residuos sólidos debe ser, en esencia, un bloque debidamente compactado y totalmente cubierto, el cual contenga los residuos urbanos generados en un día.

Las dimensiones y volumen de la celda varían de acuerdo con la cantidad de residuos sólidos que recibe el relleno, el método de operación empleado, la superficie del terreno disponible, la maquinaria utilizada y el material de cubierta disponible en el sitio o el que se suministre de un banco cercano.

Sin embargo, las dimensiones de una celda de residuos sólidos deben regirse por las siguientes especificaciones:

- a) **Altura:** Puede variar desde 1 a 5 m, incluyendo el espesor de la cubierta., con un talud cuya relación entre la altura y avance sea 1:2.5 hasta 1:3.
- b) **Largo de la celda.** Este parámetro depende de las necesidades del proyecto, de la operación de cada sitio y de la superficie de terreno disponible. También está determinada por el volumen diario de residuos a disponer.
- c) **Ancho de la celda.** Esta dimensión está condicionada por el frente de trabajo necesario para que la maquinaria funcione y maniobre adecuadamente, para realizar el acomodo y la compactación de la residuos sólidos. La celda debe tener el ancho suficiente para permitir la descarga de los equipos de recolección de residuos sólidos.

Así pues, el ancho de la celda depende de la cantidad de residuos, del tamaño de la maquinaria y de las necesidades mínimas de operación de los vehículos y las máquinas.

Para el caso del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente. se recomienda una celda inicial, con las siguientes dimensiones:

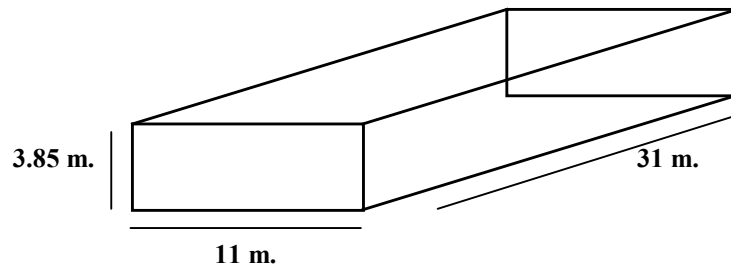
Ancho: 11 mts

Largo: 31 mts

Altura: 3.85 mts.

Dando una capacidad por día de 1,313 m<sup>3</sup>. Para confinar 1,308 m<sup>3</sup> por día.

A continuación se muestra el diseño de una celda,



Para el caso específico del Relleno Metropolitano Poniente y considerando el volumen de residuos sólidos generado, la topografía y condiciones del terreno, la maquinaria a utilizar y el método de operación, a continuación se presenta un ejemplo del dimensionamiento de una celda.

Datos:

**Año. 2000**

Residuos sólidos a disponer	1'112 ton/día.
Peso volumétrico de residuos compactados	0.850 kg/m <sup>3</sup> .
Altura propuesta	3.85 m.
Maquinaria pesada a utilizar	Tractor de cadenas D8N,
Largo de la celda:	31.00 m.
Ancho de la celda (propuesto)	11.00 m
Volumen de residuos	1,308 m <sup>3</sup> /día.
Volumen de material de cubierta:	51.00 M <sup>3</sup> /día.
Volumen de residuos + material de cubierta:	1,359 m <sup>3</sup> /día.
Area necesaria:	341 m <sup>2</sup> .

A continuación se muestra en la tabla el dimensionamiento de celdas para el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente "Picachos"

**Dimensionamiento de celdas para la primera etapa del Relleno Sanitario de Metropolitano Poniente incluyendo el material de cubierta.**

Año	Residuos Disponer Ton/día	Volumen Residuos m3/día	Volumen material de cubierta m3/día	Volumen de material de cubierta + residuos por día m3/día.	Volumen de material de cubierta + residuos m3/año	Dimensiones de la celda			Volumen Acumulado
						ancho	alto	Largo	
2000	1112	1308	51	1.359	489240	11	3,85	31,0	489240
2001	1153	1356	54	1.410	507600	11	3,85	32,5	996840
2002	1197	1408	55	1.463	526779	11	3,85	33,5	1523619
2003	1242,5	1462	58	1.520	547200	11	3,85	35,0	2070819
2004	1290	1518	59	1.577	567720	11	3,85	36,0	2638539
2005	1339,6	1576	62	1.638	589680	11	3,85	37,5	3228219
2006	1392,1	1638	64	1.702	612720	11	3,85	39,0	3840939
2007	1446,7	1702	67	1.769	636840	11	3,85	40,5	4477779
2008	1503,3	1769	69	1.838	661320	11	3,85	42,0	5139099
2009	1562,9	1839	72	1.911	687960	11	3,85	43,5	5827059
2010	1625,6	1912	75	1.987	715320	11	3,85	45,5	6542379
2011	1691,2	1990	77	2.067	744120	11	3,85	47,0	7286499

**3.3.3. Calculo de capacidad volumétrica del sitio**

	NIVEL	Capacidad volumetrica (m3)	Años de disposición	Capacidad de recepción (m3.)	Capacidad utilizada por año (%)	Vida util por nivel (meses)
<b>PRIMERA FASE</b>	1	645138.58	2000	489240.00	75%	15.7
			2001	155898.57	25%	
	2	800065.68	2001	351701.43	44%	18.5
			2002	448364.25	56%	
	3	898448.93	2002	78414.75	8.7%	19.6
			2003	547200.00	60.9%	
			2004	272834.18	30.4%	
	4	896171.96	2004	294905.42	32.9%	18.4
			2005	589680.00	65.8%	
			2006	11586.54	1.3%	
5	867003.30	2006	601133.46	69.3%	16.8	
		2007	265869.84	30.7%		
6	764212.52	2007	370970.16	48.5%	14.1	
		2008	393242.36	51.5%		
7	704674.19	2008	265077.64	37.6%	12.5	
		2009	439596.50	62.4%		
8	592746.35	2009	248363.50	41.9%	10.1	
		2010	344382.85	58.1%		
9	444807.87	2010	370937.15	83.4%	7.4	
		2011	73870.72	16.6%		
	10	291377.39	2011	291377.39	100%	4.7
<b>SEGUNDA FASE</b>	7	53513.85	2011	53513.85	100%	0.9
	8	59575.34	2011	59575.34	100%	1.0
	9	61719.31	2011	61719.31	100%	1.0
	10	60156.59	2011	60156.59	100%	1.0
	11	74378.12	2011	74378.12	100%	1.2
	<b>Total</b>	7213989.98	11	7213989.92	100%	142.9



### **3.3.5. Material de cobertura.**

#### **Cobertura de la celda**

El material de cobertura tiene las siguientes funciones: impedir la entrada y salida de fauna nociva, reducir la emisión de biogás, los malos olores y evitar incendios así como también disminuir la entrada de agua. Las pruebas experimentales realizadas en diversos rellenos sanitarios de los E.U.A. han demostrado que una capa de 15 cm de material arenoso compactado al 95% proctor cumple con estos requisitos. La aplicación diaria de la cubierta reduce la atracción de los residuos sobre las aves y los roedores en busca de alimento y es esencial para mantener una buena apariencia del relleno sanitario.

Muchos tipos de suelos cuando están debidamente compactados muestran baja permeabilidad, no se contraen y pueden ser usados para controlar el agua que pudiera entrar al relleno e incrementar el volumen de lixiviado.

El control de la emanación de gases es también una función esencial de material de cubierta. Dependiendo de la profundidad planeada para el terreno recuperado por el relleno, los gases pueden ser bloqueados o ventilados a través del material de cubierta. Un suelo permeable que no retenga mucha agua puede servir como un buen material para ventilar los gases. Arena limpia, grava pequeña o roca quebrada son excelentes cuando se mantienen secas.

El cubrir los residuos también protege contra el fuego. Casi todos los suelos son incombustibles por lo que la cubierta y los taludes de cada una de las celdas del relleno ayudan a confinar el fuego, dentro de ésta.

La celda diaria de residuos sólidos deberá cubrirse con tierra compactada, tanto en la superficie como en los taludes, de tal manera que al final del día no queden residuos sólidos sin cubrir.

A continuación se muestran los volúmenes de material de cubierta calculados para el año 2000 y posteriores, hasta el 2011. Los volúmenes se expresan en: volumen de material de cubierta por celda diaria, volumen anual y volumen anual acumulado.

**Cálculo del volumen de material de cobertura para la primera etapa en la fase 1 del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente**

**PRIMERA FASE**

NIVEL	SUPERFICIE M2	MATERIAL DE COBERTURA M3 POR NIVEL	TALUDES Y BERMAS SUP. M2 POR NIVEL	MATERIAL DE COBERTURA M3 DE TALUDES Y BERMAS	MATERIAL DE COBERTURA TOTAL M3
1	129225.76	* 34043,86	495,12	148,5	34,192.36
2	203569.78	30535,46	7106,74	2132	66,859.82
3	231366.55	34704,98	13508,64	4052,5	105,617.30
4	230630.30	34594,54	13174,76	3952,4	144,164.24
5	227020.60	34053,09	20539,56	6161,8	184,379.13
6	203239.13	30485,86	24372,00	7311,6	222,176.59
7	188120.66	28218,09	23904,25	7171,2	257,565.88
8	161276.63	24191,49	26180,10	7854	289,611.37
9	123458.40	18518,76	24512,99	7353,8	315,483.93
10	84116.74	67293,39	22544,80	6763,4	389,540.72
<b>FASE 2</b>					
1	30523.89	4578,5	3766,96	1130	5,708.50
2	33705.48	5055,8	3917,76	1175,3	11,939.60
3	34844.79	5226,7	3985,14	1195,5	18,361.80
4	34187.56	5128,1	4109,26	1232,7	24,722.60
5	23407.39	18725,8	9625,38	2887,6	46,336.00
<b>TOTAL</b>	<b>1938693,66</b>	<b>375354,4</b>	<b>201743,46</b>	<b>60522,3</b>	<b>435,876.72</b>

\* Se suma el material de cobertura de los subniveles de las cotas 174-178

**Frente de trabajo**

La longitud del frente de trabajo corresponderá al ancho de la celda a construirse, por lo tanto, al diseñarse ésta se tendrán en cuenta las exigencias requeridas para un frente de trabajo.

Se denomina frente de trabajo a la dimensión mínima necesaria para que la maquinaria funcione y maniobre adecuadamente para realizar el acomodo y compactación de la residuos sólidos, tomando también en cuenta el número de unidades recolectoras que llegan al relleno sanitario en horas pico.

En este punto se determinaran las dimensiones mínimas de las áreas de trabajo diario dentro del relleno sanitario, buscando optimizar los rendimientos de maquinaria para la compactación de los residuos confinados y el material de cobertura diaria, además de agilizar las maniobras de los vehículos que descargan los residuos en el frente operativo.

Para lograr establecer las dimensiones del frente se consideraron dos tipos de usuarios de vehículos; los de carga lenta y los de carga rápida, la diferencia entre ambos es que los primeros no poseen mecanismos de descarga, esto es, se realiza manualmente, y los segundos si cuentan con mecanismo de descarga, mecánico y/o hidráulico.

## DATOS DEL DISEÑO DEL FRENTE DE TRABAJO

Toneladas/día 1,112 ton/día  
Horas pico 11:30 a 12:30 hrs

### Números de vehículos que ingresarán al sitio

Vehículos de carga lenta 30  
Vehículos de carga rápida 120

	Tiempo de descarga	Ancho	Distancia entre Vehículos
Descarga lenta	27 minutos	2.40 m	2.50 m
Descarga rápida	8 minutos	2.40 m	2.50 m.

Promedio estimado de vehículos en hora pico 26

% Vehículos descarga rápida 17

% Vehículos de descarga lenta 9

## CALCULOS DEL FRENTE DE TRABAJO PROPUESTO

Intervalo de entrada:

Vehículos descarga rápida  $i = 60 \text{ min}/17 \text{ veh} = 4 \text{ min/veh}$

Vehículos de descarga lenta  $i = 60 \text{ min}/9 \text{ veh} = 7 \text{ min/veh}$

Numero de Vehículos descarga rápida  $17 = 4 \text{ min/veh. } 4',00''$

Numero de Vehículos de descarga lenta  $9 = 7 \text{ min/veh. } 7',00''$

Se considera un frente de trabajo para un periodo critico de 10 min/hora pico, por lo tanto:

$$\text{El ancho} = (10 \times 2.40) + (7 \times 2.5) = 42 \text{ mts.}$$

## NIVELES DEL RELLENO

Una vez analizada la topografía del sitio sobre su terreno natural, tomando en cuenta la preparación del sitio, los materiales de preparación y protección de geomembrana se concluyo en los siguientes parámetros de niveles:

No de niveles del relleno 10 niveles. ( quedan 2 subniveles a partir de la cota de desplante 170). En la primera fase.

Altura de nivel con residuos Sólidos municipales 3.85 m.

Espesor de material de cobertura 0.15 m. Compactado.

% de pendientes en nivel

terminado. 1 a 2 %.

Separación de nivel a nivel  
A través de bermas 8.0 m.

Pendiente de taludes finales  
Por nivel 3:1.

Espesor de la cobertura del Nivel  
Final y espesor en bermas y  
taludes. 0.30 m.

Espesor del material vegetal  
Sobre cubierta final 0.50 m.

Detalles  
Ver Lámina L-2.

### 3.3.6. Calendarización de llenado de celdas

	NIVEL	Capacidad volumetrica (m3)	Años de disposición	Capacidad de recepción (m3.)	Capacidad utilizada por año (%)	Vida útil por nivel (meses)
<b>PRIMERA FASE</b>	1	645138.58	2000	489240.00	75%	15.7
			2001	155898.57	25%	
	2	800065.68	2001	351701.43	44%	18.5
			2002	448364.25	56%	
	3	898448.93	2002	78414.75	8.7%	19.6
			2003	547200.00	60.9%	
			2004	272834.18	30.4%	
	4	896171.96	2004	294905.42	32.9%	18.4
			2005	589680.00	65.8%	
			2006	11586.54	1.3%	
5	867003.30	2006	601133.46	69.3%	16.8	
		2007	265869.84	30.7%		
6	764212.52	2007	370970.16	48.5%	14.1	
		2008	393242.36	51.5%		
7	704674.19	2008	265077.64	37.6%	12.5	
		2009	439596.50	62.4%		
8	592746.35	2009	248363.50	41.9%	10.1	
		2010	344382.85	58.1%		
9	444807.87	2010	370937.15	83.4%	7.4	
		2011	73870.72	16.6%		
10	291377.39	2011	291377.39	100%	4.7	
<b>SEGUNDA FASE</b>	7	53513.85	2011	53513.85	100%	0.9
	8	59575.34	2011	59575.34	100%	1.0
	9	61719.31	2011	61719.31	100%	1.0
	10	60156.59	2011	60156.59	100%	1.0
	11	74378.12	2011	74378.12	100%	1.2
<b>Total</b>		7213989.98	11.9	7213989.92	100%	142.9

Niveles

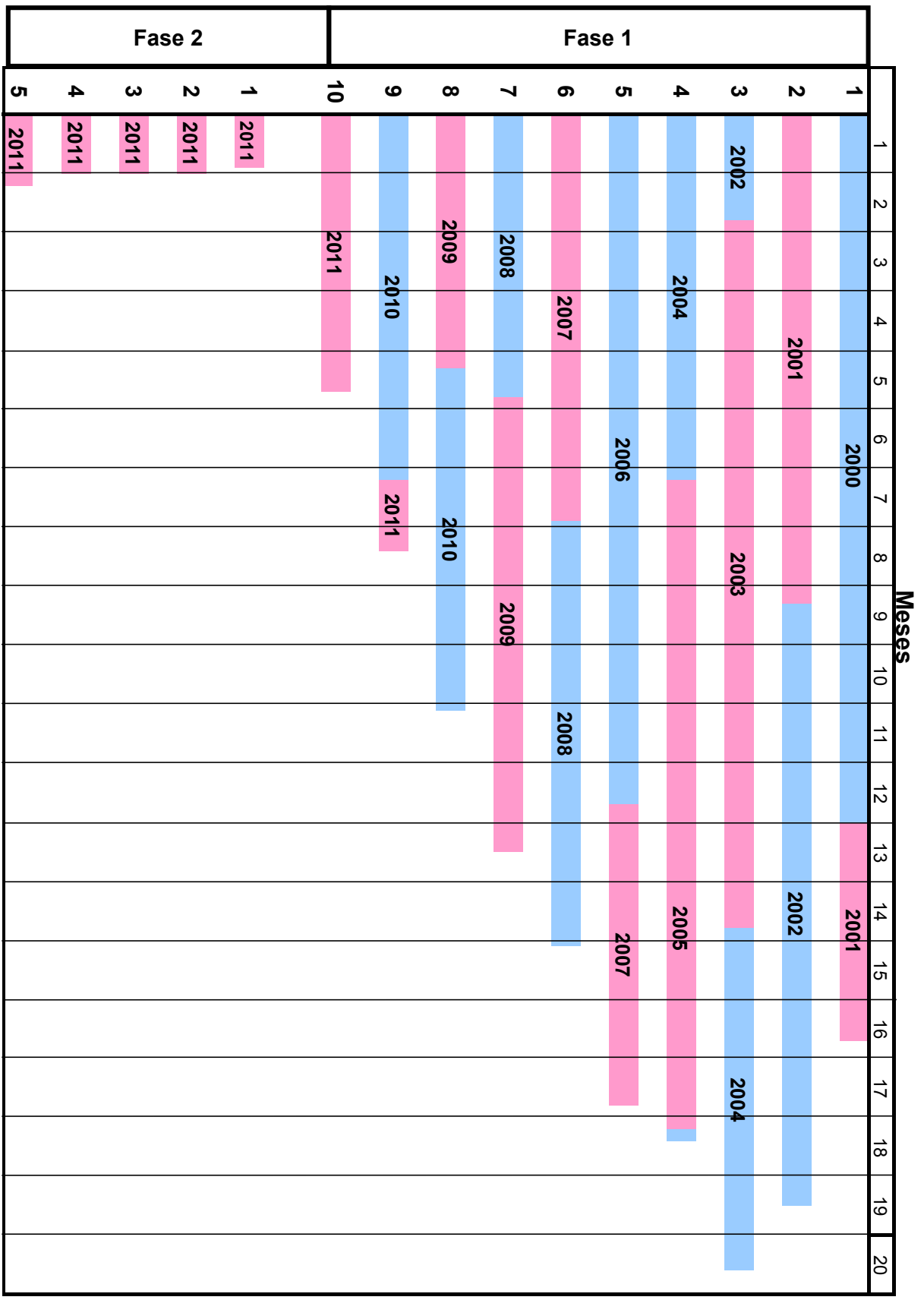
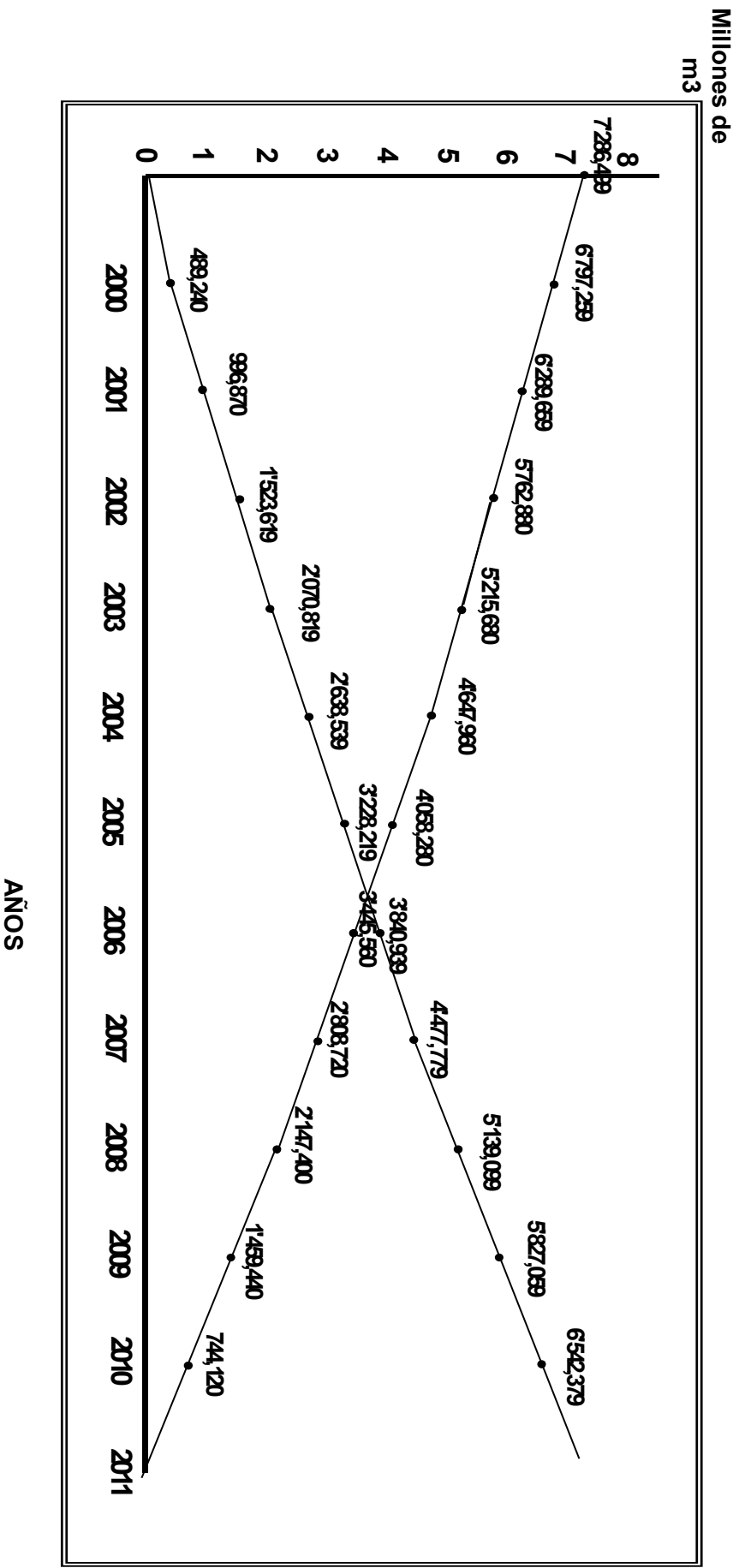


Figura de curva-volumen



### 3.4. Calculo de la Vida Util del Sitio

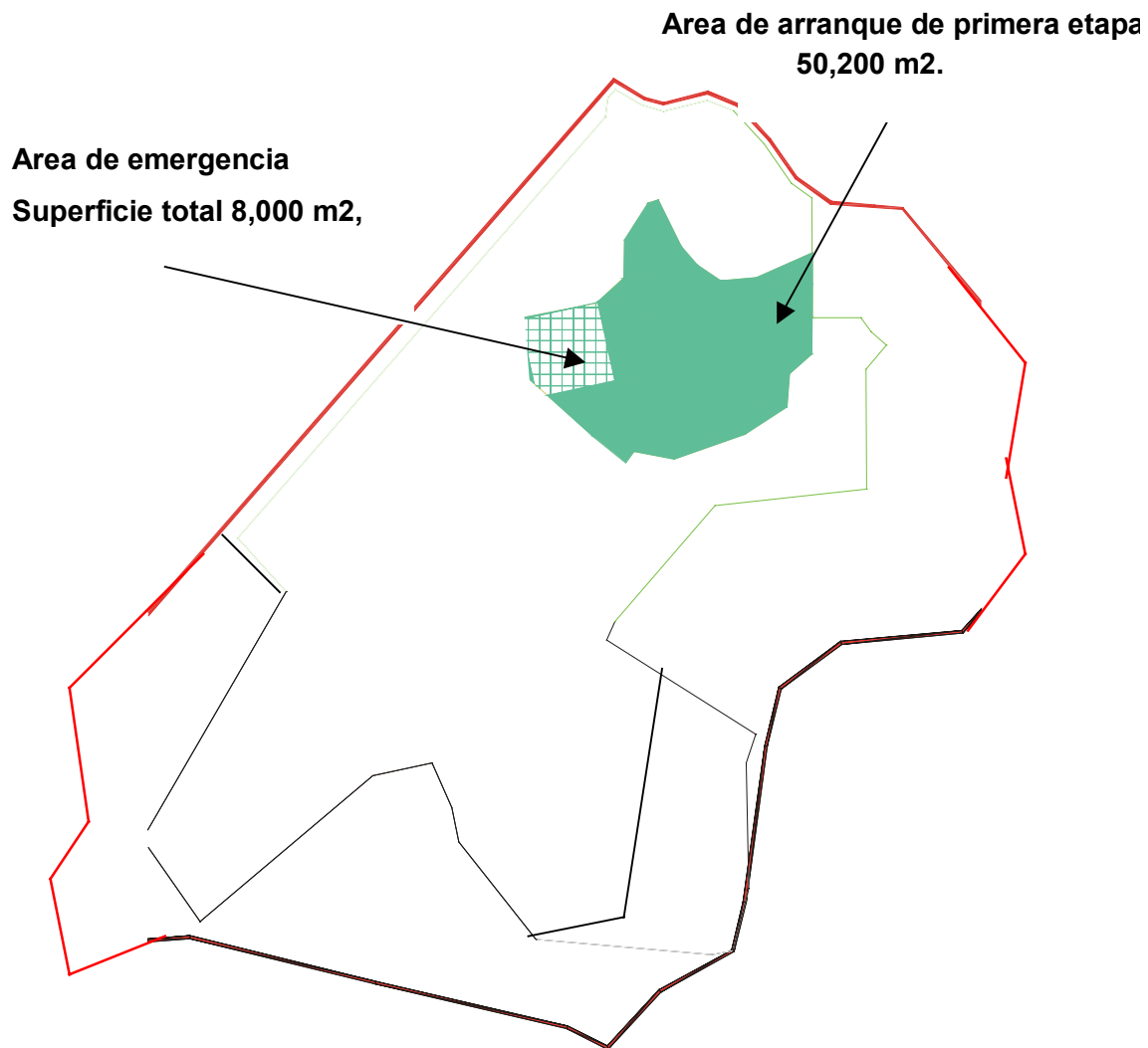
El Consejo Metropolitano, contará con 38-18-00 ha de terreno disponible para el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente en su primera etapa, estimándose una vida útil de aproximada de 12 años.

#### Vida util

En planta las etapas en las que se dividió la construcción operación del relleno sanitario.

NIVEL	Capacidad volumetrica (m3)	Años de disposición	Capacidad de recepción (m3.)	Capacidad utilizada por año (%)	Vida util por nivel (meses)	
PRIMERA FASE	645138.58	2000	489240.00	75%	15.7	
		2001	155898.57	25%		
	800065.68	2001	351701.43	44%	18.5	
		2002	448364.25	56%		
	898448.93	2002	78414.75	8.7%	19.6	
		2003	547200.00	60.9%		
	896171.96	896171.96	2004	294905.42	32.9%	18.4
			2005	589680.00	65.8%	
			2006	11586.54	1.3%	
	867003.30	867003.30	2006	601133.46	69.3%	16.8
2007			265869.84	30.7%		
764212.52	764212.52	2007	370970.16	48.5%	14.1	
		2008	393242.36	51.5%		
704674.19	704674.19	2008	265077.64	37.6%	12.5	
		2009	439596.50	62.4%		
592746.35	592746.35	2009	248363.50	41.9%	10.1	
		2010	344382.85	58.1%		
444807.87	444807.87	2010	370937.15	83.4%	7.4	
		2011	73870.72	16.6%		
10	291377.39	2011	291377.39	100%	4.7	
SEGUNDA FASE	1	53513.85	2011	53513.85	100%	0.9
	2	59575.34	2011	59575.34	100%	1.0
	3	61719.31	2011	61719.31	100%	1.0
	4	60156.59	2011	60156.59	100%	1.0
	5	74378.12	2011	74378.12	100%	1.2
<b>TOTAL</b>	<b>7213989.98</b>	<b>11.9</b>	<b>7213989.92</b>	<b>100%</b>	<b>142.9</b>	

El desarrollo del proyecto inicia con una etapa de arranque de 5.0 ha. Que comprende a partir del nivel de desplante mas bajo del predio, que es de la cota 170 y hasta la cota 190., con un volumen de 737,278 m3. para una vida útil aproximada para esta primera etapa de arranque de 18 meses, mas una superficie de 8,000 m2. Correspondiente para el área de emergencia, cuyo desplante será a partir de la cota 174 y hasta la 190 con un volumen de 128,000 m3, que da una vida útil de 3.1 meses. Ver detalle en la siguiente figura:



### 3.5. Sistema de impermeabilización

El agua subterránea es la fuente futura de abastecimiento más valiosa con que se cuenta para el desarrollo de las próximas generaciones, por lo que es imprescindible evitar su contaminación.

Debido a lo anterior es necesario proteger los acuíferos. Su protección se puede efectuar de dos maneras: natural o artificial.

El método de impermeabilización natural consiste en aprovechar las propiedades fisicoquímicas del suelo y las características del material del subsuelo, para evitar la contaminación de las aguas subterráneas por la acción de los lixiviados.

De acuerdo con recomendaciones los sitios con alto contenido de arcillas (entre 0.30 y 1.00 m de espesor) y/o con capas impermeables a poca profundidad son los mejores.

El método de impermeabilización artificial, consiste en colocar materiales naturales con artificiales con el fin de evitar que los lixiviados penetren al acuífero.



Los materiales generalmente empleados son:

**Naturales y/o Artificiales.** Entre los naturales los más usados son las arcillas compactadas (4-6 pasadas) en la base del terreno con espesores de capa desde 20 hasta 60 cm y humedad óptima

Entre los materiales artificiales o sintéticos más utilizados para la impermeabilización destacan el hule, polietilenos, PVC y geomembrana de polietileno de alta densidad, material que de acuerdo con estudios realizados en diversos rellenos sanitarios en la Unión Americana, resulta de mayor confiabilidad. (Manual de Rellenos Sanitarios, SEDUE 1988 p.p. 126).

La aplicación de materiales geosintéticos (polietileno de alta densidad) para prevenir y controlar la contaminación del suelo y los acuíferos, es un sistema de impermeabilización eficiente que arroja resultados muy satisfactorios, que evita la contaminación al subsuelo.

Para la construcción del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, se propone emplear el método de impermeabilización artificial: empleándose material de preparación y protección desde el banco más próximo, para posteriormente colocar la geomembrana para impermeabilizar la totalidad de la superficie útil, así como para las fosas y drenes destinada a la conducción y almacenamiento de los lixiviados.

### **Impermeabilización de terreno natural y fosas de lixiviados**

Con respecto a la impermeabilización de las fosas para lixiviados con geomembrana, el proceso a seguir será el siguiente:

- 1) Como los resultados del análisis de suelos, indican que en el sitio presentan un tipo de suelo franco-arenoso esto combinado con el alto grado de compactación del material, infiere que el ángulo de fricción interna del sustrato en el sitio también es alto; por lo tanto, no deberá colocarse geomembrana directamente sobre materiales propios del lugar debido a la alta fricción.
- 2) Con el fin de eliminar la fricción entre la geomembrana y el sitio, colocara una capa de material de banco de tipo arcilloso
- 3) se colocará un geotextil, cuyas características se muestran más adelante.

### **Selección de la geomembrana**

Para realizar una correcta selección de la geomembrana se deben realizar una serie de revisiones mecánicas de acuerdo a las diferentes condiciones que se irán presentando durante la operación de la fosa para líquidos lixiviados.

### **Especificaciones de la lamina de polietileno de alta densidad y superficie a recubrir.**

El laminado de Polietileno de alta densidad, deberá resistir satisfactoriamente los productos a manejar y sus reacciones químicas entre sí, Se requieren correr pruebas del laminado, cortar especímenes, a peso constante a 43 °C., sometiéndose a una exposición en las soluciones químicas señaladas más adelante por 112 días a temperatura de 25 °C ± 1 °C. midiendo cada 30 días su resistencia a la tensión y cambio de peso.

Pasado ese lapso, el material no deberá mostrar daño ni falla en las propiedades marcadas en la tabla.

SOLUCION QUIMICA	CONCENTRACION
ACIDO SULFURICO	20%
HIDROXIDO DE SODIO	10%
HIDROXIDO DE AMONIO	10%
ACIDO NITRICO	10%
CLORURO FERRICO	100%
DETERGENTE SULFONADO	1%
ACEITE ASTM # 1	100%
COMBUSTIBLE ASTM C	100%

+ Porcentajes volumétricos, Grado Q.P.

**Valores mínimos en propiedades físicas del Laminado de Polietileno de alta densidad.**

#### PROPIEDADES TIPICAS

Propiedades	Método de prueba	Valores típicos				
		40	60	80	100	120
Espesor en Mills	ASIM-D 1593	40	60	80	100	120
Densidad	ASIM-D 1505 A	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Indice de fluidez	ASIM-D 1238 E	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Resistencia a la tensión (cedencia) LB/PG. De ancho	ASIM-D 638 tipo IV DUMB-BELL a 12 IPM.	95	140	190	240	290
Resistencia a la tensión (ruptura) LB/PG. De ancho	ASIM-D 638 tipo IV DUMB-BELL a 12 IPM.	160	240	320	400	480
Elongación a la Cedencia (%)	1.3" longitud de calibrador	13	13	13	13	13
Elongación a la Ruptura (%)	ASIM-D 638 Tipo IV 2.0" long. Calibrador	700	700	700	700	700
	2.52 long. Calibrador (NFS 54,mod.)	560	560	560	560	560
Resistencia al desgarramiento inicial	ASIM-D 1004 TROQUEL C	30	45	55	65	80
Fragilización a baja Temperatura °F	ASIM-D 746-B	-112	-112	-112	-122	-122
Coeficiente de expansión lineal	ASIM-D 696	1.2 x 10 <sup>-4</sup> CM/CM°C				
Resistencia al Ozono	ASIM-D 7 días 100 PPHM-AMPLIF y 104° C	Sin fracturas 7x.				
Cambio en estabilidad dimensional en cada dirección (max).	ASIM-D 1204 212 °F 1 HR.	± 2	±2	±2	±2	±2
Resistencia a la perforación.	ASIM-D 4833	70	108	142	175	200

(Lbs). Absorción de agua	Fims 101 Método 2065 ASIM-D 570	52 0.1 %	80	105	130	150
Resistencia hidrostática	ASIM-D 751 Método Proc. 1	8 Psi/00.001" de espesor				
Contenido de carbón (negro de humo)(%)	ASIM-D 1603 ASIM-D 3015	2-3 A1	2-3 A2	2-3 B1	2-3	2-3
Modulo de elasticidad	ASIM-D 882 PSI	1100 00	1100 00	1100 00	1100 00	1100 00
Estabilidad térmica con inducción de oxidación. Minutos (OIT)	ASIM-D 3865 (MIN) 130 °C 800 psi. 02.	2000	2000	2000	2000	2000
Resistencia a la fractura Por esfuerzo ambiental ESOR (hrs)	ASIM-D 1693 Método B (10 % 1gepal, 50 °C)	2000	2000	2000	2000	2000
Dimensiones Ancho (m) Largo (m) Area (m2) Peso (Kg)	Todos los valores son aproximados	23 730 16,79 0 3,450	23 485 11,15 5 3,450	23 360 8,280 3,450	23 290 6,670 3,450	23 245 5,635 3,450

El espesor mínimo recomendado para estos sistemas es de 0.040" (1.00 mm.). La selección del espesor dependerá de las condiciones de operación, siendo su Limite inferior al antes mencionado.

### Colocación de la geomembrana sobre la superficie natural

El Proveedor deberá suministrar materiales, mano de obra calificada y equipo para una adecuada instalación.

- El Cliente deberá entregar el terreno firme, compactado a 95 Proctor terminado y listo para iniciar los trabajos, así como, sin protuberancias, piedras filosas y puntiagudas, ramas, lamina de agua, etc. que puedan dañar el Laminado, incluyendo en éste trabajo los taludes.
- En su caso, todos los trabajos electromecánicos deberán estar listos para instalar en presencia del aplicador del Laminado, dando indicaciones y/o reparando daños (en caso de que esto suceda) durante la instalación electromecánica.
- El sistema de unión entre placas deberá considerar una soldadura de Patín Caliente (Hot Wedge) con canal de prueba de aire, la cual se someterá a una presión el 30 Psi. durante 5 minutos, requiriéndose probar el 100% de las soldaduras.

En el caso de detalles en esquinas, cárcamos, etc. se utilizará soldadura de extrusión, la cual lleva un filamento de cobre desnudo que permita detectar cualquier fuga de corriente a través de la soldadura de acuerdo a las normas N A C E std. RP-02-74 donde se marca lo siguiente:

<b>ESPESOR MILS. DE PULG.</b>	<b>VOLTAJE MINIMO</b>
40	8 000
60	10 000
80	12 000
100	13 000

Con un detector Tinker and Razor Holiday detector modelo AP-W o similar.

### **Sistema de Fijación**

La fijación de pasos se hará en Trinchera perimetral proporcionada por el cliente así como su posterior relleno.

### **Boquillas**

Las boquillas, de requerirse, deberán ser fabricadas del mismo material e introducidas en la boquilla de acero.

### **INSPECCION**

- El Proveedor deberá suministrar al Cliente la especificación del producto a instalar.
- La instalación deberá hacerse en base a la presente especificación, debiendo el Proveedor en su propuesta técnica, marcar los detalles y programa de instalación.
- La prueba de continuidad del laminado se deberá hacer de acuerdo a Lo expuesto en el párrafo anterior.
- En caso de presentarse algún problema de continuidad se deberá reparar siguiendo el sistema de extrusión. De ser necesario se colocará un parche en áreas más grandes. Probando nuevamente la reparación hecha.
- El Proveedor deberá contar con equipo y personal entrenado en México, teniendo la facultad del Cliente a su criterio, desechar a cualquier Proveedor que no cumpla este requisito.
- El Proveedor deberá contar al menos con 500 000 M2. instalados en México. Para lo cual deberá entregar "Curriculum Vitae" de Clientes con Dirección y Teléfono.

## **CONTROL DE CALIDAD**

- Para instalar La Geomembrana se deberá inspeccionar previamente el área Por recubrir, en conjunto con el Usuario y el Contratista de la obra civil (en su caso)
- EL Instalador deber Proporcionar un dibujo que muestre La colocación de paños así como su número de identificación.
- Antes de iniciar la soldadura de Los paños, se deberá probar el ajuste de la máquina con tiras de material (2) de 1.20 M. de largo por 50 cm. de ancho, probando el equipo e indicando el número de máquina, operador y temperatura de trabajo. la soldadura resultante deberá probarse sometiendo a tensión las dos capas soldadas hasta romperlas. La ruptura no deberá presentarse en la unión. Esta prueba es valiosa para la soldadura de extrusión.
- Durante el trabajo de soldadura, cada 250 M. de soldadura deberá cortarse una muestra de 90 cm. de Largo por 50 cm. de ancho, para cortar cupones ASTM y Llevarlas a prueba de tensiómetro, reportando al Cliente y a el personal de instalación los resultados de La misma. En caso de que aunque pase la prueba de aire y no pase la de tensiómetro, la soldadura deberá ser soldada adicionalmente con un cordón de extrusión. Esta prueba así como su reporte de resultados será necesario para aceptar la obra por parte del cliente.

Las pruebas de tensión se llevaran de acuerdo a las especificaciones ASTM D3083 y ASTM D413.

Los valores para 0.080" (2.0 mm.) de espesor deberán ser como mínimo de 320 y 190 Psi a la tensión (peel) y de al corte (shear) respectivamente.

## **GARANTIAS**

### **Garantía de Geomembrana.**

El Proveedor deberá suministrar una garantía por 20 años prorrateada a partir de la fecha de presentación del trabajo terminado.

### **Garantía de Instalación**

El Contratista deberá garantizar la instalación de la Geomembrana por un periodo mínimo de 2 años contra defectos debidos a una instalación impropia., reparando sin costo alguno para el Cliente dichos defectos.

### **FOSA DE RECOLECCION DE LIXIVIADOS**

La canalización de los lixiviados se captará en dos fosas adjuntas, la primera al relleno sanitario localizado bajo el nivel mínimo en las cotas 125 hasta la 135, en la intercepcion de los arroyos El Pedregal y arroyo sin nombre ubicado aguas abajo de la cota de descarga 170 del colector principal de salida de 1.20M de diámetro, (ver lamina L-9-A) estos se conducirán en tuberías de PVC hidráulicos Anger S.I. RD 26 de 4.6,7,8 y 10" de diámetro, hacia dicha fosa, que también será recubierta con la geomembrana de polietileno.

### **PROTECCION DE LA GEOMEMBRANA**

Para protección de la geomembrana contra la acción de equipos topadores Y distribuidores (trascavos, motocomformadoras y tractores), se procederá a tender sobre la geomembrana una capa de arena o de tepetate compactado, Con Un espesor mínimo de 0.30 m, para que sirva como base de amortiguamiento y distribuidor de esfuerzos.

#### **a) Preparación del sitio**

Antes de la colocación de materiales geosintéticos es necesario realizar la preparación del terreno, la cual, consiste cortes, rellenos y afine de las superficies a impermeabilizar, dejándolas libres de protuberancias, piedras filosas y puntiagudas, ramas, lámina de agua, etc. que puedan dañar los materiales.

#### **b) Protección inferior de la membrana**

Se realizará con la colocación de un material arcilloso fino de 0.20 m. Compactado al 95 % proctor estándar, sobre el cual descansará la geomembrana de polietileno de alta densidad de 1.5 mm (0.060"), posteriormente se colocará una capa de arena como material de drenaje de 0.30 m., y sobre de esta una capa de seguridad de 0.20 m. De material arcilloso compactado.

#### **c) Colocación de la membrana**

La geomembrana es colocada manual o mecánicamente y dejando un traslape mínimo de 10 cm para la unión de las capas.

Para lograr la completa impermeabilización, se realiza la unión de las membranas utilizando el proceso conocido como termofusión controlada.

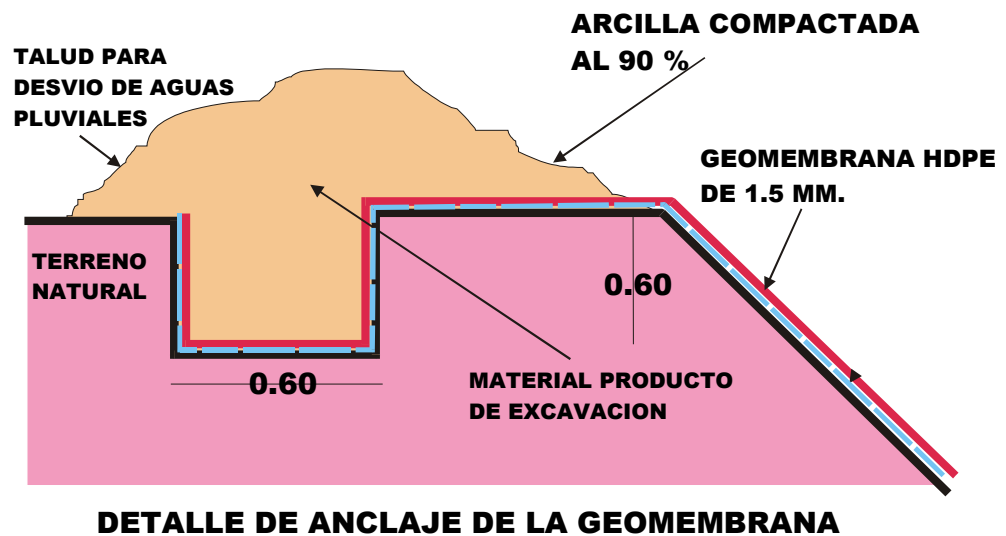
Durante la colocación de la membrana deberán realizarse ensayos de campo para verificar que las condiciones en las uniones son las recomendadas. Estas pruebas deben

hacerse tomándose muestras de los extremos de cada unión, a las que se les prueba con un dinamómetro.

Por otro lado, se efectuarán pruebas no destructivas de las uniones a lo largo de todas ellas (Prueba al 100%). Estas pruebas son para determinar que el sellado de la geomembrana es el adecuado y se realizarán a lo largo de todas y cada una de las uniones, asegurándose la completa impermeabilidad.

#### d) Anclado de la membrana

Para asegurar la estabilidad de la membrana, se instalarán anclajes que la fijan a la superficie del relleno sanitario, mediante la construcción de una zanja perimetral de la zona a impermeabilizar, donde se fijará la membrana, se excavará una trinchera perimetral de 0.60 m x 0.60 m. De sección y alejada del borde del talud un mínimo de 0.60 m. Posteriormente dicha trinchera será rellena con material arenoso.



### 3.6. Diseño de obras de Control

Los valores obtenidos a través del análisis del líquido lixiviado recogido en más de veinte rellenos sanitarios en los E.U.A., varían de los rangos relacionados abajo.

Constituyentes o Características	Rango de Valores		
Demanda química de oxígeno (DQO)	40	-	89,520
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)	81	-	33,360
PH	3.7	-	8.5
Conductancia específica	2,180	-	16,800
Residuos Sólidos – Total	0	-	59,200
Alcalinidad (Ca CO <sub>3</sub> )	0	-	20,850
Dureza (Ca CO <sub>3</sub> )	0	-	22,800
Fósforo – total (P)	0	-	130
Nitrógeno amoniacal (NH <sub>4</sub> -N)	0	-	1,106
Nitratos y Nitritos (NO <sub>3</sub> +No <sub>2</sub> -N)	0.2	-	10.29
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	1	-	1,558
Calcio (Ca)	50	-	7,200
Cloruro (Cl)	4.7	-	2,467
Sodio (Na)	0	-	7,200
Potasio (k)	28	-	3,770
Magnesio (Mg)	17	-	15,600
Hierro (Fe)	0	-	2,820
Zinc (Zn)	0	-	370
Cobre (Cu)	0	-	9.9
Cadmio (Cd)	<0.03	-	17
Plomo (Pb)	<0.10	-	2.0
Fuente EPA. Summary report: municipal solid waste generate gas and leachate. E.U.A. EPA, 1974.			



### 3.6.1 Sistema de captación, extracción y monitoreo de lixiviados

Los lixiviados son líquidos altamente contaminantes que se producen como resultado de la percolación del agua a través de los residuos sólidos confinados y también por el metabolismo generado por microorganismos presentes en los residuos dentro del relleno sanitario, y potencialmente pueden impactar la calidad del agua subterránea, ya sea mantos freáticos o acuíferos, el líquido lixiviado, contiene una cantidad importante de sólidos suspendidos y disueltos, debido a reacciones químicas y bioquímicas, produciéndose inclusive gases como el metano (CH<sub>4</sub>) bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y amoníaco (NH<sub>3</sub>), se estima que aun cuando se controle el ingreso de agua pluvial, existirá generación de lixiviados debido a la liberación del agua contenida en los mismos residuos confinados y la generada por actividad microbiana.

#### Factores de generación de lixiviados

FACTORES	ELEMENTOS	
Infiltración de agua	Precipitación pluvial  Cobertura de los residuos sólidos municipales	-Ubicación geográfica. -época del año / aspectos climatológicos.  -Evaporación/evapotranspiración  -Espesor impermeabilidad -Tipos de materiales -Compactación -Pendientes.
Característica de los residuos	Tipología	<b>Composición</b> Orgánica Inorgánica <b>Compuestos contaminantes</b> Humedad <b>Capacidad de absorción</b> Tamaño y grado de compactación
Actividades microbianas	Actividades aerobias, anaerobias	-Naturaleza de los materiales -Temperatura -Relación carbono/nitrógeno -Potencial de hidrogeno (Ph) -Contenido de sustancias tóxicas.
Operación del relleno	Eficiencia operativa	-Bermas temporales -Obras de desvío de aguas -Cobertura diaria de los residuos sólidos municipales
Intrusión de aguas subterráneas	Eficiencias constructivas	-Impermeabilización adecuada

La composición típica de los lixiviados es variable y dependerá del tipo y composición de los residuos a confinar.

### 3.6.1.1 Generación de lixiviados

Para la estimación de la generación de lixiviados se han desarrollado diversos modelos matemáticos, estos parten del análisis del balance hídrico de un volumen de control correspondiente al área de relleno sanitario, existen diferencias entre los modelos aplicados que se caracterizan por el uso de diferentes factores de generación, a continuación se enumeran los principales modelos para calcular la producción de lixiviados en el relleno sanitario.

#### Modelos utilizados para la estimación de lixiviados

MODELO	CARACTERISTICAS
Thornthwaite (Fenn)	Observaciones empíricas de periodo de tiempo por etapas del relleno sanitario, se apoya en datos climatológicos. No toma en cuenta las actividades microbianas. No toma en cuenta la posible intrusión de agua subterránea.
Método HELP	Es un modelo determinístico, cuasi-bidimensional se basa en información climatológica, edafológica, de diseño y geohidrológica.  Desarrolla un balance hídrico lateral y vertical.
Método de balance de agua	Es un modelo determinístico Se basa en información climatológica, la cantidad de humedad de los residuos, la cantidad microbiana, el suelo y material de cobertura, la época del año.

En la disposición de residuos sólidos dentro del relleno sanitario suceden fenómenos complejos de interacciones entre los constituyentes de los residuos, las aguas de lluvia que se infiltran entre la masa de los residuos y, finalmente, el sustrato constitutivo del sitio.

Una descarga de residuos debe ser considerada como un medio en constante evolución, lugar de reacciones fisicoquímicas y biológicas.

Entre los mecanismos que intervienen, hay que citar:

- 1) Las reacciones fisicoquímicas responsables de la solubilización, precipitación, óxido-reducción, intercambio iónico o de gases de algunos materiales contaminantes;
- 2) Las reacciones de degradación biológica de materiales disueltos y suspendidos que se efectúan por vía aerobia o anaerobia según las condiciones del medio.

Las consecuencias directas de estas transformaciones son la liberación de gas y la formación de lixiviados.

Los componentes del agua que se necesitan considerar para evaluar la producción de lixiviado en un relleno sanitario son la precipitación pluvial, el escurrimiento superficial, la evaporación y almacenamiento de agua por el suelo.

También, el suelo que rodea al sitio de relleno tiene una gran influencia sobre la formación de lixiviados, principalmente por su naturaleza, y más concretamente su litología y su concentración en materias orgánicas y en organismos vivos.

Se debe destacar la importancia relevante de las características hidrogeológicas de los sitios, en cuanto a la posibilidad de escurrimiento y dilución de los lixiviados.

La contaminación que puede resultar de la migración de los lixiviados depende:

De la capacidad de retención de la zona no saturada de agua, respecto a la cantidad global de contaminación liberada, en el seno de esta formación la mayor parte de la contaminación acarreada por los lixiviados se elimina por los siguientes procesos:

**físicos:** filtración y retención capilar; **bioquímicos:** biodegradación; y **Químicos:** precipitación y co-precipitación, intercambios iónicos y adsorciones.

Paralelamente a estos procesos estrictos de atenuación de los lixiviados, se desarrollan un conjunto de fenómenos químicos complejos que son particularmente importantes en la atenuación de compuestos inorgánicos, pero también pueden solubilizar otros compuestos; se puede citar como ejemplo las reacciones ácido-base y las reacciones de óxido-reducción.

De la capacidad de dilución y dispersión de la zona saturada de agua. La migración y la atenuación del penacho de contaminación están regidas por la combinación de varios factores que son la dilución del lixiviado al mezclarse con agua del manto, la dispersión de las sustancias en solución en el agua, los intercambios físicos con el medio y las reacciones químicas y bacteriológicas.

Finalmente, los procesos bioquímicos que tienen lugar en la estabilización de la materia orgánica de los residuos sólidos y en el aceleramiento de la velocidad de reacción de los procesos geoquímicos sobre sustancias inorgánicas, juegan un papel en la solubilización de contaminantes en las aguas percoladas.

Como conclusión, se establece que los modelos empleados a escala mundial y localmente para determinar la generación de lixiviados han demostrado márgenes de error importantes en cuanto a los volúmenes generados, las variaciones técnicas definidas por los métodos utilizados y la generación real según algunos investigadores por el método de balance de agua son del orden entre 83 al 154 %, para el método Help, los márgenes de error encontrados fueron de entre -96 a + 449 % (Peyton & Schroeder 1988).

Localmente tenemos las experiencias de los sitios de disposición final como: el vertedero "Coyula-Matatlan" y el "Los laureles" en el municipio de tonala, operando ambos actualmente, donde no se ha solucionado el control de los lixiviados generados sobre todo en el temporal de lluvias, ya que la generación rebasa con mucho las obras de control realizadas, lo mismo sucede con el vertedero del "Taray" y el relleno sanitario "Hasar's" en el municipio de Zapopan.

Por lo anteriormente descrito, se concluye que cualquier método elegido para estimar la generación de lixiviados, debe ser solo un parámetro para tomar todas las medidas necesarias para la estimación y control, y tratamiento posterior de los lixiviados generados

en el relleno sanitario, por lo anterior se tomo la decisión de calcular su generación en base a las siguientes estimaciones:

### Características del relleno.

Generación diaria de residuos	1,112 ton/día
Contenido de humedad de residuos	= ± 35 %.
Peso específico de material de cubierta húmedo	1465 kg/cm <sup>2</sup> .
Numero de días de operación	= 360 días.
Altura de la capa	= 4 mts. (promedio).
Residuos por día m <sup>2</sup> .	341 m <sup>2</sup> /día. (cobertura).
.	
Residuos por año	400,320ton. 400.320, 000 kg/año.
.	
Peso específico compactado	850 kg/m <sup>3</sup> .
Contenido de humedad inicial de residuos	20 % en tasa. (seca).
Contenido de humedad inicial de residuos	35 % en tasa (húmedo).
Peso específico del suelo	1,465 kg/m <sup>3</sup> (inc. Húmedo en temporal seco).
Agua consumida en formación de gas.	1.4 kg/m <sup>3</sup> .
Precipitación pluvial que cae sobre el piso.	17.30 cm/año.
Altura de la capa al final del primer año.	4 mts.
Relación de residuos a cobertura	3:1 por volumen. constante

### CALCULO DE GENERACION DE LIXIVIADOS

#### Datos:

Periodo de relleno de residuos	360 días.
Superficie requerida por día	341 m <sup>2</sup> . (cobertura)
Residuos colocados por día	1112 ton.
Residuos colocados por año	400,320 ton = 400,320,000 kg.
peso específico compactado de residuos	0.85 ton/m <sup>3</sup> = 850 kg/m <sup>3</sup> .
contenido de humedad de residuos	20 % en masa – 80 % peso masa.
Peso específico del suelo de cubierta	1465 kg/m <sup>3</sup>
Agua consumida en la formación de gas	0.160 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del gas	1.4 kg/m <sup>3</sup>
Relación de residuos 1:3	0.333/ 1-0.333 = 0.67
Precipitación de lluvia que cae sobre el piso relleno	1185 mm/año.
Altura de la capa al final del primer año.	4 mts. (promedio).

**1er año (2000) inicia en Enero h = 4 mts.**

**Balance de Aguas**

a) *Peso del material de cubierta de los residuos al final del año 2000.*

Material de cubierta.

$$1465 \text{ kg/m}^3 \times 4 \text{ m.} \times 0.33 \times 1 \text{ año} \times 1 \text{ m}^2 = 1933.80 \text{ kg.}$$

b) *Peso de residuos temporal de lluvia) /seco.*

$$850 \text{ kg/m}^3 \times 4 \text{ m} \times 0.67 \times 1 \text{ año} \times 1 \text{ m}^2. = 2278.00 \text{ kg.}$$

Wt =Peso total

$$1933.80 + 2278.00 = 4211.80 \text{ kg}$$

c) *W's = Peso seco de los residuos sólidos (80% masa).*

$$2278.00 \text{ kg} \times 0.80 = 1822.40 \text{ kg.}$$

d) *Contenido de humedad en los residuos (20% masa).*

$$2278.00 \text{ kg} \times 0.20 = 455.60 \text{ kg.}$$

Peso de la lluvia

$$(1185\text{mm/año}) (1185\text{m})(1 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ kg/m}^3) = 1185$$

Wt = Peso total de la capa al final del año. Dic/2000

$$1933.80 \text{ kg} + 2278.00 \text{ kg} + 1185 \text{ kg} = 5396.80 \text{ kg.}$$

Fc = Factor de capacidad de campo

Factor coeficiente = 4536 kg

0.6

0.55

$$F_c = 0.6 - 0.55 \frac{wt}{4536+wt} = 0.6 - 0.55 \frac{5396.80}{4536+ 5396.80} = 0.3011678$$

e) *Agua retenida en los residuos sólidos.*

$$F_c \times W_{\text{seco}} = 0.3011678 \times 1822.40 = 548.85 \text{ kg.}$$

f) *Lixiviados producidos (líquidos producidos por humedad).*

$$1185 \text{ kg} - 548.85 \text{ kg} = 636.15$$

Datos tomados del libro, gestión integral de residuos sólidos(vol. 1. Mc Graw Hill.)

\* cc = Capacidad de campo (fracción de agua en los residuos sólidos basándose en el peso seco de los mismos).

Coeficiente = 0.6

Coeficiente = 0.55

$$\text{factor} = 10000 \text{ lbs} / \text{a kg. } 4535.92 = 4536 \text{ kg.}$$

**II segundo año. 2001 h = 8 mts. 2da capa.**

**Datos:**

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	$1465 \text{ kg} \times 8 \text{ m} \times 0.33 \text{ m} = 3867.60 \text{ kg.}$
b.- Peso de residuos	$850 \times 8 \times 0.67 = 4556 \text{ kg.}$
c.- Peso seco de residuos	$4556 \times 0.80 = 3644.80 \text{ kg.}$
d.- Contenido de humedad de residuos	$3867.60 \times 0.20 = 773.52 \text{ kg.}$

$$\begin{aligned} &\text{Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001)} \\ &5396.80 \text{ kg} + 3644.80 + 773.52 = 9815.12 \end{aligned}$$

**Factor de campo**

$$F_c = 0.6 - 0.55 \left( \frac{9815.12}{4356 + 9815.12} \right) = 0.219062$$

**e.- Agua retenida en los residuos**

$$0.219062 \times 1822.40 \text{ kg} = 399.218 \text{ kg.}$$

**f.- lixiviado producido.**

$$(1185 + 636.15) - 399.218 = 1821.15 \text{ kg/m}^2$$

**III Tercer año 2002 h = 12 mts. 3ra capa.**

Peso de la lluvia = 1185 kg.

a.- Peso del material de cubierta de los residuos.  
 $1465 \text{ kg/m}^3 \times 12 \text{ m} \times 0.33 \text{ m} = 5801.40 \text{ kg.}$

b.- Peso de residuos  
 $850 \times 12 \times 0.67 = 6834.00 \text{ kg}$

c.- Peso seco de residuos  
 $6834.00 \times 0.80 = 5467.20 \text{ kg.}$

d.- Contenido de humedad de residuos  
 $5801.40 \times 0.20 = 1160.28 \text{ kg.}$

$$\begin{aligned} &\text{Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002)} \\ &9815.12 \text{ kg} + 5467.20 + 1160.28 = 16442.60 \end{aligned}$$

**Factor de campo**

$$F_c = 0.6 - 0.55 \left( \frac{16442.60}{4356 + 16442.60} \right) = 0.165190$$

**e.- Agua retenida en los residuos**

$$0.16442.00 \times 1822.12 \text{ kg} = 300.9968 \text{ kg.}$$

**f.- lixiviado producido.**

$$(1185 + 399.218) - 300.9968 = 1283.22 \text{ kg/m}^2$$

**IV cuarto año 4 (2003) h = 16 mts 4ta. Capa de nivel**

**Datos:**

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	1465 kg x 16 m x 0.33 m = 7735.20 kg.
b.- Peso de residuos	850 x 16 x 0.67 = 9112 kg.
c.- Peso seco de residuos	9112 x 0.80 = 7289.60 kg.
d.- Contenido de humedad de residuos	7735.20 x 0.20 = 1547.04 kg.

$$\text{Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003)} \\ 16442.60 \text{ kg} + 7289.60 + 1547.04 = 25279.24 \text{ kg}$$

**Factor de campo**

$$F_c = 0.6 - 0.55 \left( \frac{25579.24}{4356 + 25579.24} \right) = 0.133675$$

**e.- Agua retenida en los residuos**

$$0.133675 \times 1822.12 \text{ kg} = 243.57 \text{ kg/m}^2..$$

**f.- lixiviado producido.**

$$(1185 + 1283.22) - 243.57 = 2224.65 \text{ kg/m}^2$$

**V quinto año 5 (2004) h = 20 mts 5ta. Capa de nivel**

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	1465 kg x 20 m x 0.33 m = 9669.00 kg.
b.- Peso de residuos	850 x 20 x 0.67 = 11390.00 kg.
c.- Peso seco de residuos	11390 x 0.80 = 9112 kg.
d.- Contenido de humedad de residuos	9969.00 x 0.20 = 19333.80 kg.

$$\text{Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5} \\ \text{(2004)} \\ 25279.24 \text{ kg} + 9112 + 1933.80 = 36325.04 \text{ kg}$$

**Factor de campo**

$$F_c = 0.6 - 0.55 \left( \frac{36325.04}{4356 + 36325.04} \right) = 0.1088$$

**e.- Agua retenida en los residuos**

$$0.1088 \times 1822.40 \text{ kg} = 198.45 \text{ kg.}$$

**f.- lixiviado producido.**

$$(1185 + 243.57) - 198.45 = 1230.12 \text{ kg/m}^2$$

**VI sexto año 6 (2005) h = 24 mts. 6ta. Capa nivel**

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	1465 kg x 24 m x 0.33 m = 11602.80 kg.
b.- Peso de residuos	850 x 24 x 0.67 = 13668 kg.
c.- Peso seco de residuos	13668 x 0.80 = 10934.40 kg.
d.- Contenido de humedad de residuos	11602.80 x 0.20 = 2320.56 kg.

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) + año 6 (2005).

$$36.325.04 \text{ kg} + 10934.40 + 2320.56 = 49580 \text{ kg.}$$

Factor de campo

$$F_c = 0.6 - 0.55 \left( \frac{49580}{4356 + 49580} \right) = 0.0944$$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.0944 \times 1822.40 \text{ kg} = 172.0697 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 198.45) - 172.0697 = 1211.38 \text{ kg/m}^2$$

**VII Séptimo Año 7 (2006) h = 28 7ma. Capa nivel**

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	1465 kg x 28 m x 0.33 m = 13536.60 kg.
b.- Peso de residuos	850 x 28 x 0.67 = 15946 kg.
c.- Peso seco de residuos	15946 x 0.80 = 11964.80 kg.
d.- Contenido de humedad de residuos	13536.60 x 0.20 = 2707.32 kg.

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) + año 6 (2005) + año 7 (2006).

$$49580.00 \text{ kg} + 11964.80 + 2707.32 = 64252.12 \text{ kg.}$$

Factor de campo

$$F_c = 0.6 - 0.55 \left( \frac{64252.12}{4356 + 64252.12} \right) = 0.0849$$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.0849 \times 1822.40 \text{ kg} = 154.758 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 172.0697) - 154.758 = 1202.31 \text{ kg/m}^2$$



**VIII octavo año 8 (2007) h = 32 mts.**

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	1465 kg x 32 m x 0.33 m = 15470.40 kg.
b.- Peso de residuos	850 x 32 x 0.67 = 18224.00 kg.
c.- Peso seco de residuos	18224.00 x 0.80 = 14579.20 kg.
d.- Contenido de humedad de residuos	15470.40 x 0.20 = 3094.08 kg.

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) + año 6 (2005) + año 7 (2006) + año 8 (2007).

$$64252.12 \text{ kg} + 14579.20 + 3094.08 = 81925.40 \text{ kg.}$$

Factor de campo

$$F_c = 0.6 - 0.55 \left( \frac{81925.40}{4356 + 81940.25} \right) = 0.07776$$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.07776 \times 1822.40 \text{ kg} = 141.72 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 154.758) - 141.72 = 1198.03 \text{ kg/m}^2$$

**IX noveno año 9 (2008) h = 36 mts.**

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	1465 kg x 36 m x 0.33 m = 17404.20 kg.
b.- Peso de residuos	850 x 36 x 0.67 = 20502 kg.
c.- Peso seco de residuos	20502 x 0.80 = 16401.60 kg.
d.- Contenido de humedad de residuos	17404.20 x 0.20 = 3480.84 kg.

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) + año 6 (2005) + año 7 (2006) + año 8 (2007) + año 9 (2008).

$$81925.40 \text{ kg} + 16401.60 + 3480.84 = 101807.84 \text{ kg.}$$

Factor de campo

$$F_c = 0.6 - 0.55 \left( \frac{101807.84}{4356 + 101807.84} \right) = 0.0725$$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.0725 \times 1822.40 \text{ kg} = 132.25 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 141.72) - 132.25 = 1194.47 \text{ kg/m}^2$$

**X Decimo Año 10 (2009) h = 40 mts.**

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	1465 kg x 40 m x 0.33 m = 19338 kg.
b.- Peso de residuos	850 x 40 x 0.67 = 22780 kg.
c.- Peso seco de residuos	22780 x 0.80 = 9112 kg.
d.- Contenido de humedad de residuos	19338. x 0.20 = 3867.60 kg.

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) + año 6 (2005) + año 7 (2006) + año 8 (2007) + año 9 (2008) + año 10 (2009).  
101807.84 kg + 9112 + 3867.60 = 114787.44 kg.

Factor de campo  
 $F_c = 0.6 - 0.55 \left( \frac{114787.44}{4356 + 114787.44} \right) = 0.070108$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.070 \times 1822.40 \text{ kg} = 127.765 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 132.25) - 127.765 = 1189.485 \text{ kg/m}^2$$

**XI Onceavo Año 11 (2010) h = 44 mts.**

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	1465 kg x 44 m x 0.33 m = 21271.80 kg.
b.- Peso de residuos	850 x 44 x 0.67 = 25058.00 kg.
c.- Peso seco de residuos	25058 x 0.80 = 20046.40 kg.
d.- Contenido de humedad de residuos	21271.80 x 0.20 = 4254.36 kg.

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) + año 6 (2005) + año 7 (2006) + año 8 (2007) + año 9 (2008) + año 10 (2009) + año 11 (2010).  
114787.44 kg + 20046.40 + 4254.36 = 139088.20 kg.

Factor de campo  
 $F_c = 0.6 - 0.55 \left( \frac{139088.20}{4356 + 139088.20} \right) = 0.0667$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.0667 \times 1822.40 \text{ kg} = 121.55 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 127.765) - 121.55 = 1191.215 \text{ kg/m}^2$$

**XII doceavo Año 12 (2011) h = 48 mts.**

Peso de la lluvia	1185 kg.
a.- Peso de material de cubierta	1465 kg x 48 m x 0.33 m = 23205.60 kg.
b.- Peso de residuos	850 x 48 x 0.67 = 27336.00 kg.
c.- Peso seco de residuos	27336.00 x 0.80 = 21868.80 kg.
d.- Contenido de humedad de residuos	23205.60 x 0.20 = 4641.12 kg.

Peso total año 1 (2000)+ año 2 (2001) + año 3 (2002) + año 4 (2003) + año 5 (2004) + año 6 (2005) + año 7 (2006) + año 8 (2007) + año 9 (2008) + año 10 (2009) + año 11 (2010) + año 12 (2011).

$$139088.20 \text{ kg} + 21868.80 + 4641.12 = 165598.12 \text{ kg.}$$

Factor de campo

$$F_c = 0.6 - 0.55 \left( \frac{165598.12}{4356 + 165598.12} \right) = 0.06409$$

e.- Agua retenida en los residuos

$$0.06409 \times 1822.40 \text{ kg} = 116.80 \text{ kg.}$$

f.- lixiviado producido.

$$(1185 + 121.55) - 116.80 = 1189.75 \text{ kg/m}^2$$

**Factor de conversión para convertir los kilogramos de lixiviados por m<sup>2</sup>/año.**

Area total etapa 1 = 489,240 m<sup>3</sup>/4 = 122310 m<sup>2</sup>.

$$\text{Factor de conversión} = \frac{1 \text{ kg/m}^2 \times 122310 \text{ m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3} = 122.310 \text{ m}^3/\text{año}$$

Año	Lixiviado kg/m <sup>2</sup>
2000	636.15
2001	1821.15
2002	1283.22
2003	2224.65
2004	1230.12
2005	1211.38
2006	1202.31
2007	1198.63
2008	1194.47
2009	1189.485
2010	1191.215
2011	1189.75
2012	

**AREA**  
**122.310 M<sup>3</sup>/AÑO**

**Media .**  
**5963.55/5 = 1192.71**

**(2000 ) Nivel I Del 2000 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 489240 m3 ÷4 = 122310 M2 122.31 m3/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2000	636.15	77807.50
2001	1821.15	222744.85
2002	1283.22	156950.63
2003	2224.65	272096.94
2004	1230.12	150455.97
2005	1211.38	148163.39
2006	1202.31	147054.53
2007 AL 2011	(1192.71) (122.310) (5) =	729401.80
		1'904,675.61 M3

**(2001 ) Nivel I Del 2000 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 155898.57 m3 ÷4 = 38974.64 M2 38.97 m3/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2000	636.15	24790.76
2001	1821.15	70970.21
2002	1283.22	50007.08
2003	2224.65	86677.85
2004	1230.12	47937.77
2005	1211.38	47207.48
2006	1202.31	46854.02
2007 AL 2011	(1192.71) (38974.64) (5) =	232399.54
		606,844.71 M3

**(2001 ) Nivel II Del 2001 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 351701 m3 ÷4 = 87925.35 m2 87.92 m3/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2000	636.15	55930.31
2001	1821.15	160115.51
2002	1283.22	112820.70
2003	2224.65	195591.23
2004	1230.12	108152.15
2005	1211.38	106504.52
2006	1202.31	105707.9
2007 AL 2011		524315.32
		1'369,136.86 M3

**(2002 ) Nivel II Del 2002 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 448364.25 m<sup>3</sup> ÷4 = 112091.06 m<sup>2</sup> 112.09  
m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2002	1283.22	204132.70
2003	2224.65	143836.13
2004	1230.12	249361.02
2005	1211.38	137884.15
2006	1202.31	135783.58
2007 AL 2011		<u>668454.32</u>
		1'539,451.90 M3

**(2002 ) Nivel III Del 2002 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 78414.75 m<sup>3</sup> ÷4 = 19603.69 19.603 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2002	1283.22	25154.57
2003	2224.65	43609.81
2004	1230.12	24114.04
2005	1211.38	23746.68
2006	1202.31	23568.88
2007 AL 2011		<u>116903.47</u>
		257,097.65 M3

**(2003 ) Nivel III Del 2003 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 547200 m<sup>3</sup> ÷4 = 136800 M<sup>2</sup> 136.80 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2003	2224.65	304332.12
2004	1230.12	168280.41
2005	1211.38	165716.78
2006	1202.31	164476.00
2007 AL 2011		<u>815813.64</u>
		1'618,618.95 M3

**(2004 ) Nivel III Del 2004 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 272834 m<sup>3</sup> ÷4 = 68208.54 M2 68.20 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2004	1230.12	83894.18
2005	1211.38	82616.11
2006	1202.31	81997.54
2007 AL 2011		<u>406714.11</u>
		488,711.65 M3

**(2004 ) Nivel IV Del 2004 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 294905.42 m<sup>3</sup> ÷4 = 73726.25 M2 73.73 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2004	1230.12	90696.74
2005	1211.38	89315.04
2006	1202.31	88646.31
2007 AL 2011		<u>439670.18</u>
		708,328.27 M3

**(2005 ) Nivel IV Del 2005 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 589680 m<sup>3</sup> ÷4 = 147420 M2 147.20 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2005	1211.38	178581.64
2006	1202.31	177244.54
2007 AL 2011		<u>879146.54</u>
		1'234,972.72 M3

**(2006 ) Nivel IV Del 2006 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 11586.54 m<sup>3</sup> ÷4 = 2896.63 M2 2.896 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2006	1202.31	3481.89
2007 AL 2011		<u>17274.22</u>
		20,756.10 M3

**(2006 ) Nivel V Del 2006 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 601133.46 m<sup>3</sup> ÷4 = 150283.06 M2 150.28  
m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2006	1202.31	180683.15
2007 AL 2011		<u>896222.36</u>
		1'076,905.50 M3

**(2007 ) Nivel V Del 2007 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 265869.84 m<sup>3</sup> ÷4 = 66467.46 M2 66.47 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2007 AL 2011		396397.17 M3

**(2007 ) Nivel VI Del 2007 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 370770.16 m<sup>3</sup> ÷4 = 92742.54 M2 92.74 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2007 AL 2011		553074.77 M3

**(2008 ) Nivel VI Del 2008 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 393242.36 m<sup>3</sup> ÷4 = 98310.59 M2 98.31 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2008 AL 2011		468439.28 M3

**(2008 ) Nivel VII Del 2008 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 265077.64 m<sup>3</sup> ÷4 = 66269.41 M2 66.26 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2008 AL 2011		315768.44 M3

**(2009 ) Nivel VIII Del 2009 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 439596.5 m<sup>3</sup> ÷4 = 109894.12 M2 109.894 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2009 AL 2011		523660.53 M3

**(2009 ) Nivel VIII Del 2009 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 248363.5 m<sup>3</sup> ÷4 = 62090.87 M2 62.09 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2009 AL 2011		221894.13 M3

**(2010 ) Nivel VIII Del 2010 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 344382.85 m<sup>3</sup> ÷4 = 86095.71 M2 86.09 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2010 AL 2011		205105.98 M3

**(2010 ) Nivel IX Del 2010 a 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 370937.15 m<sup>3</sup> ÷4 =92734.28 M2 92.73 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2010 AL 2011		220786.42 M3

**(2011 ) Nivel IX AÑO 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 73870.72 m<sup>3</sup> ÷4 = 18467.40 M2 18.47 m<sup>3</sup>/año

<b>Años</b>	<b>KG/M2</b>	
2011		21985.40 M3



**(2011 ) Nivel X AÑO 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 291377.39 m<sup>3</sup> ÷4 = 72844.34 M2 72.84 m<sup>3</sup>/año

Años	KG/M2	
2011		86719.73 M3

**(2011 ) Nivel X AÑO 2011**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 53575.34 m<sup>3</sup> ÷4 = 13393.83 M2 13.39 m<sup>3</sup>/año

Años	KG/M2	
2011		15945.09 M3

**(2012 ) Nivel VIII AÑO 2011 A 2012**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 59575.34 m<sup>3</sup> ÷4 = 14893.83 M2 14.89 m<sup>3</sup>/año

Años	KG/M2	
2011 A 2012		17730.80 M3

**(2012 ) Nivel VIII AÑO 2012**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 61719.31 m<sup>3</sup> ÷4 = 15429.82 M2 15.43 m<sup>3</sup>/año

Años	KG/M2	
2012		18346.27 M3

**(2012 ) Nivel X AÑO 2012**

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 60159.59 m<sup>3</sup> ÷4 = 15039.89 M2 15.039 m<sup>3</sup>/año

Años	KG/M2	
2012		17882.43 M3

(2012 ) Nivel XI AÑO 2012

**FACTOR DE CONVERSION**

**Area total de etapa =** 74378.12 m<sup>3</sup> ÷4 = 18594.53 M<sup>2</sup> 18.59 m<sup>3</sup>/año

Años	KG/M <sup>2</sup>
2012	22108.89 M <sup>3</sup>

**3.6.1.2. CONTROL DE LIXIVIADOS**

La captación de lixiviados en la primer etapa del proyecto del relleno sanitario Metropolitano Poniente será a través de líneas de captación y conducción (drenes principales) y líneas secundarias (subdrenes), Dichas líneas deberán rellenarse con material arenoso fino y grava máximo de ¼" de diámetro, el cual será envuelto por un geotextil cuya función principal es minimizar la entrada de finos a los drenes. Para la zona del predio, deberá analizarse en el laboratorio el material friccionante a emplearse sobre los materiales que se colocará en el fondo de la celda, así como de relleno en los drenes.

Los lixiviados captados fluirán por pendiente natural del terreno y gravedad hacia 2 fosas recolectoras de las cuales la primera se ubica en la coordenada X=3,164.98, Y=4,067.77 con una capacidad de 105 m<sup>3</sup>, la segunda que se ubicara aguas abajo a 400 mts de la salida del colector del arroyo el pedregal con una capacidad de 10,000 m<sup>3</sup>. (ver lamina L-9-A)

**3.6.1.3 TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS**

Respecto al tratamiento de los lixiviados, no se tiene contemplado el desarrollo de un sistema para esta primer etapa del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, siendo la causa principal el desconocimiento de la caracterización de estos líquidos.

Las características fisicoquímicas y biológicas de los lixiviados varían ampliamente de un relleno sanitario a otro. Los factores que influyen principalmente en la caracterización de los lixiviados son: el clima en el sitio, la edad del relleno sanitario, los métodos de operación y manejo del sistema, las características físicas del residuo sólido, su grado de estabilización y contenido de humedad, las condiciones ambientales en el momento de muestreo y las interferencias en los métodos analíticos. A continuación se incluyen los factores que influyen en la composición del lixiviado, así como el nombre de los investigadores que lo han detectado.

**Factores que influyen en la composición del lixiviado**

<b>FACTORES</b>	<b>Boyle y Ham. (1974)</b>	<b>Johansen y Carlson (1976)</b>	<b>Chian y Dewalle (1976)</b>	<b>Robinson y Maris (1979)</b>	<b>Da costa et al (1980)</b>
Clima del sitio					
Hidrogeología del sitio					
Edad del relleno					
Diseño del sitio de relleno					
Método de operación en el relleno.					
Características físicas del residuo.					
Altura de capa del residuo.					
Crudo de estabilización del residuo.					
Contenido de humedad a través del residuo.					
Flujo de lixiviado.					
Sistema de muestreo y condiciones ambientales previas al muestreo.					
Interferencias en las técnicas analíticas.					

Fuente : SMISA A.C. – AIDIS No 11, página 22,1991.

Debido a lo anterior, se establece que sería necesario esperar hasta que el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente diera inicio a la generación de lixiviados con el objeto de muestrearlos para determinar sus características físicas y químicas y, posteriormente desarrollar un sistema de tratamiento.

Por lo antes expuesto no se ha contemplado un sistema de tratamiento para los lixiviados que se generen en el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente en su primer etapa. Únicamente se recomienda la recirculación periódica de los lixiviados a las celdas que ya se tengan construidas, con el fin de generar pérdidas por evaporación y evapotranspiración y a la vez acelerar el proceso de digestión biológica que se da en los volúmenes de residuos debidamente confinados y una vez que se tengan los análisis se tomara el tipo de tratamiento mas adecuado, para lo anterior se ponen a continuación algunos procesos utilizados para el tratamiento de lixiviado.

Procesos y operaciones biológicos, químicos y físicos representativos, utilizados para el tratamiento de lixiviados <sup>a</sup>

Proceso de tratamiento	Aplicación	Observaciones
Procesos biológicos		
Fangos activados	Separación de orgánicos	Pueden ser necesarios aditivos de desespumamiento; necesario clarificador separador
Reactores de lotes secuenciados	Separación de orgánicos	Similar a fangos activados, pero no se precisa un clarificador separado; solamente aplicable con tasas de flujo relativamente lentas.
Estanques aireados estabilización	Separación de orgánicos	Requiere una gran superficie de terreno
Procesos de película fija (filtros percoladores, contactores biológicos rotatorios)	Separación de orgánicos	Frecuentemente utilizado con efluentes industriales similares a los lixiviados, pero no ensayado con lixiviados de vertederos.
Lagunas anaerobias	Separación de orgánicos	Requisitos de energía y producción de fangos menores que en los sistemas aerobios; requiere calefacción; mayor potencial para la inestabilidad del proceso; mas lento de los sistemas aerobios
Nitrificación /desnitrificación	Separación de nitrógeno	La nitrificación/desnitrificación puede llevarse a cabo simultáneamente con la separación de orgánicos.
Procesos químicos		
Neutralización	Control del pH	De aplicación limitada para la mayoría de lixiviados.
Precipitación	Separación de metales y algunos aniones	Produce un fango, que posiblemente requiera la evacuación como residuo peligroso.
Oxidación	Separación de orgánicos; detoxificación de algunas especies inorgánicas	Funciona mejor con flujos de residuos diluidos; el uso de cloro puede provocar la formación de hidrocarburos clorados.
Oxidación por aire húmedo	Separación de orgánicos	Costoso, funciona bien con orgánicos refractarios.
Operaciones físicas		

Sedimentación / flotación	Separación de materia de suspensión	Sólo tiene una aplicación limitada; puede utilizarse conjuntamente con otros procesos de tratamiento
Filtración	Separación de materia de suspensión	Solamente útil como proceso de afino
Arrastre por aire	Separación de amoníaco u organismos volátiles	Puede requerir equipamiento de control de la contaminación atmosférica.
Separación por vapor	Separación de orgánicos volátiles	Altos costes energéticos; al vapor de condensado requiere un tratamiento adicional
Absorción	Separación de orgánicos	Tecnología probada; costes variables según lixiviado
Intercambio iónico	Separación de inorgánicos disueltos	Util solamente como un paso de acabado
Ultrafiltración	Separación de bacterias y de orgánicos con alto peso molecular	Propenso al atascamiento; de aplicación limitada para los lixiviados.
Osmosis inversa	Disoluciones diluidas de inorgánicos	Costoso; necesario un pretratamiento extensivo
Evaporación	Cuando no se permite la descarga de lixiviados	Los fangos resultantes pueden ser peligrosos; puede ser costoso excepto en zonas áridas.

Dispositivos representativos utilizados para controlar los lixiviados de vertederos

### 3.6.2. Generación y control de biogas

Una vez que los residuos quedan compactados bajo capas de tierra, se va creando un ambiente libre de oxígeno que permite el desarrollo de diversos tipos de organismos anaerobios, especialmente bacterias que biodegradan la materia orgánica contenida en la residuos sólidos. La descomposición progresiva de la materia orgánica implica la formación de compuestos intermedios (ácidos grasos volátiles y ácido sulfhídrico) que provocan los típicos malos olores de los residuos en descomposición.

Es por ello que en el relleno sanitario deben colocarse sistemas de venteo para controlar la salida de gases y debe cuidarse que las capas de residuos sólidos queden debidamente compactadas y perfectamente cubiertas con tierra para evitar la salida desordenada de los gases nocivos al medio ambiente por sitios que no sean los sistemas de evacuación. Una biodegradación completa de la residuos sólidos ocurre cuando ésta es depositada en capas compactadas y aisladas con tierra por encima y a los lados. A continuación se presentan una serie de factores y características mas importantes en los generación, composición y control de biogas, producido en rellenos sanitarios para residuos sólidos municipales.

Constituyentes típicos encontrados en el gas de vertedero de RSUa

Componente	Porcentaje (base volumen seco)b
Metano	45-60
Dióxido de carbono	40-60
Nitrógeno	2-5
Oxígeno	0,1-1,0
Sulfuros, disulfuros, mercaptanos, etc.	0-1,0
Amoníaco	0,1-1,0
Hidrógeno	0-0,2
Monóxido de carbono	0-0,2
Constituyentes en cantidades traza	0,01-0,6
Característica	Valor
Temperatura	37-67° C
Densidad específica	1,02-1,06
Contenido en humedad	Saturado
Poder calorífico superior, Kcal/m3.	890-1.223

a Adaptado de referencias 16, 24 y 34

b La distribución porcentual exacta variará según la antigüedad del vertedero

Peso molecular, densidad y peso específico de los gases encontrados en un vertedero controlado en condiciones estándar (0°C, 1 atm). (tomado de Tchobanoglous)

Gas	Fórmula	Peso molecular	Densidad, g/L	Peso específico, kg/m3.
Aire		28,97	1,2928	1,293
Amoníaco	NH <sub>3</sub>	17,03	0,7708	0,771
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	44,00	1,9768	1,977
Monóxido de carbono	CO	28,00	1,2501	1,250
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	2,016	0,0898	0,089
Sulfuro de hidrógeno	H <sub>2</sub> S	34,08	1,5392	1,538
Metano	CH <sub>4</sub>	16,03	0,7167	0,717
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	28,02	1,2507	1,251
Oxígeno	O <sub>2</sub>	32,00	1,4289	1,428

Nota: para un comportamiento de gas ideal, la densidad es igual a  $mp/RT$ , donde m es el peso molecular del gas, p es la presión, R es la constante de gas universal, y T es la temperatura utilizando una serie de unidades consistente.

Concentraciones típicas de compuestos en cantidades traza encontrados en el gas de vertedero en 66 vertederos de RSU en California a.

(Tomado de Tchobanoglous)

Compuesto	VIII. Concentración, ppbV <sub>b</sub>		
	Mediana	Media	Máxima
Acetona	0	6.838	240.000
Benceno	932	2.057	39.000
Clorobenceno	0	82	1.640
Cloroformo	0	245	12.000
1,1-Dicloroetano	0	2.801	36.000
Diclorometano	1.150	25.694	620.000
1,1-Dicloroetano	0	130	4.000
Clordietileno	0	2.835	20.000
Tras-1,2-Dicloroetano	0	36	850

2,3-Dicloropropano	0	0	0
1,2-Dicloropropano	0	0	0
Bromuro de etileno	0	0	0
Dicloroetileno	0	59	2.100
Oxido de etileno	0	0	0
Etilbenceno	0	7.334	87.500
Metil-etil-cetona	0	3.092	130.000
1,1,2-Tricloroetano	0	0	0
1,1,1-Tricloroetano	0	615	14.500
Tricloroetileno	0	2.079	32.000
Tolueno	8.125	34.907	280.000
1,1,2,2-tetracloroetano	0	246	16.000
tetracloroetileno	260	5.244	180.000
Cloruro de vinilo	1.150	3.508	32.000
Estirenos	0	1.517	87.000
Acetato de vinilo	0	5.663	240.000
Xileno	0	2.651	38.000

a Adaptado de referencia 5

b ppbV = partes por billón (mil millones por volumen).

Distribución porcentual de los gases de vertedero observados durante los primeros 48 meses después de la clausura de una celda de vertedero

(Tomado de Tchobanoglous)

Intervalo temporal desde el llenado de la celda, meses	IX. Medio, porcentaje por volumen		
	Nitrógeno, N <sub>2</sub>	Dióxido de carbono. CO <sub>2</sub>	Metano, CH <sub>4</sub>
0-3	5,2	88	5
3-6	3,8	76	21
6-12	0,4	65	29
12-18	1,1	52	40
18-24	0,4	53	47
24-30	0,2	52	48
30-36	1,3	46	51
36-42	0,9	50	47
42-48	0,4	51	48

Constituyentes orgánicos rápidamente y lentamente biodegradables en los RSU

Componente de residuos orgánicos	Rápidamente biodegradable	Lentamente biodegradable
Residuos de comida	Si	
Periódicos	Si	
Papel de oficina	Si	
Cartón	Si	
Plásticos <sub>a</sub>		
Textiles		Si
Goma		Si
Cuero		Si
Residuos de Jardín	Si <sub>b</sub>	Si <sub>c</sub>
Madera		Si
Orgánicos misceláneos		Si

- a Los plásticos generalmente son considerados como no biodegradables.
- b Hojas de recorte de césped, normalmente, el 60 por 100 de los residuos de jardín son considerados como rápidamente biodegradables.
- c Porciones leñosas de los residuos de jardín.

Biodegradabilidad de los constituyentes orgánicos en los RSU

Componente de residuos orgánicos	Contenido de lignina, porcentaje SV	Fracción biodegradable <sup>a</sup> , porcentaje SV
Residuos de comida	0,4	0,82
Papel de Periódicos	21,9	0,22
Papel de oficina	0,4	0,82
Cartón	12,9	0,47
Residuos de jardín	4,1	0,72

<sup>a</sup> Fracción Biodegradable =  $0,83 - (0,028) \cdot LC$ . Donde LC = porcentaje SV (Sólidos volátiles).

Componente	Peso húmedo <sup>a</sup> , kg	Peso seco <sup>b</sup> , kg	C	H	O	N	S	Cenizas
<b>Constituyentes orgánicos rápidamente descomponibles</b>								
Residuos de comida	9,0	2,7	1,30	0,17	1,02	0,07	0,01	0,14
Papel	34,0	32,0	13,92	1,92	14,08	0,10	0,06	1,92
Cartón	6,0	5,7	2,51	0,34	2,54	0,02	0,01	0,29
Residuos de jardín	11,1 <sup>d</sup>	4,4	2,10	0,26	1,67	0,15	0,01	0,20
Total	60,1	44,8	19,83	2,69	19,31	0,34	0,09	2,55
<b>Constituyentes orgánicos lentamente descomponibles</b>								
Textiles	2,0	1,8	0,99	0,12	0,56	0,08	----	0,05
Goma	0,5	0,5	0,39	0,05	-	0,01	----	0,05
Cuero	0,5	0,4	0,24	0,03	0,05	0,04	----	0,04
Residuos de jardín	7,4 <sup>e</sup>	3,0	1,43	0,18	1,14	0,10	0,01	0,13
Madera	2,0	1,6	0,79	0,10	0,69	----	----	0,02
Total	12,4	7,3	3,84	0,48	2,44	0,23	0,01	0,29

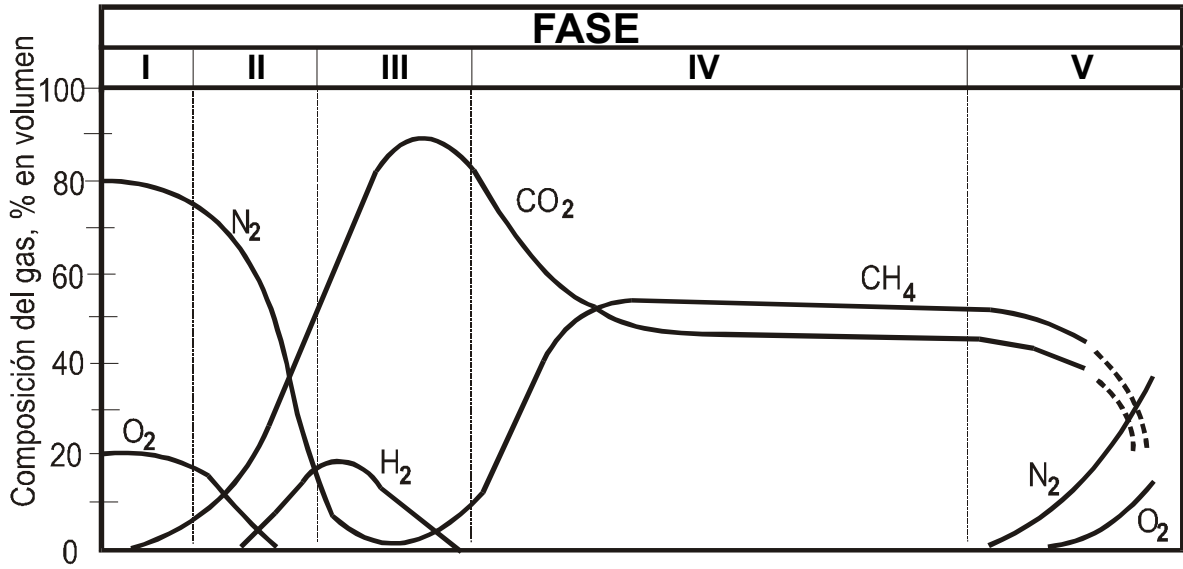
## Marco Técnico

Las condiciones que prevaleceran en el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, constituirán un ambiente propicio para la producción del biogas, que estará directamente relacionada con el contenido orgánico, temperatura, humedad, contenido de oxígeno, tamaño de partícula, compactación y pH de los residuos sólidos municipales que ahí se confinen.

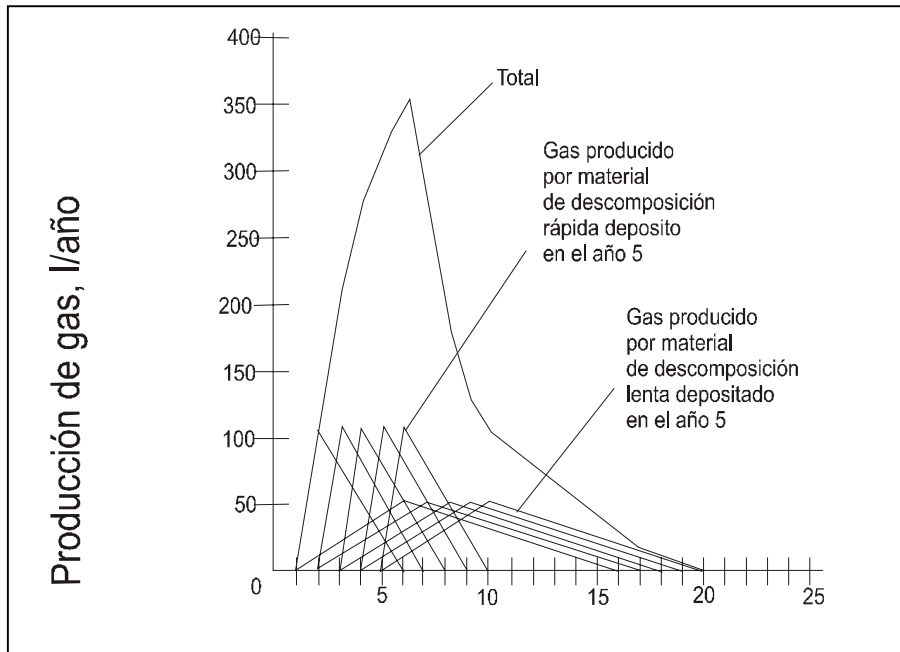
La dinámica en la composición del biogas que se genere en el sitio, cambiará debido a que se presentarán dos procesos básicos de degradación. Primeramente el proceso aerobio y posteriormente el anaerobio.

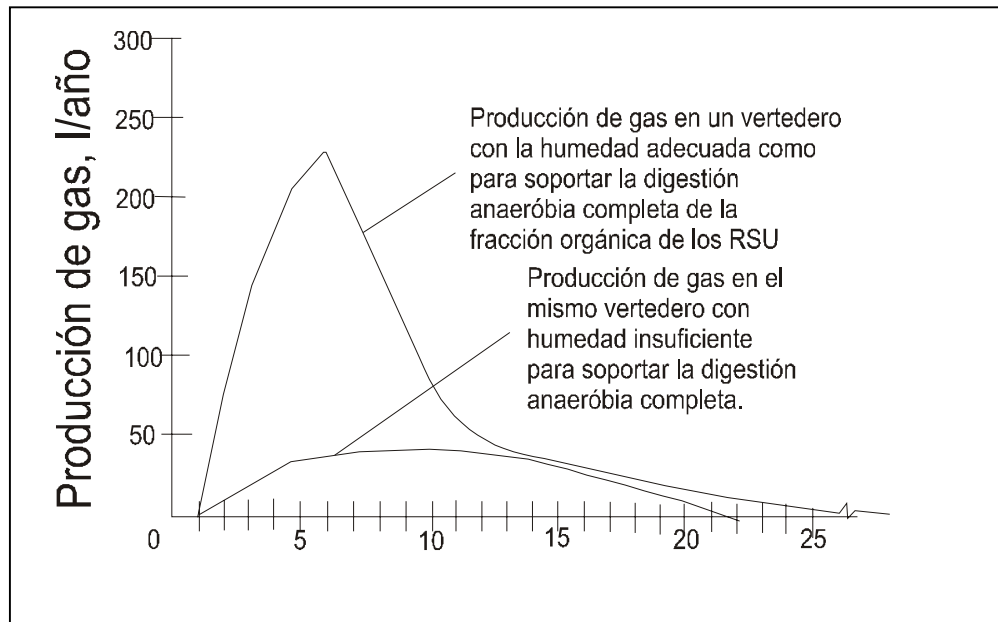
Estos procesos se llevan a cabo en cuatro fases: anaerobia, anaerobia no metanogánica, anaerobica metanogánica inestable y anaerobica metanogánica.





**Fuente:** Chobanoglous George y Theisen Hilary  
Gestión Integral de Residuos Sólidos Mc. Graw Hill 1994.





### **Generación de los principales gases en el Relleno Sanitario.**

Como se ilustra en la figura anterior, se considera que la generación de los principales gases del relleno se produce en cinco o menos fases secuenciales

#### **Fase I: Ajuste inicial.**

La Fase I es la fase de ajuste inicial, en la que los componentes orgánicos biodegradables de los Residuos Sólidos, sufren descomposición microbiana, mientras se colocan en un relleno y poco después, en la fase I se produce descomposición biológica bajo condiciones aerobias, porque hay cierta cantidad de aire atrapado dentro del relleno. La fuente principal de organismos, ambos, aerobios y anaerobios, responsables de la descomposición de los residuos es el material del suelo que se utiliza como cobertura diaria y final. Otras fuentes de organismos son los fangos digeridos de plantas de tratamiento de aguas residuales evacuados en muchos vertederos de Residuos Sólidos, y el lixiviado reciclado.

#### **Fase II de Transición.**

En la fase II, identificada como fase de transición, desciende el oxígeno y comienzan a desarrollarse condiciones anaerobias. Mientras el vertedero se convierte en anaerobio, el nitrato y el sulfato, que puedan servir como receptores de electrones en reacciones de conversión biológica, a menudo se reducen a gas nitrógeno y sulfuro de hidrógeno. El comienzo de condiciones anaerobias se puede supervisar midiendo el potencial de oxidación/reducción que tiene el residuo. Las condiciones de reducción suficientes para producir la reducción del nitrato y del sulfato se dan aproximadamente entre  $-50$  a  $-100$  milivoltios. El metano se produce cuando los valores del potencial de oxidación/reducción están dentro del rango de  $-150$  a  $-300$  milivoltios. Mientras sigue bajando el potencial de oxidación/reducción, los miembros de la comunidad microbiana responsables de la conversión del material orgánico de los Residuos Sólidos en metano y dióxido de carbono

empiezan un proceso de tres pasos, con la conversión de material complejo en ácidos orgánicos y otros productos intermedios, como se describe en la fase III. En la fase II, el Ph del lixiviado, si es que esté se forma, comienza a caer debido a la presencia de ácidos orgánicos y al efecto de las elevadas concentraciones de Co2 dentro del relleno.

### **Fase III, Fase ácida.**

En la fase III, fase ácida, se acelera al actividad microbiana iniciada en la fase II con la producción de cantidades significativas de ácidos orgánicos y pequeñas cantidades de gas de hidrogeno. El primer paso en el proceso de tres pasos implica la transformación, mediada por enzimas (hidrólisis) de compuesto con alto peso molecular (por ejemplo, lípidos, polisácaridos, proteínas y ácidos nucleicos) en compuestos aptos para ser utilizados por los microorganismos como fuentes de energía y de carbono celular. El segundo paso en el proceso (ácido génesis) implica la conversión microbiana de los compuestos resultantes del primer paso en compuestos intermedios de bajo peso molecular, como son el ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) y las pequeñas concentraciones de ácido fúlvico y otros ácidos mas complejos. El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es el principal gas generado durante la fase III. También se producirán cantidades mas pequeñas de gas de hidrógeno ( $\text{H}_2$ ). Los microorganismos implicados en esta conversión, llamados colectivamente no metanogénicos, son las bacterias anaerobias facultativas y obligadas. A menudo se identifican estos microorganismos en la literatura de ingeniería como acidogénicos o formadores de ácido.

El pH del lixiviado, si se forma, frecuentemente caerá hasta un valor de 5 o menos, por la presencia de los ácidos orgánicos y por las elevadas concentraciones de  $\text{CO}_2$  dentro del relleno. La demanda de bioquímica de oxígeno (DOB5), la demanda química de oxígeno (DOQ) y la conductividad del lixiviado se incrementará significativamente durante la fase III debido a la disolución de ácidos orgánicos en el lixiviado, también se solubilizaran durante la fase III, algunos constituyentes inorgánicos, principalmente metales pesados, debido a los bajos valores del pH en el lixiviado. Muchos nutrientes esenciales también se separarán con el lixiviado en la fase III. Si no se recicla el lixiviado, se perderán del sistema nutrientes esenciales. Es importante resaltar que si no se forma lixiviado, quedarán dentro del relleno productos de conversión producidos durante la fase III, como constituyentes absorbidos en el agua contenida por los residuos, como se define en la capacidad de campo.

### **FASE IV Fase de fermentación del metano**

En la fase IV, la fase de fermentación del metano, un segundo grupo de microorganismos, que convierten el ácido acético y gas de hidrógeno producidos por los formadores de ácidos en la fase ácida en  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ , llegan a ser más predominantes. En algunos casos estos organismos comenzaran a desarrollarse hasta el final de la fase III. Los microorganismos responsables de esta conversión son estrictamente anaerobios y se llaman metanogénicos o formadores de metano. En la fase IV la formación de metano y ácido se produce simultáneamente, aunque la velocidad de formación de ácidos es considerablemente más reducida

Como los ácidos y el gas de hidrógeno producidos por los formadores de ácidos se han convertido en  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$  en la fase IV, el pH dentro del relleno subirá a valores más neutros, en el rango de 6,8 a 8. A continuación, el pH del lixiviado, si se forma, subirá, y se

reducirán las concentraciones de DOB5 y DOQ y el valor de conductividad del lixiviado. Con valores más altos de pH, menos constituyentes inorgánicos quedan en la disolución y, como resultado, la concentración de metales pesados presentes en el lixiviado también se reducirá.

#### **FASE V: Fase de maduración.**

La fase V, fase de maduración, se produce después de convertirse el material inorgánico biodegradable en CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> durante la fase IV. Mientras la humedad sigue migrando a través de los residuos se convierten porciones del material biodegradable que anteriormente no estaban disponibles. Durante la fase V la velocidad de generación del gas del relleno disminuye significativamente, porque la mayoría de los nutrientes disponibles se han separado con el lixiviado durante las fases anteriores, y los sustratos que quedan en el relleno son de una degradación lenta. Los principales gases del relleno que han evolucionado en la fase V con CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>. Según las medidas de sellado en el relleno, también pueden encontrarse pequeñas cantidades de nitrógeno y oxígeno en el gas del relleno. Durante la fase de maduración, el lixiviado a menudo contendrá ácidos húmico y fúlvico, que son difíciles de degradar biológicamente.

#### **Duración de fases.**

La duración de las fases individuales de producción del gas en el relleno variará según la distribución de los componentes orgánicos en el relleno, la disponibilidad de nutrientes, el contenido de humedad de los residuos, el paso de la humedad por el relleno y el grado de compactación inicial. Por ejemplo, si se compactan juntos varios cargamentos de matorrales, la relación carbono/nitrógeno y el balance de nutrientes puede que no sea favorable para la producción del gas en el relleno. De forma similar, se retardará la generación del gas del relleno, si no hay suficiente humedad disponible. Incrementando la densidad del material colocado en el relleno, descenderá la posibilidad de que la humedad llegue a todas las partes de los residuos y, por lo tanto, reducirá la velocidad de bioconversión y la producción de gas.

#### **Características y Volumen de Biogas Estimado.**

##### ***Característica del biogas.***

Los principales componentes del biogas generado en los residuos sólidos son el metano y el dióxido de carbono, además en bajas concentraciones se tiene nitrógeno y ácido sulfhídrico; sin embargo, existen otros componentes a nivel traza que son importantes por sus posibles efectos sobre la salud humana. En la figura se muestra la composición promedio del biogas detectada en sitios de disposición final de residuos sólidos.

En lo que respecta a los compuestos a nivel traza éstos provienen de dos posibles fuentes:

a). Los generados por el proceso de biodegradación natural que se presenta en los sitios de disposición final. En esta fuente se tiene a los siguientes grupos:

- Compuestos Oxigenados.
- Compuestos de azufre.
- hidrocarburos.

b).- Los generados artificialmente por el hombre y que son depositados con los residuos sólidos.

En esta fuente se tiene a los siguientes grupos:

- Hidrocarburos Aromáticos.
- Hidrocarburos clorados.

De estos grupos, en los Estados Unidos de Norteamérica se han identificado compuestos en el biogas cuyas características se asocian con propiedades carcinogénicas. Es importante hacer notar que de acuerdo con los análisis de biogas realizados en el Diagnóstico Ambiental del sitio, se identificó un bajo porcentaje de gas metano (9.92 % de metano y 90.08 % de bióxido de carbono), lo cual se puede deber en primer lugar a la falta de una cubierta impermeable que favorece las condiciones anaerobias de una porción de los estratos interiores o simplemente a la pérdida de dicho elemento, debido a su baja densidad y a la cubierta permeable con que actualmente se cubren los residuos sólidos,

#### COMPOSICION Y CARACTERISTICAS TIPICAS DEL BIOGAS EN UN RELLENO SANITARIO.

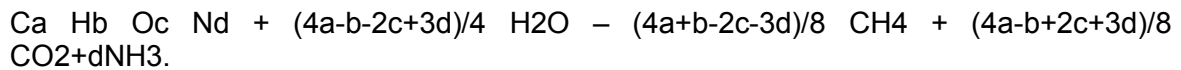
COMPONENTE	% DEL COMPONENTE (VOLUMEN, BASE SECA)
METANO	45-60
BIOXIDO DE CARBONO	40-60
NITROGENO	2.5
OXÓGENO	0.1-1.0
HIDROCARBUROS PARAFINCOS	0.1
HIDROCARBUROS AROMATICOS Y CICLICOS	0.2
HIDROGENO	0.02
ACIDO SULFHIDRICO	0.02
MONOXIDO DE CARBONO	0.02
COMPUESTOS TRAZAS	0.01-0.6
CAPACIDAD CALORIFICA	300-550
GRAVEDAD ESPECIFICA	1.04
CONTENIDO DE HUMEDAD	SATURADO
TEMPERATURA(EN LA FUENTE)	41 °C

La existencia de materiales orgánicos volátiles en el biogas, obliga a que en el relleno sanitario se tenga un control eficiente del mismo, para evitar problemas de salud a los operarios y molestias por los olores desagradables a la población circundante.

## Volumen de Biogas

La estimación del volumen de biogas que se generará en el sitio en estudio, es muy difícil de calcular, debido a que actualmente se cuenta con métodos teóricos, que en ocasiones manejan constantes que han sido determinadas experimentalmente con residuos sólidos con características muy diferentes a los residuos que se generan en nuestro país.

Primeramente, es posible determinar el volumen de biogas potencial a generarse por pesos de unidad de residuos sólidos, usando para ello la estequiometría correspondiente a una gestión anaerobia como la siguiente:



Sin embargo, los resultados que se obtienen con esta técnica no son reales dado que se consideran productos en los mismos residuos tales como lignina, celulosa y grasa que no se biodegradan completamente.

En los últimos años se ha medido en varios rellenos sanitarios y en lisímetros abiertos, el volumen generado por la degradación la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos, sin embargo, a los valores obtenidos han presentado un amplio rango de valores, debido a las múltiples condiciones en las que se encuentra el sistema durante las mediciones. El intervalo encontrado fluctúa entre 0.75 a 34 litros de biogas por kilogramo de residuo húmedo por año pero hay investigadores que han llegado a valores teóricos llamados de última productividad, tan altos como 450 L/Kg. de residuos y valores medidos en laboratorio de 260 L/Kg. Esto obedece a los factores que afectan dicha producción como son: la composición de la basura, la temperatura, el pH y alcalinidad y la cantidad y calidad de nutrientes principalmente nitrógeno, fósforo y potasio contenidos en los residuos sólidos, y finalmente la presencia de algunos inhibidores dentro del relleno.

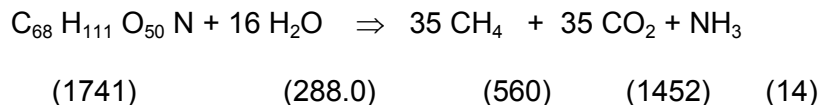
Por otra parte, es conocido que la tasa de producción del biogas varía con el tiempo, por lo que el método estequiométrico requiere de la ayuda de la cinética de reacción, no obstante que la producción de éste continúa por varias décadas, haciéndose difícil la predicción del mismo.

Con base en ese método fue posible estimar la producción de biogas utilizando la metodología del Modelo de Producción de Biogas Triangular propuesto por G. Tchobanoglous (1995), el cual considera como base de cálculo la fracción orgánica de los residuos sólidos: la parte altamente degradable (residuos alimenticios, residuos de jardinería < 60% >, papel, cartón etc.), y la parte moderadamente degradable (madera, residuos de jardinería < 40% >, textiles, etc.). partiendo para el proyecto del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente de una constante de generación de biogas de 150 lts/kg.

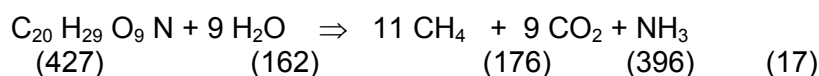
Para el primer caso, el punto máximo de producción de biogas se alcanza en el primer año y se considera un período 5 años de producción de biogas, siguiendo un comportamiento triangular. En el caso de la fracción moderadamente degradable, el pico máximo de producción se considera que se alcanza en los primeros cinco años y la duración del proceso es de 15 años teóricamente,. Ahora bien, el área bajo la curva generada, corresponde al volumen total de biogas producido.

Para calcular la producción de biogas por tipo de residuos según su biodegradabilidad. Tchobanoglous (ref. citada) llega previamente a dos ecuaciones estequiométricas, en las que el término de la izquierda corresponde a la composición química teórica del grupo de residuos en cuestión:

Residuos rápidamente degradables



Residuos lentamente degradables:



ahora bien, considerando la densidad del metano y el bióxido de carbono ( $\delta CH_4 = 0.72$  g/L y  $\delta CO_2 = 1.98$  g/L), y de acuerdo con las ecuaciones estequiométricas anteriores, se tiene que:

***producción de biogas de los residuos rápidamente degradables:***

$$\frac{560 \text{ g } CH_4}{1741 \text{ g RB (0.72 g } CH_4/L \text{ } CH_4)} = 446.7 \text{ L } CH_4/kg \text{ RB}$$

$$\frac{1452 \text{ g } CO_2}{1741 \text{ g RB (1.98 g } CH_2/L \text{ } CO_2)} = 421.2 \text{ L } CO_2/kg \text{ RB}$$

De donde la producción de biogas sería de  $446.7 + 421.2 = 867.9$  L biogas /kg RB.

Nota: En las ecuaciones anteriores, RB se refiere a residuos "Rápidamente biodegradables".

***producción de biogas de los residuos lentamente degradables:***

$$\frac{176 \text{ g } CH_4}{427 \text{ g LB (0.72 g } CH_4/L \text{ } CH_4)} = 572.5 \text{ L } CH_4/kg \text{ LB}$$

$$\frac{396 \text{ g } CO_2}{427 \text{ g LB (1.98 g } CH_2/L \text{ } CO_2)} = 468.4 \text{ L } CO_2/kg \text{ LB}$$

De donde la producción de biogas sería de  $572.5 + 468.4 = 1,049.9$  L biogas / jg LB.

Nota: en las ecuaciones anteriores, LB se refiere a residuos "Lentamente Biodegradables"

La generación de biogas por masa unitaria de residuos biodegradables, ya sean rápida o lentamente degradables, corresponde a la que se presenta en el referencia citada; así.

$$\begin{aligned} 868 \text{ L biogas /kg RB} &= 13.9 \text{ ft}^3 / \text{lb RB} \\ 1041 \text{ L biogas /kg LB} &= 16.7 \text{ ft}^3 / \text{lb LB} \end{aligned}$$

Nota.- (L biogas /kg residuo) / 62.38 = ft<sup>3</sup> / lb residuo

Al multiplicar estos valores por la fracción en base seca de los residuos y por el porcentaje de la materia que efectivamente se biodegrada, Tchobanoglous obtiene valores mas reducidos de generación real de biogas. De esta manera se tiene que:

$$0.448 \times 0.75 \times 13.9 \text{ biogas/lb RB} = 4.704 \text{ ft}^3 / \text{lb residuos sólidos (89\%).}$$

$$0.073 \times 0.50 \times 16.7 \text{ biogas/lb LB} = 0.584 \text{ ft}^3 / \text{lb residuos sólidos (11\%).}$$

$$\underline{\underline{5.288 \text{ ft}^3 / \text{lb residuos sólidos (100\%).}}$$

Nota: 0.448 y 0.73 es la fracción en base seca, y 0.75 y 0.50 es la fracción de la materia que efectivamente se biodegrada, para los residuos biodegradables rápidos y lentos, respectivamente en cada caso.

Este último valor equivale a :  $5.228 \times 62.38 = 329.9 \text{ L biogas/ kg residuo sólido.}$

El valor obtenido es teórico, y es muy superior al que se manejo en párrafos atrás como real obtenible en campo (100-250 L biogas / kg residuo sólido). Por lo anterior, enseguida se harán los ajustes necesarios para manejar una producción conservadora globalizada de 150 L biogas / kg residuo sólido.

Entonces, se tiene que la generación de biogas de acuerdo con el dato de 150 L biogas / kg residuos, quedaría definida por las siguientes relaciones para los dos grupos de subproductos:

$$(0.67) \times (0.80) \times G_{RB} = 133.50 \text{ (89\%)}$$

$$(0.13) \times (0.70) \times G_{LB} = 16.50 \text{ (11\%)}$$

$$\underline{\underline{150.00 \text{ (100 \%)}}}$$

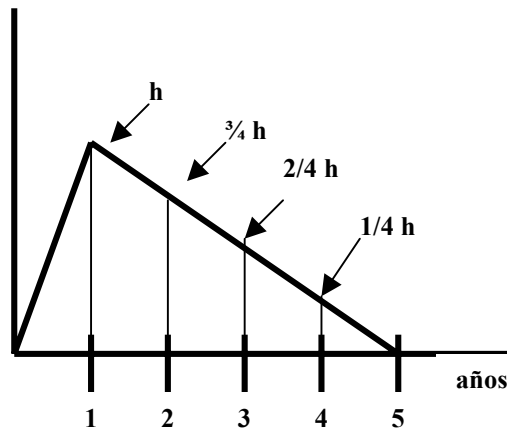
Los valores obtenidos equivalentes son :  $G_{RB} = 250 \text{ L biogas / kg RB}$   
 $G_{LB} = 180 \text{ L biogas / kg LB}$

Estos serían los valores de producción de biogas por tipo de residuos según su biodegradabilidad. En vista de lo que se desea es calcular las producción total de biogas sumada de las producciones particulares los residuos rápida y lentamente degradables, se emplearán directamente los valores de producción particulares obtenidos arriba (113.50 y 16.50 L biogas /kg de residuo sólido en base húmeda) .



Para estimar la producción de biogas con respecto al tiempo para los residuos rápidamente degradables (producción máxima a un año y terminación a los cinco años), se empleará la siguiente figura:

**Tasa de producción de biogas  
(L /año)**



La producción de biogas es igual al área bajo la curva A, y se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{2} b \times h \\ &= 0.5 (\text{años}) (\text{tasa pico de producción} = h) \\ &= 0.5 (5) (h). \end{aligned}$$

Ya que el valor de A es conocido (133.5 L biogas / kg residuo), se tiene entonces que la tasa pico de producción, a ocurrir al primer año, será:

$$\begin{aligned} h &= (2 A) / t \\ &= (2 \times 133.5) / 5 = 53.4 \text{ L biogas /año}. \end{aligned}$$

Una vez conocido el valor de h, es posible determinar la producción de gas en cada año mediante el calculo de las áreas parciales en la figura anterior. Así, para el primer año, la producción de gas será:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{1}{2} b \times h \\ &= 0.5 (1) (53.4) \\ &= 26.7 \text{ L biogas /kg residuo} \end{aligned}$$

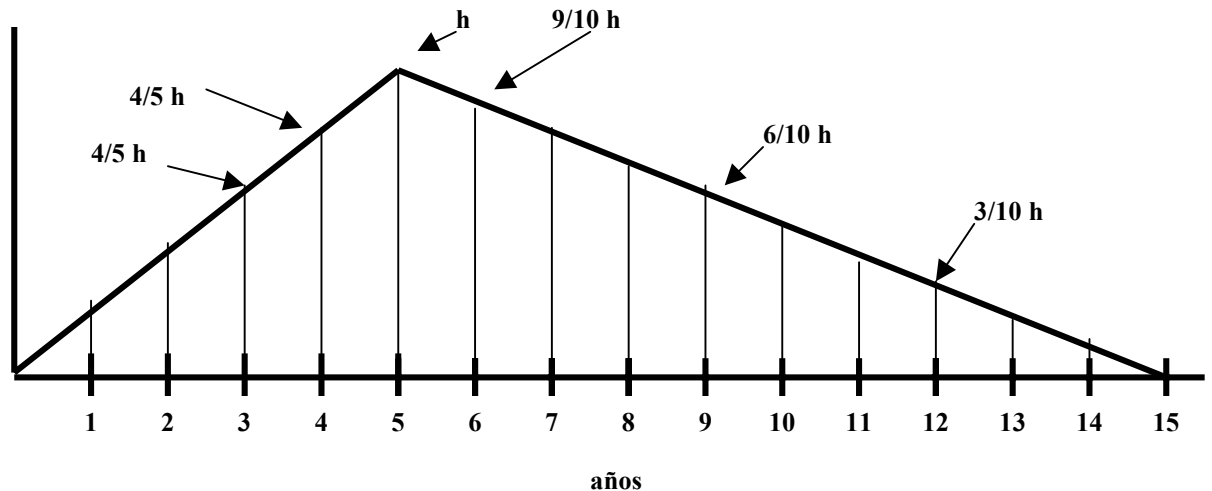
para el segundo año, la cantidad de biogas producido será:

$$\begin{aligned} A_2 &= \text{área rectángulo} + \text{área triángulo} \\ &= (1) \times (0.75 h) + 0.5 (1) (0.25 h) \\ &= 46.7 \text{ L biogas /kg residuo} \end{aligned}$$

y así sucesivamente.

Ahora bien, los residuos que se degradan con lenta velocidad, el modelo simplificado de la cinética de generación considera que la tasa de producción máxima ocurre a un tiempo  $t=5$  años, en tanto que la producción decae paulatinamente hasta un valor de cero al año 15 después de que fueron confinados los residuos. En estas condiciones, la figura geométrica que explica el modelo siguiente.

### Tasa de producción de biogas (L /año)



La tasa máxima de producción de biogas ocurre al año 5. Si la producción total de biogas es igual al área bajo la curva, entonces su valor se determina mediante la relación:

$$A = \frac{1}{2} b \times h$$

De donde, el valor de  $h$ , será igual a:

$$\begin{aligned} h &= 2 A / b \\ &= 2 (16.5) / 5 \\ &= 2.2 \text{ L biogas / año.} \end{aligned}$$

De esta manera, y resolviendo para cada área particular del triángulo como se hizo en el caso anterior, se tiene que:

$$\begin{aligned} A_1 &= (1) (1/5 \times 2.2) / 2 = 0.22 \text{ L biogas / kg residuo.} \\ A_2 &= 1 \times (0.2 \times 2.2) + (1 \times 0.2 \times 2.2) / 2 = 0.66 \text{ L biogas / kg residuo.} \end{aligned}$$

Y así sucesivamente.

De la tabla anterior puede deducirse que, por cada kilogramo de residuos sólidos municipales que se depositan en el relleno sanitario, se genera un total de 150 L biogas. De esta cantidad, 133.5 L se producirán durante los primeros 5 años y corresponderán a la aportación de la materia que se degrada rápidamente, por otra parte, los 13.5 L de biogas restantes serán producidos en un lapso de 15 años y corresponderán a la aportación de la

materia orgánica cuya velocidad de degradación es lenta. Si la totalidad de los residuos depositados fuera de materia rápidamente degradable, el valor de producción alcanzado en cinco años sería el determinado previamente como  $G_{RB} = 250 \text{ L biogas / kg RB}$ .

Asimismo, de acuerdo con estas estimaciones, la mayor producción de biogas se da durante los primeros cinco años de que hayan sido depositados los residuos. De ahí que para proyectos donde se plantea aprovechar el biogas sea muy importante considerar estos años útiles. Aun y cuando algunos sitios de disposición muestran una producción muy marcada de biogas 10 o más años después de que se depositaron residuos en ellos.

Cabe señalar que, en caso de requerirse la determinación de las tasas de generación de biogas para un tiempo determinado, estas pueden obtenerse calculando el valor de la fracción de "h" correspondiente.

Valores de la producción de biogas finales por kilogramo de residuos sólidos derivados de cada grupo de residuos según su velocidad de biodegradación.

<b>Biogas producido (L/ kg residuos sólidos municipal)</b>			
<b>AÑO</b>	<b>RB</b>	<b>LB</b>	<b>TOTAL</b>
1	26.7	0.22	26.92
2	46.7	0.66	47.36
3	33.5	1.09	34.59
4	20.1	1.53	21.63
5	6.7	1.97	8.67
6	-----	2.07	2.07
7	-----	1.86	1.86
8	-----	1.64	1.64
9	-----	1.42	1.42
10	-----	1.20	1.20
11	-----	0.98	0.98
12	-----	0.76	0.76
13	-----	0.55	0.55
14	-----	0.33	0.33
15	-----	0.11	0.11
<b>TOTAL</b>	<b>133.7</b>	<b>16.40</b>	<b>150.09</b>

Con base en los parámetros anteriores se realizó una estimación del biogas generado por la actividad del relleno Sanitario Metropolitano Picachos arrojando los siguientes resultados en la tabla.





## **Diseño del Sistema de Control de Biogas.**

La migración de gases desde los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales, hacia sus alrededores, constituye un problema serio en varias comunidades, ya que el metano, que es el componente combustible del biogas, puede acumularse en ductos, cimientos o espacios cerrados de las estructuras cercanas a estos sitios de disposición final.

Dichas acumulaciones de metano pueden provocar combustión en presencia de oxígeno y en ocasiones explotar, causando pérdidas humanas y materiales a las comunidades cercanas o a la infraestructura instalada en las áreas vecinas y aún a la infraestructura de apoyo del mismo sitio de disposición que esté generando las emisiones de biogas.

### ***Formas para manejar el biogas***

El primer paso para implementar cualquier alternativa de solución es decidir en que forma se controlará el flujo del gas y para ello existen tres opciones generales utilizadas actualmente en los rellenos de varios países: venteo natural, venteo pasivo y extracción activa o recarga.

## **Distribución y Características Generales de los Pozos.**

### **Esparcimiento y distribución.**

#### ***Determinación del radio de influencia***

El radio de influencia de los pozos de venteo normalmente dependen del grado de compactación, tipo de residuos sólidos, de la profundidad del pozo y del flujo de salida del biogas (residuos de mercados, domésticos, de construcción etc.). ahora bien, hay que considerar que dentro de los estratos de residuos sólidos no existe una uniformidad en cuanto a las características de los residuos sólidos, así como de su acomodo. Esto origina que el cálculo para determinar la ubicación de los pozos de venteo sea difícil de llevar a cabo. En la actualidad, se tiene reportado por la literatura que el número de pozos de venteo por un sistema pasivo, será de 2 a 6 piezas por hectárea; sin embargo, se tiene un segundo criterio, para determinar el número de los mismos y consiste en ubicar un pozo de venteo por cada 7,500 m<sup>3</sup> de residuos sólidos, no obstante lo anterior, para el proyecto se realizaron varios ejercicios de distribución y de acuerdo a la conformación final del sitio el resultado fue de 1.7 pozos por hectáreas.

Para fines del proyecto se considerara un radio de influencia de 45 m, el cual concuerda con las recomendaciones cuando no se cuenta con información de campo. El espaciado de los pozos de venteo es la parte medular para lograr un buen control de la producción de biogas en los sitios de disposición final. Los pozos serán esparcidos de tal modo que sus zonas de influencias se traslapen, y se asegure el venteo total del biogas contarán con un 30 % de traslape.

La separación entre pozo y pozo, será de 77.00 M. La distribución definitiva de los pozos dependerá de la posibilidad que presenten los residuos confinados de la configuración del proyecto

### **Numero de pozos y su distribución en el sitio.**

#### ***Numero de pozos.***

El área de influencia del pozo de biogas es de 6,361m<sup>2</sup>, por lo cual se estimó un numero de 66 pozos; considerando un traslape del 30%.(ver lamina L-8).

### **Características generales de los pozos**

***Profundidad.***- Un criterio aceptado internacionalmente y que se aplica en México desde hace varios años, es que los pozos de extracción deben penetrar un 80-90% del espesor de los residuos y un mínimo de 70-80%, de la longitud del tubo captador debe estar perforada o ranurada. De esta manera y conforme a las profundidades de cada nivel del relleno.

### **SISTEMA Y TIPO DE POZOS PROPUESTOS:**

**a) Sistema de Venteo pasivo.** El venteo pasivo es similar al venteo natural, y se basa en los mecanismos de presión natural en el interior del relleno. Sin embargo los sistemas pasivos utilizan tubos colectores o trincheras para interceptar el gas en movimiento y canalizarlo al exterior. Como el relleno se encuentra bajo una presión positiva, debido a la generación de gases de descomposición y el tubo colector o la trinchera se encuentran prácticamente a presión atmosférica o muy cerca de ésta, se induce el movimiento del gas al punto de colección. Este sistema se propone para el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente en su etapa inicial, una vez analizado la producción real, la composición del biogas, su flujo y temperatura se puede modificar el sistema por el activo, de hecho se propone que los tubos que se colocaran en el relleno contaran con varias opciones de operación, como: podrán funcionar como pozos de monitoreo de biogas, como sistema pasivo y como sistema activo, este ultimo, colocándole quemadores a los que así lo requieran para lograr un desalojo mas rápido del biogas.

En varios países desarrollados actualmente se solicita que en los nuevos rellenos sanitarios se instalen sistemas activos de control. Adicionalmente, todos los rellenos existentes de gran capacidad deben instalar un sistema activo para la extracción del biogas. Esto significa que dichos países ya no permiten más la instalación de sistemas pasivos (Lucido,1994).

**b) Sistemas activos.**- Hay dos tipos de sistemas activos(extracción y recarga). Los sistemas de extracción jalan el gas hacia fuera del relleno o los suelos adyacentes, estableciendo un gradiente de presión (vacío) a través del de punto de extracción. Los sistemas de recarga bombean aire al interior de los suelos adyacentes, creando una barrera de presión positiva entre el relleno y las zonas habitadas. Esto conduce el biogas de regreso al relleno y lo aleja de las zonas habitadas.

El tipo de pozos propuestos para instalar en el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente es en principio el pasivo, hasta en tanto no se tengan los resultados de la composición del biogas generado, como su flujo, temperatura y presión, no obstante lo anterior, los pozos y su equipamiento contarán con los elementos para que en su caso cualquiera de los pozos se pueda adecuar a un sistema activo con mechero (quemador de biogas) o bien en su caso aprovecharlo productivamente.

### **Características Generales del Quemador.**

**Suministro de aire.** Para los quemadores a inducción natural, se debe calcular cuidadosamente la presión de la caja de mezclado a partir de sus dimensiones y la temperatura de los gases de combustión. El suministro de aire al quemador debe estar protegido contra las variaciones de la velocidad del aire que pueden causar apagones y regresos de flama.

**Aire en exceso.** Para una combustión completa, es necesario suministrar suficiente aire en exceso.

Un buen diseño de quemador especifica el mínimo aire en exceso posible, compatible con los Requerimientos de la combustión. De modo empírico se sabe que cada 10% de aire en exceso extra se traduce en una pérdida de 0.7% en términos de eficiencia.

**Especificaciones de combustible.** El diseño de quemadores está directamente ligado al tipo de combustible a ser quemado, algunas de las propiedades que deben conocerse claramente son; poder calorífico inferior, composición química promedio, presión y temperatura en el quemador.

**Flama.-** La flama de un quemador convencional a inducción natural es una difusión que se presenta sobre la ignición de un combustible mezclado en aire, a diferencia de la flama aereada que se presenta cuando el combustible y el aire son premezclados antes de someterse a la combustión. Es difícil estructurar una ecuación para dimensionar la flama de un quemador, sin embargo se acepta como criterios de diseño el establecimiento de alturas máximas de 1.5 m y anchos de 2 veces el diámetro del quemador, para quemadores a inducción natural.

**Sistema de ignición.** Se requiere un encendido suave en cualquier quemador por razones de seguridad. Los quemadores pueden ser encendidos manualmente o mediante el sistema de encendido comúnmente conocidos como piloto e inclusive mediante sistemas automáticos de tipo eléctrico. La mayoría de los quemadores a inducción natural son encendidos en forma manual y en el caso específico de los instalados en rellenos sanitarios, utilizando antorchas.

### **3.6.3 SISTEMA DE MONITOREO DE MANTOS ACUÍFEROS.**

#### **Monitoreo para agua subterránea y de la zona vadosa o no saturada.**

Es aquella zona comprendida entre el nivel de la superficie del suelo del sitio, hasta el nivel estático del acuífero, para el proyecto "Picachos" no será necesaria su instalación, ya que el sitio se ubica dentro de la barrera impermeable del acuífero el Arenal en la región Geohidrológica No 18 determinada por la C.N.A. y los niveles estáticos de la zona se



encuentran a más de 200m de profundidad, además que contará con la protección necesaria de impermeabilización en base a Geomembrana, lo que evitara cualquier posibilidad de infiltración de contaminantes al subsuelo.

### **3.6.4. SISTEMA DE MONITOREO DE BIOGAS.**

#### **Monitoreo de la calidad del aire.**

Este monitoreo se relaciona principalmente con la generación de biogas y partículas suspendidas, el objetivo de este monitoreo es detectar la presencia en el aire de compuestos peligrosos o dañinos para la salud pública, determinando sus concentraciones, para evaluar las medidas a tomar para proteger la seguridad y salud de los trabajadores del relleno o de vecinos colindantes.

Para realizar el monitoreo de la calidad del aire de Relleno Sanitario se utilizará un muestreador de captura de aire, empleando un frasco evacuado, una Jeringa para gas o una bolsa colectora de aire de material sintético, el muestreo se realizara cada dos meses, en este método se analizaran los siguientes compuestos:

- Método.
- Monóxido de carbono.
- Cloruro de Vinilo.
- Benceno.
- Acido Sulfhídrico.

Cuando menos se recomienda tomarlo de 3 puntos diferentes dentro del relleno, para el caso de partículas suspendidas se recomienda realizarlo una vez al mes mediante el método Hi-Vol, o muestreador de alto volumen, este dispositivo succiona el aire ambiental, haciéndolo pasar a través de un filtro, y la toma de muestra dura un lapso de 24 hrs. Ininterrumpidas.

### **3.7. Diseño de Obras complementarias**

Para la buena operación de un relleno sanitario resulta indispensable establecer un estricto control del mismo a través de personal, al cual, se le deben proporcionar las condiciones apropiadas para el buen desarrollo de sus actividades; es por lo anterior que en cualquier relleno sanitario debe considerarse necesaria la construcción de ciertas obras complementarias e infraestructura. Entre las que se consideran son las siguientes:

#### **3.7.1 Area de acceso y espera**

Con la finalidad de establecer un control en cuanto a vehículos y personal que ingrese al relleno sanitario, se contará con un área de acceso y espera de 1,000 m<sup>2</sup>, en el acceso a las básculas. (ver detalle en lámina L-3).

### **3.7.2. Cerca perimetral**

Con el propósito de delimitar el área del sitio destinada a relleno sanitario, se colocará un cercado perimetral mixto de malla ciclón y postes galvanizados con alambre de púas. Lo anterior persigue, además de delimitar el área del relleno, controlar y proteger el área de trabajo contra la invasión de personas no autorizadas y/o animales (Ver lámina L-9A).

Además del cercado perimetral, se ha determinado la colocación de una cortina arbórea en perímetro del relleno, integrado por especies propias de la zona, como pinos y robles.

La cortina arbórea funcionará como una franja de protección y amortiguamiento. En la lámina, puede apreciarse el sembrado a tresbolillo de la cortina y en las secciones indicadas en lámina L-9A, puede verse el alzado de la misma

### **3.7.3. Caseta de vigilancia**

Con la finalidad de establecer un control en cuanto a vehículos y personal que ingrese al relleno sanitario, a la entrada al mismo se construirá una caseta destinada a vigilancia y control. Dicha construcción tendrá una superficie de 10.20 M2 ver detalle en lámina L-10A.

### **3.7.4. Caseta de pesaje y báscula.**

Para precisar las toneladas por día que ingresan al Relleno Sanitario Metropolitano Poniente se instalarán dos básculas electrónicas modelo ERCC-1875-VBP/8 con capacidad para 75 toneladas cada una, y son de tipo bajo perfil, sobre piso y sin fosa, ocuparán una superficie de 510 m2, ambas, las cuales darán servicio a los siguientes tipos de vehículos:

- Tractogondolas de transferencia.
- Vehículos compactadores
- Vehículos de Volteo.
- Minicompactadores.
- Contenedores
- Pick up.
- Vehículos particulares.

Las características generales de la báscula son:

Capacidad:	75,000 kg
Dimensiones de la plataforma:	3.30 x 18 m largo c/u.
Número de secciones:	13 secciones.

Ver Lámina L-10 D.

### **3.7.5. Caminos permanentes.**

Para lograr la buena operación de cualquier relleno sanitario, es indispensable contar con una red vial que permita a los camiones recolectores de residuos sólidos llevar estos hasta el frente de trabajo o área de emergencia, según se requiera.

Para el caso específico del Relleno Sanitario, en cuanto a vialidades se tiene contemplado únicamente el camino de acceso, que actualmente existe y va de el entronque de la carretera a San Cristóbal de la Barranca, al predio con una distancia de 2 Km, e inicia desde el cadenamamiento 0+000 al 2+340 hacia el Poniente con un ancho de corona de 8 m y acotamientos de 50 cm. A cada lado.

También se contará con un camino periférico principal en el área del relleno que funcionara como la vialidad permanente donde transitaran todos los vehículos recolectores de residuos para disponerlos en cada uno de los niveles del relleno, además para dar mantenimiento, contara con una longitud de 1 + 575 km. y un ancho de 9 m. (ver lamina L-9A).

### ***DISEÑO DE CAMINOS***

Los caminos dentro de un relleno sanitario se definen como principal e internos, el principal aquel que permanece durante toda la vida útil del relleno sanitario, se conforma habitualmente de forma, perimetral por su parte los internos son de forma temporal y se van conformando según avanza la operación del relleno Sanitario.

### **Relleno sanitario**

El camino principal permitirá el ingreso de vehículos de manera permanente tanto a las áreas. De disposición final, como para dar mantenimiento al relleno, los caminos internos son los que dan acceso al frente de trabajo conforme avanza la operación.

El camino principal será construido con base en una mezcla de material arenoso arcilloso con un ancho que variara de 9.0 m. A 8.0 m., esto es en algunos tramos del camino principal serán sobre las bermas de un nivel del relleno debido a la topografía del sitio, se muestra en la lámina L-9A.

Pero el acceso del camino principal a los niveles superiores del relleno, se establecerán rampas permanentes de acceso con los materiales antes mencionados anteriormente.

### **CAMINO DE ACCESO PRINCIPAL**

El camino de acceso al relleno, a partir del entronque con la carretera a San Cristóbal de la barranca, consiste en un camino pavimentado con roca basáltica y cuenta con una longitud del cadenamamiento 0+000 a 2.+ 340 m. con una superficie de 18,720 m<sup>2</sup>. Careciendo de cunetas para el desvío de aguas pluviales, encontrándose en condiciones deficientes de vialidad, por lo cual requerirá de un acondicionamiento de base compactada y una carpeta asfáltica, para lo anterior se deberán de desarrollar las siguientes acciones:

- Ancho del camino: 8.0 m
- Superficie de rodamiento: revestida con 20 cm de material friccionante.
- Asfalto con mezcla de 8 cm de espesor.
- Cunetas de concreto, en ambos costados con un espesor de 8 cm. F'c= 150 kg/cm<sup>2</sup>.

Sobre este camino se tiene contemplado ubicar lavaderos para el desagüe en los puntos donde se requieran.

Además resulta indispensable la construcción de un puente sobre el arroyo Milpillas ubicado a 240 m. Del entronque con la carretera a San Cristóbal de la Barranca donde actualmente existen 2, los cuales no reúnen las especificaciones técnicas de construcción, por lo cual los hacen vulnerables a algún siniestro.

El puente propuesto se ubicará en el cadenamamiento 0+240, los detalles constructivos de estas obras, pueden apreciarse en lámina L-9A.

Para complementar el camino principal de acceso se deberá incluir la construcción de un puente que sustituya al existente que se encuentra con deficiencias técnicas, el nuevo puente tendrá una longitud de 30 m. Con un ancho de 9.0 m. Para 2 carriles 375 cada uno. Sobre una loza de concreto armada soportada en 3 nervaduras de concreto, un pilote central y 2 alerones de concreto ciclopeo en los extremos.

### **CAMINOS PRINCIPALES DEL RELLENO**

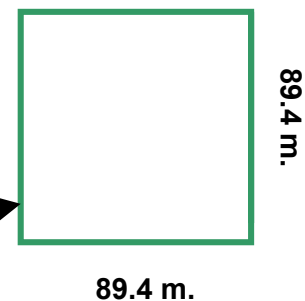
Para cumplir con las condiciones de operación que requiere un relleno sanitario en cuanto a vialidades, a continuación se describirán los caminos internos de operación, los cuales cumplirán la función de permitir una transitabilidad en cualquier época del año.

### **CAMINOS INTERNOS DE OPERACIÓN**

Los caminos internos para operación, han sido programados a construirse por fases, de acuerdo con los avances programados para la construcción del relleno sanitario. Estas vialidades, aunque su utilidad es temporal, debe tomarse en cuenta que al construirse garanticen la transitabilidad de los vehículos recolectores en el relleno sanitario en cualquier época del año; esto es; tanto en época seca como en temporada lluviosa.

#### **3.7.6. área de emergencia.**

El área de emergencia con que contara el proyecto en esta primera etapa, será de 8,000M<sup>2</sup>, que permitirá la disposición de residuos por un tiempo de tres meses, suficientes para afrontar cualquier eventualidad sin obstruir la operación normal de los vehículos recolectores. Enseguida se presenta un esquema.



#### **3.7.7. Drenajes perimetrales e interiores.**

Parte del agua de lluvia que cae en la superficie del terreno donde se construirá el relleno sanitario se evaporará, otra escurrirá a través de la superficie aprovechando las

pendientes naturales del terreno hacia el nivel mas bajo del terreno y el resto será absorbida por el suelo.

El porcentaje de agua que no penetra al suelo se denomina gasto de desagüe o escurrimiento, del cual se tomaran medidas para controlar este exceso de agua, a través de obras hidráulicas, diseñando para tal fin un sistema de control hidráulico por medio de drenajes interiores y exteriores de tal modo que las aguas de lluvia excedentes sean desalojadas del área del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente de manera ordenada. A continuación se presentan estimaciones de las aguas pluviales esperadas en el sitio.

## **DISEÑO DE DRENAJES PLUVIALES**

La función dentro diseño de los drenajes pluviales y captar y conducir los escurrimientos pluviales externos e internos al área del relleno sanitario y dirigirlos hacia hacía el cauce natural, reduciendo al máximo a su volumen para evitar la formación de líquidos lixiviados. Para lograr lo anterior, se estiman los volúmenes, precipitados de lluvia y escurrimientos sobre el sitio para calcular el sistema de drenes, aplicando las siguientes formulas y parámetros.,

## **CÁLCULO DEL GASTO DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (Estudio hidrológico)**

### **Objetivo**

El objetivo de este estudio, es definir la subcuenca hidrológica, donde se construirá el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente para la disposición final de los residuos sólidos urbanos no peligrosos de Z.M.G., así como las características climatológicas y fisiográficas de la misma, a fin de contar con los elementos necesarios para calcular el gasto de escurrimiento superficial que drena en esta subcuenca.

### **Alcance**

El alcance del estudio, consiste en diseñar las obras de protección, control y encauzamiento, a partir del gasto de escurrimiento que se determine.

Lo anterior lleva como propósito salvaguardar convenientemente al relleno sanitario y sus instalaciones, garantizando de esta manera su seguridad contra inundaciones y erosiones provocadas por las precipitaciones en dicha zona.

### **Estimación del volumen de escorrentía por unidad de tiempo.**

En el presente apartado se analiza el balance hídrico, tanto de la microcuenca, como del predio, es con la finalidad de establecer las estrategias para la conservación del suelo y agua de las áreas antes mencionadas, una vez conocido el volumen medio anual escurrido.

Para determinar el balance hídrico de la microcuenca y del proyecto se utilizó el modelo CP-S.A.R.H. (1975) para realizar el cálculo del escurrimiento promedio en cuencas hidrológicas pequeñas, y sin datos de aforo. Es necesario conocer los valores de la

precipitación pluvial media anual, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento, de tal manera que se tomaron como base los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA) de la estación meteorológica de Zapopan, Jal. desde el año de 1987 hasta Julio de 1999.

El modelo a utilizar es el siguiente:

$$Vm = ACPM$$

Donde:

Vm = Volumen medio de escurrimiento en miles de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>).

A = Área de la microcuenca en Km<sup>2</sup>.

C = Coeficiente de escurrimiento que generalmente varía de 0.1 a 1.0

PM = Precipitación media anual en mm.

Para la aplicación de éste modelo es necesario conocer primeramente el coeficiente de escurrimiento, el cual se obtiene en base a las características del suelo del sitio del proyecto y de la microcuenca (textura, cubierta vegetal, topografía). Para nuestra zona de estudio se obtuvieron los coeficientes de escurrimiento que se presentan a continuación.

**Uso actual del suelo en la microcuenca**

USO DEL SUELO	SUPERFICIE KM <sup>2</sup>	%
Bosque	3.15	54.8
Vegetación secundaria + Mat. Esp.	0.10	1.7
Pastizal Inducido	2.50	43.5
Total	5.75	100.0

Para la determinación del volumen de escurrimiento se tomó en cuenta las características del terreno (textura, cubierta vegetal y topografía) además se cotejó con la tabla de valores de coeficientes de escurrimiento en el Manual de Conservación del Suelo y Agua CP. S.A.R.H. (1975).

**Coeficientes de escurrimiento según la topografía y la cobertura vegetal existente en la microcuenca**

CONDICIONES DE LA MICROCUENCA	TOPOGRAFÍA	SUPERFICIE KM <sup>2</sup>	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Bosque	Escarpada 10 – 30%	3.15	0.42
Veg. Sec + mat. Desp.	Plano 0 – 5%	0.10	0.30
Pastizal inducido	Ondulada 5 – 10%	2.50	0.16

**Cálculo de escurrimiento promedio anual en la microcuenca**

USO ACTUAL	PENDIENTE	C.E.	SUPERFICIE KM <sup>2</sup>	P.P. MEDIA ANUAL	ESCURRIMIENTO SUP. (MILES DE M <sup>3</sup> )
Bosque	10 – 30%	0.42	3.15	966.7	1278.9
Pastizal inducido	5 – 10%	0.16	2.50	966.7	386.6
Veg. Sec+Mat Desp.	0 – 5%	0.30	0.10	966.7	29.0
<b>Total</b>			<b>5.75</b>		<b>1,694.5</b>

▪ **Cálculo de Escurrimiento Promedio Anual del Sitio del Proyecto.**

El cálculo del escurrimiento medio anual del sitio del proyecto en estudio se determinó tomando como base la superficie del predio en estudio que es de 70.03 Has. La precipitación pluvial media anual de 966.7mm (dato proporcionado por la Comisión Nacional del Agua, de la estación meteorológica de Zapopan, Jal.) y su coeficiente de escurrimiento, el cual de acuerdo a las características del terreno (textura, cubierta vegetal y topografía) corresponde a 0.42.

Sustituyendo valores para la ecuación:  $V_m = ACPM$

$A = 70.03 \text{ Has.} = 0.703 \text{ km}^2 = 700,380 \text{ m}^2.$

$C = 0.42$

$P_m = 966.7$

$V_m = (0.703) (0.42) (966.7)$

**$V_m = 285.42 \text{ Mm}^3$**

▪ **Cálculo de escurrimiento máximo en la microcuenca.**

Para determinar el cálculo de escurrimiento máximo de la microcuenca y el sitio del proyecto se utilizó el método racional modificado del Manual de Conservación de Suelo y Agua CP-S.A.R.H. (1975), ya que solo se cuenta con los datos de lluvia máxima en 24 horas, proporcionados por la C.N.A. de la estación meteorológica de Zapopan, Jal. considerando un periodo de retorno de 12 años, mismo lapso de tiempo que se tienen registros disponibles en esta estación.

**Probabilidad de lluvia máxima en 24 hrs.**

<b>AÑO</b>	<b>LLUVIA MÁXIMA EN 24 H. EN mm</b>	<b>Nº DE ORDEN</b>	<b>INTENSIDAD MÁXIMA ORDENADA</b>	<b>F (4 AÑOS)</b>	<b>F (8 AÑOS)</b>	<b>F (12 AÑOS)</b>
1987	96.0	1	96.0	F = n/m		
1988	62.2	2	85.0			
1989	49.3	3	72.7	m = n/F	m = n/F	m = n/F
1990	19.4	4	62.2			
1991	72.7	5	62.0	m = 12/4	m = 12/8	M = 12/12
1992	60.3	6	60.3			
1993	31.0	7	54.0	m = 3	m = 1.5	m = 1
1994	34.5	8	53.0			
1995	53.0	9	49.3	F4 = 72.7	F8 = 90.5	F12 = 96.0
1996	54.0	10	34.5			
1997	62.0	11	31.0			
1998	85.0	12	19.4			
		N = 12				

**Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado de la microcuenca, de acuerdo a las condiciones del terreno**

<b>CONDICIONES DE LA MICROCUENCA</b>	<b>SUPERFICIE (Has.)</b>	<b>COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)</b>	<b>SUPERFICIE x COEF. ESCURRIM.</b>	<b>COEFICIENTE DE ESC. (C) PONDERADO</b>
Bosque de encino – roble. Escarpado de 10 – 30% de pendiente	315	0.42	132.3	$C = \frac{175.3}{575}$
Pastizal Inducido Ondulado de 5 - 10% de pendiente	250	0.16	40.0	<b>C = 0.30</b>
Vegetación Secundaria + Mat. Esp. Plano de 0 – 5% de pendiente.	10	0.30	3.0	
<b>TOTAL</b>	<b>575</b>		<b>175.3</b>	

En base al modelo a utilizarse para el cálculo de escurrimiento máximo de la microcuenca mediante el método racional modificado se aplicará la fórmula siguiente:

$$Q = 0.028 \text{ CLA}$$

Donde:

- Q = Escurrimiento máximo (m<sup>3</sup>/seg.)
- 0.028 = Constante numérica
- C = Coeficiente de escurrimiento ponderado
- L = Lluvia máxima en 24 hrs. (cm/hr)
- A = Area de la microcuenca (has.)



Que sustituyendo:

$$Q = 0.028 \times 0.30 \times 9.6 \times 575$$

$$Q = 46.36 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

**Cálculo del escurrimiento máximo del predio.**

$$Q=0.028 \text{ CLA}$$

Donde:

0.028 = Constante numérica

C= 0.42

L= 9.6 cm/hr

A= 70.03 Has. **Superficie del predio**

$$Q= (0.028) (0.42) (9.6) (70.03)$$

$$Q= 7.9 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Con respecto al clima, se tiene que predominan en la región de interés un clima Subhúmedo, que dentro de los climas BS, es el menos seco, ya que presenta un índice de humedad (PIT) menor a 22.9. Es importante citar la temperatura promedio anual que es de 20.8 °C y la precipitación promedio anual es de 966.7 mm (CNA). La zona presenta un período de lluvias definido, éste se inicia en el mes de junio y concluye en el mes de octubre. Los meses más cálidos son marzo, abril, mayo y junio, y los meses más fríos son diciembre, enero y febrero. (CNA 1998).

La dirección de los vientos predominantes, se establece en base a datos proporcionados por el instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara, para la zona Metropolitana de Guadalajara.

MES	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	KM/HR PROMEDIO
Ene	69.39	73.61	102.96	62.83	26.20	28.57	49.10	41.29	3
Feb	76.70	82.02	107.89	60.78	22.64	30.59	46.47	35.60	6
Mar	67.20	90.92	162.57	106.25	28.19	24.69	32.54	28.38	5
Abr	56.45	68.57	149.47	117.45	30.30	24.09	38.45	26.88	6
May	61.97	85.30	153.83	126.09	33.35	26.76	27.69	26.07	8
Jun	87.78	71.02	83.02	69.66	38.61	50.04	83.09	46.83	3
Jul	83.11	58.42	50.92	47.02	38.76	53.07	90.33	56.50	3
Ago	79.92	43.26	43.00	49.33	41.57	72.23	113.76	59.88	3
Sep	72.91	44.11	46.75	50.27	31.11	67.72	107.66	58.86	3
Oct	69.38	38.97	62.63	77.52	31.83	61.80	82.91	48.77	3
Nov	55.97	38.66	63.58	35.55	27.58	36.05	69.11	49.77	3
Dic	56.44	40.22	58.97	70.97	26.19	39.55	52.19	39.04	3
Anual	832.22	735.08	1085.59	873.72	376.33	515.16	793.30	517.87	
Promedio Mensual	69.35	61.25	90.46	72.81	31.36	42.93	66.10	43.15	

## **Factores fisiográficos**

Los factores fisiográficos de una cuenca o subcuenca, son punto de partida de los análisis y determinaciones cuantitativas, entre tales factores cabe citar el área o tamaño de la cuenca, pendiente media y la longitud del escurrimiento natural.

### **Area o magnitud**

Para este caso se determinó una superficie de  $A = 70-03-00$  ha y se estimó un área de aportación de 575 ha.

## **Factores climatológicos**

Los factores climatológicos de las cuencas hidrográficas, en particular la precipitación pluvial, junto con los fisiográficos antes enumerados, son los elementos que definen el tipo y cuantía de los escurrimientos superficiales que se presentan en una zona o región.

Dado que el agua superficial y subterránea de una cuenca tiene su origen en la precipitación pluvial, las características de ésta son de gran importancia en la formación de los escurrimientos superficiales, aunque también influyen de manera secundaria, otros factores climatológicos como son la temperatura, la evaporación, evapotranspiración y los vientos dominantes.

## **Precipitación**

La distribución de la precipitación pluvial en la zona de estudio y sus alrededores presenta fuertes variaciones tanto estacionales como de lugar.

Aproximadamente el 60% de la precipitación se produce entre los meses de junio a septiembre. Los meses más lluviosos son generalmente junio, julio, agosto, septiembre y octubre aunque las tormentas más intensas y que dan origen a las avenidas más caudalosas que se han registrado en algunas corrientes de la zona, se presentan casi siempre en septiembre. Los meses de menor precipitación son normalmente diciembre, enero, febrero y marzo.

La precipitación pluvial anual media en esta zona es de 966.7 mm.

## **Temperatura**

La temperatura media anual en la zona es de 20.8 °C, teniéndose valores máximos y mínimos absolutos de 23 °C y -1 °C respectivamente.

En forma general, diciembre, enero son los meses más fríos y junio el más caluroso.

## **Evaporación**

La evaporación en la zona de estudio se desconoce, debido a que no se cuenta con el registro de dicho parámetro en alguna estación climatológica próxima a la Z.M.G..

## Evapotranspiración

Para el caso de la Z.M.G. al igual que la evaporación, se desconoce la evapotranspiración, sin embargo, para los fines perseguidos en este estudio no afecta en lo más mínimo el resultado buscado (gasto máximo de escurrimiento) ya que el déficit de escurrimiento no será calculado.

## Gasto o caudal de escurrimiento

Por ser una subcuenca pequeña se optó por usar el método racional modificado, que para estos casos resulta adecuado y proporciona gastos máximos congruentes con la realidad y cuya fórmula está dada por la expresión siguiente:

$$Q = 0.028 CLA$$

Donde:

Q = Gasto o caudal máximo en m<sup>3</sup>/seg

0.028 Constante de dimensionamiento de unidades.

A = Area drenada en hectáreas

C = Coeficiente de escurrimiento o impermeabilidad, que depende del tipo de suelo de la cuenca

L= Máxima precipitación en 24 horas para un periodo de retorno dado, expresado en cm.

Para aplicar la expresión anterior, es necesario conocer el valor de cada uno de los parámetros de la cuenca en estudio. Por lo que toca al valor del parámetro geométrico A, su valor se determinó en el inciso referente a los factores fisiográficos.

Los valores C y L, fueron determinados de la siguiente manera:

## DRENES PLUVIALES EXTERNOS E INTERNOS

El cálculo del gasto de escurrimiento realizado anteriormente, servirá para el diseño de los drenes permanentes para el control de escurrimientos pluviales al darse una precipitación pluvial elevada. Como parte de las obras necesarias para controlar escurrimientos pluviales se tiene contemplado de manera independiente a los drenes permanentes, la construcción de cunetas temporales de características comunes, las cuales se excavarán y ubicarán de acuerdo a las necesidades operativas que se vayan presentando y se realizaron en base a los siguientes cálculos:

### **Formula de manning:**

A = Area hidráulica

d = Tirante del Agua

m = Talud

$$M = \frac{a}{d}$$

Perímetro mojado.

$$P = b + 2d \sqrt{1+m^2}$$

Coefficiente de rugosidad = n = 0.013

Fórmula para canales  $V = c \sqrt{rs}$

V = Velocidad Media.  
c = Coeficiente de rugosidad.  
r = Radio Hidráulico.  
s = Pendiente hidráulica.

Coeficiente de manning:

$$C = \frac{r^{1/6}}{n}$$

$$V = \frac{s^{1/2} r^{2/3}}{n}$$

d = Tirante

Area hidráulica  $A = bd + md^2$ .

$$V = \frac{Q}{A} \quad (\text{velocidad})$$

Perímetro mojado

$$P = b + 2d \sqrt{1+m^2}$$

Radio hidráulico

$$r = \frac{A}{P}$$

$$V = \frac{r^{2/3} s^{1/2}}{n}$$

**Valores del gasto en cunetas triangulares obtenidas por la aplicación de las formulas anteriores**

<b>Pendiente del camino en porcentaje</b>	<b>Velocidad del agua máxima e m/seg.</b>	<b>Gasto aproximado en m3/seg.</b>
0-1	0.63	0.22
2	0.89	0.30
3	1.09	0.40
4	1.26	0.45
5	1.41	0.50
6	1.54	0.60

Sección tipo para las cunetas y contracunetas Ver lamina L-9A.

**BERMAS DE CONTENCIÓN**

De acuerdo con el análisis hidrológico realizado en el predio "Picachos" y sus áreas de influencia, se considera necesario construir bermas para contención de escurrimientos durante la operación del relleno sanitario, ya que estas obras hidráulicas controlarán cualquier eventualidad que se presente, dentro de las consideraciones climatológicas y de probabilidad efectuadas.

Por otra parte, analizando las necesidades de obras hidráulicas que posiblemente se requieran al clausurarse la operación del relleno sanitario, se ve necesaria la construcción de bermas intermedias dentro del predio, con el propósito de reducir la longitud de escurrimiento y a la vez minimizar posibles erosionamientos hídricos.

**OBRAS HIDRAULICAS EN ENCAUSAMIENTO Y/O DESVIO DE AGUAS PLUVIALES INTERNAS Y EXTERNAS.**

Derivado de la propia conformación topográfica del sitio y como un requerimiento de ampliación de su vida útil al máximo, se determino canalizar el arroyo intermitente denominado "El pedregal", que atraviesa el área del proyecto con dirección Poniente-Suroriente de acuerdo a su flujo, este será canalizado en una longitud de 1.04 km. A través de un colector de concreto que inicia con un diámetro de 0.90 m en una longitud de 700 ML que incluye tramo del colector principal del arroyo el pedregal con una longitud de 350 m. orientación Noroeste-Sureste el subcolector A, con una longitud de 180 ML. Con orientación Norte-Sureste., el subcolector B con 170 ML. Con la misma orientación de la anterior (ver detalle en el plano L-9A). El colector de 1.20 m de diámetro en lo que corresponde al encausamiento del arroyo el pedregal tiene un longitud de 690 ML. Con la misma orientación. (ver Lamina L-9A) en aguas arriba donde inicia el colector principal se construirá una cortina de gravedad para control de el arroyo, con taludes de mampostería de piedra de tercera en la parte interior y en la parte exterior contará con material, producto de excavación y cortes, así como material permeable, lo ancho de la cortina será de 30 m y una altura máxima de 3.50 m con corona de 0.80 m. Y un vertedor de Demacias. El volumen calculado para captación de 6'000,000 de lts. A su Nivel máximo extraordinario.

## COLECTORES

Canal superficial  $Q = C \times I \times A$

$$\text{Ecuación Manning} = V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} = 0.399 \frac{D^{2/3} S^{1/2}}{n} = 114 R^{2/3} S^{1/2}$$

$$D = 1.548 \left( \frac{nQ}{S} \right)^{3/4}$$

V = Velocidad media en la sección (m/s).

Q = Caudal de aguas (m<sup>3</sup>/s).

R = Radio Hidráulico. (m).

n = Coeficiente de rugosidad de manning = 0.013 para tubo de concreto reforzado perf.

S = Pendiente de la línea de energía (m/m).

(perdida de energía).

### ***Perdida de energía por cambio de dirección y empates de colectores.***

Vc/Dc de 1.5 – 3.0 AHc 0.20 V, 2/2g.

Caudal máximo horario del día en lts/s/ha.

Valor obtenido por áreas.

Q = Caudal superficial V/S

C = Coeficiente de escurrentia (adimensional)

I = Intensidad promedio de la lluvia (L/S ha).

A = Area de drenaje (ha).

### ***Frecuencia de la lluvia varia de 3 a 5 años.***

Tiempo de recorrido en depresiones:

$$T_d = \frac{Ln}{60 R^{2/3} S^{1/2}}$$

manning.

Td = Tiempo de recorrido en min.

L = Longitud de recorrido en m.

n = coeficiente de rugosidad = 0.013

R = Radio hidráulico de la sección.

Del conducto natural en mts.

S = Pendiente de la línea de energía.

Coefficiente de escorrentia : cadena desprovistas de vegetación = 0.60.

Tiempo de concentraciones 5 a 15 min. - tiempo a utilizar 15 min.

$$Q = C_1 IA$$

Coefficiente de escorrentia en suelo duro permeable del

2 al 7 %	0.18 –0.22	0.20	0.25
7 %	0.25-0.35	0.30	

### Método para determinación del escurrimiento

Fórmula racional

$Q = CIA$                        $Q =$  Descarga máxima en pies<sup>3</sup>/seg  
 $C =$  Coeficiente de escorrentía = porcentaje de la lluvia que aparece como escurrimiento directo.  
 $I =$  Intensidad de la lluvia en Pulg/hora  
 $A =$  Cuenca hidrológica o área de drenaje en Ha.

### Frecuencia de ocurrencia de tormenta de 5 a 10 años.

Intensidad (I) de la precipitación pluvial (fórmula Chow.)

$$I = \frac{K F^{n1}}{(t \rightarrow b)^n}$$

$I =$  intensidad de lluvia pulg/hora.  
 $K, b, n, n,$  = Coeficiente  
 $F =$  Frecuencia de la ocurrencia de la lluvia en años.  
 $t =$  Duración de la tormenta en minutos.  
 $Tc =$  Tiempo de concentración.

### Fórmula de Steel

$$I = \frac{k}{T+b}$$

$K$  y  $b =$  dependen de la frecuencia de las tormentas

Frecuencia a 10 años.

$$K = 60 \quad b = 13 \quad t = 15 \text{ min.}$$

$$I = \frac{60}{15+13} = 1428 \text{ pulg/hora} = 5.4428 \text{ cm/hora} \\ 54.42 \text{ mm/hora}$$

Escurrimiento  $Q = CIA$ .

Chezy  $V = C \sqrt{RS}$

V = Velocidad Pies/seg.

C = Coeficiente dependiente de la rugosidad de la superficie del concreto.

S = Pendiente pies por pie de conducto.

R = Radio hidráulico en pies (área transversal del fluido dentro del mismo, dividida entre el perímetro de la sección mojada)

**Maninng:**

$$C = \frac{1.486 R^{1/6}}{n} \quad n = \text{Coeficiente que depende de la rugosidad.}$$

$$V = \frac{1.486 R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

n = 0.010 a 0.017

$$V = \frac{0.590 D^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

n = 0.015

$$Q = 0.463 D^{8/3} S^{1/2} \quad Q = \text{Gasto en pies}^3/\text{s.}$$

$$H_f = 4.66 n^2 = \frac{L Q^2}{D^{16/3}}$$

$$D = \left( \frac{2.159 Qn}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

**Hazen Williams**

$$V = 1.318 C_1 R^{0.63} S^{0.54}$$

Para tubo lleno

$$Q = 0.432 C_1 D^{2.63} S^{0.54}$$

$$H_f = \frac{4.727 L (Q^2)}{D^{4.87} C_1}^{1.85}$$

$$D = \frac{1.76}{S^{0.25}} \left( \frac{Q}{C} \right)^{0.38}$$

V = Velocidad en pies/s.

C<sub>1</sub> = Coeficiente dependiente de la rugosidad de superficie.

R = Radio hidráulico.

S = Perdida de carga por fricción pies por pie.

D = diámetro del tubo (pies)

L = Longitud del tubo (pies).

Q = Gasto en (pies<sup>3</sup>/seg).

hf = Perdida por fricción en pies..





$$F = 0.934 \frac{R^2}{T} \left( \frac{D}{\sqrt{A}} \right)^{0.155}$$

F = Altura anual del escurrimiento en pulg.

R = Precipitación anual en pulg.

T = Temperatura anual en °F.

D = Diferencia en elevación en pies.

A = Area de la cuenca en pies<sup>2</sup> (cuadrados).

Duración de la lluvia | tiempo de concentración inicial de 10 a 20 min, tiempo de recorrido en el colector

Tiempo de concentración

Area: impermeable long = 360 mts.

Cota 200 a 170 = 30 mts.

Pendiente:

Duración máxima agosto/99 24 hrs. = 85.0 mm.

/5 años / /2004 = 127.5 mm.

Duración promedio cálculo = 106.25 mm

Ver detalles de instalación en la lamina No L-9A

### 3.7.8. instalaciones de energía eléctrica.

Dentro de la planeación operativa del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente en su primer etapa se tiene contemplada la instalación de ciertos elementos electromecánicos; como son: un compresor, equipo de bombeo, básculas electrónicas, eliminadora, instalaciones eléctricas, etc.

Por lo anterior, se considera necesario dotar al relleno sanitario de energía eléctrica. Dicho suministro considera la introducción de corriente trifásica en alta (220 V) en una longitud de la instalación de la red de 2 km. aproximadamente, a partir del entronque con la carretera a San Cristóbal y el camino de acceso, la instalación de energía comprende la colocación de 4 transformadores de 15 Kva., misma que alimentará a la acometida ubicada dentro de las instalaciones de lo que será el cobertizo, donde posteriormente será distribuidas a las zonas administrativas, así como continuar para el alumbrado instalado a lo largo del camino principal del relleno, este se establecerá a través de poste de concreto con especificaciones JG-200-03 C.F.E. que se colocaran a cada 50 m. con lámparas de vapor de sodio VEC-OV-15-sodio 250 watts.

### **3.7.9 señalamientos**

Los señalamientos viales se instalarán en el último mes de construcción de las instalaciones, dando el acabado final y que permita a los usuarios y visitantes identificar tanto las restricciones viales como la fácil identificación de la infraestructura existente en el sitio.

Se consideran dos tipos de señalamientos: uno que permita el fácil acceso al relleno sanitario de sección rectangular de 2.50 x 2.20 m y 28 piezas cuadradas con diferentes señalizaciones de 0.60 x 0.60 m. Ver lámina L-9A.

La hechura y rotulación de los señalamientos se efectuará durante toda la construcción del relleno para finalmente ser instalados en el tercer mes de construcción.

Esta actividad es independiente a todas las consideradas durante la construcción y no interfiere en las otras actividades. pueden colocarse los señalamientos viales contemplados para el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, aclarando que pueden incluirse más señalamientos de los aquí mostrados, según se requiera.

### **3.7.10. zona de amortiguamiento.**

#### **CERCADO PERIMETRAL Y FRANJAS DE PROTECCIÓN Y AMORTIGUAMIENTO**

Con el propósito de delimitar el área del sitio destinada a relleno sanitario, se colocará un cercado perimetral mixto de malla ciclón y postes galvanizados con alambre de púas. Lo anterior persigue, además de delimitar el área del relleno, controlar y proteger el área de trabajo contra la invasión de personas no autorizadas y/o animales (Ver lámina L-9A).

Además del cercado perimetral, se ha determinado la colocación de una cortina arbórea en perímetro del relleno, integrado por especies propias de la zona, como pinos y robles.

La cortina arbórea funcionará como una franja de protección y amortiguamiento. En la lámina L-9A puede apreciarse el sembrado a tresbolillo de la cortina y en las secciones indicadas en lámina L-9A, puede verse el alzado de la misma

### **3.7.11. zona de almacenes y bodegas.**

Se contará con una bodega, y sanitarios con regaderas para el personal operativo del taller y en general del relleno sanitario y su superficie es de 45 m<sup>2</sup>. (ver detalle en lámina L-10 A)

### **Area de cobertizo y maquinaria**

La maquinaria empleada en la operación de rellenos sanitarios es cara y por lo mismo, debe protegerse lo mayor posible, con el fin de asegurarle mayor durabilidad y un buen estado. Por lo anterior, se construirá un taller y cobertizo para resguardo y mantenimiento de la maquinaria con una superficie de 200.00 M<sup>2</sup> (esto incluye el área

de taller de mantenimiento y el área de fosas), además para controlar el ingreso se colocará un portón de maya de alambre con una sección 6.00 x 2.00 m. a dos hojas. ver lámina L-10 A.

#### **3.7.12. suministro de agua potable.**

Esta será suministrada por el mismo personal operativo, a través de garrafones de 19 lts. de marca comercial, mismos que serán trasladados hasta el sitio en un vehículo tipo pick up

#### **3.7.13. área administrativa**

Las oficinas administrativas en el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente fueron diseñadas con el fin de proporcionar al personal de administración, supervisión, las condiciones óptimas para el desempeño de sus funciones. La superficie de construcción que tendrán las oficinas será de 40.00 M2 e incluye una oficina administrativa, sanitarios, comedor . Ver Lámina L-10 A.

### **ESTACIONAMIENTO**

El estacionamiento vehicular para el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente se ubicará dentro de las instalaciones de cobertizo y taller, con una superficie de 160 m2. Que dará servicio para 10 cajones para automóviles y el resto de área verde, y dará servicio a los vehículos que emplean los funcionarios y el personal técnico y operativo, así como de proveedores y particulares ver lámina L-10 A.

#### **3.7.14. servicios sanitarios y vestidores.**

Se contará con dos áreas para servicios sanitarios, la primera se ubicará dentro de las oficinas administrativas y será para uso exclusivo del personal de esta área y contará únicamente con servicios sanitarios, la segunda se ubicará en el área del taller y tendrá servicio sanitario, regaderas y vestidores.

También con una bodega, y sanitarios con regaderas para el personal operativo del taller y en general del relleno sanitario y su superficie es de 45 m2. (ver detalle en lámina L-10 A)

#### **3.7.15. Maquinaria y equipo.**

Con la finalidad de que la construcción del relleno sanitario y las operaciones que implica esta obra de ingeniería se realicen en forma adecuada y óptima es imprescindible la utilización de maquinaria y equipo apropiados para lo cual en este capítulo se realizarán diversos análisis tendientes a seleccionar las máquinas y equipos que son necesarios en el proyecto.

La determinación de la maquinaria y del equipo a utilizar en el proyecto del relleno sanitario se ha dividido convenientemente en tres partes:

- La maquinaria y el equipo que deberá emplearse para la preparación del terreno y la construcción de las obras de infraestructura a efecto de garantizar el espacio donde funcionará el relleno sanitario.
- La maquinaria indispensable para la operación en el manejo y la compactación diaria de la residuos sólidos.
- La maquinaria y el equipo complementario para diversas funciones operativas del relleno.

### MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO SANITARIO

A continuación se analiza cada uno de los conceptos estimados para la preparación del terreno y la construcción de las obras de infraestructura, señalándose en cada caso que tipo de maquinaria pesada o equipos deben utilizarse.

#### Tractor de cadenas Cat. D8N. O equivalente

Utilizado para desmonte, despalme, corte y sobreacarreo de material de desperdicio. Con las siguientes características:

X. MODELO	D8N WDA	
Potencia en el Volante	212 Kw	285 hp
Peso en orden de trabajo (Con Servotransmisión)	34.645 kg	76.375 lb.
Modelo de motor	3406	
RPM del motor	2100	
Numero de cilindros	6	
Calibre	137 mm	5,4"
Carrera	165 mm	6,5"
Cilindrada	14,6 L	893 pulg3
Rodillos inferiores (cada lado)	8	
Ancho de Zapata Estándar	560 mm	22"
Largo de cadena en el suelo	3,21 mm	10'6,5"
Area de contacto con el suelo (con Zapata estándar).	3,59 m2	5553 pulg2
Entrevía	2,08 m	6'8"

#### DIMENSIONES PRINCIPALES:

Altura (parte superior desguarnecida)	2,59 m	8'6 "
Altura (incluye cabina ROPS)	3,42 m	11'3"
Longitud total (con hoja)	6,24 m	20'6"
(sin hoja)	4,88 m	16'2"
Ancho (con muñon)	2,94 m	9'8"
(sin muñon)	-----	-----
Espacio libre sobre el suelo	536 mm	21,1"

### Tipos y anchos de hoja

Recta	3,94 m	12'11"
Universal	4,26 m	14'0"
Capacidad del llenado de combustible	481 L	127 gal/EUA

### - Motoniveladora Cat. 130 G. O Equivalente

Para realizar trabajos de rastreo, acamellonamiento, conformación y nivelación de material para terraplén y/o material de revestimiento.

Con las siguientes características:

MODELO	130G	
Potencia neta al volante	101 Kw	135 hp
Peso de trabajo, maquina equipada	13.050 kg	28.770 lb
Modelo de motor	3304	
Clasificación del motor RPM	2000	
Num. De cilindros	4	
Cilindrada	7,0 L	425 pulg3
Reserva de par máxima	30%	
Num. De velocidad de avance y retroceso	6/6	
Velocidad máxima de avance	39,4 km/h	24,5 mph
Velocidad máxima de retroceso	36,9 km/h	22.9 mph
Neumáticos estándar delanteros y traseros	13.0-24 (8 PR)(G-2)	
Eje delantero/dirección:		
Angulo de oscilación	32°	
Inclinación de las ruedas	18°	
Angulo de orientación	50°	
Angulo de articulación	20°	
Radio mínimo de giro	7,3 m	24'0"
Modulo de resistencia de la sección vertical del bastidor delantero min-max	1888-4036 cm3	115-246 pulg3
Numero de zapatas de soporte del circulo	6	
Sistema hidráulico: tipo de bomba	Pistones axiales	
Flujo máximo de la bomba	197 Lpm	52 gal/min
Capacidad	68 L	18 gal/EUA
Presión del implemento máxima:	24.115 kPa	3500 lb/pulg2
Mínima	2965 kPa	430 ib/pulg2
Sistema eléctrico:		
Voltaje	24 V	
Batería estándar		
Amps de arranque en frío a 0°F	750	
Alternador estándar	50 amp	

### DIMENSIONES PRINCIPALES

Altura (incluyendo ROPS)	3,10 m	10'2"
Altura (sin techo)	2,69 m	8'10"

Longitud total	8,30 m	27'3"
Con desgarrador y plancha de empuje	9,73 m	31'11"
Distancia entre ejes	5,92 m	19'5"
Base de la hoja	2,57 m	8'5"
Ancho total (entre los neumáticos delanteros)	2,45 m	8'0"
Hoja estándar: Longitud	3,66 m	12'0"
Altura	610 mm	24"
Espesor	22 mm	0,88"
Levantamiento sobre el suelo	440 mm	17,3"
Alcance máximo en las bermas:		
Con el bastidor recto	1,87 m	6'1,5"
En posición articulada	2,81 m	9'2,5"
Capacidad del tanque de combustible	282 L	75 gal/EUA

#### - Camión de volteo

Para efectuar el acarreo de materiales necesarios para la construcción se requiere un camión de volteo de 7 M3 de capacidad y 171 H.p. de potencia, Motor diesel de cualquier marca.

#### - Compactor de suelos 815B o equivalente

Esta maquina realizara labores de compactación del suelo en las fases de preparación del suelo para impermeabilizarlo, de compactación del material de protección y de drenaje y sus características son las siguientes:

MODELO	815B	
Potencia en el volante	161 Kw	216 hp
Peso en orden de trabajo.	20.035 kg	44.175 lb
Modelo de motor	3306	
Clasificación del motor RPM	2200	
Num. De cilindros	6	
Cilindrada	10,5 L	638 pulg3
Velocidades:		
de avance	4	
De retroceso	4	
Diámetro de giro con la hoja	12,3 m.	40'3"
Capacidad del tanque de combustible	462 L	122 gal/Eua
TAMBORES DE PISONES:		
Ancho de cada tambor	978 mm.	3'2,5"
Diámetro con los pisones	1,42 m.	4'8"
Diámetro sin los pisones	1,03 m.	3'4,5"
Pisones por rueda	60	
Pisones por hilera	12	
Hilera de pisones	5	
Longitud de cada pisón	168 mm.	6,6"
Area del extremo de un pisón	135 cm2.	21 pulg2.

Ancho compactado en dos pasadas	4,35 m.	14'3"
<b>DIMENSIONES PRINCIPALES</b>		
Altura, inclusive ROPS	3,53 m.	11'7"
Altura sin techo**	2,38 m.	7'10"
Distancia entre ejes	3,35 m.	11'10"
Longitud total con hoja topadora	6,80m.	22'4"
Ancho incluyendo los tambores	3,24 m.	10'8"
Espacio libre sobre el suelo**	203 mm.	8"
<b>HOJA TOPADORA RECTA:</b>		
Ancho	3,76 m.	12'
Altura	8,60 m.	2'10"

#### - Camión Pipa

Camión Pipa FAMSA, motor Mercedes diesel de 170 H.p. incluye tanque de 15 m<sup>3</sup> de capacidad; necesario durante la compactación del material para terraplén.

#### - Cargador de Neumáticos Cat. 960F o equivalente

Realiza carga, acarreo y acomodo de material producto de excavación.

Con las siguientes características:

<b>MODELO</b>	<b>960F</b>	
Potencia en el Volante	149 kW	200 hp
Modelo de motor	3116TA	
Clasificación del RPM del motor	2300	
Calibre	105 mm	4,13"
Carrera	127 mm	5"
Numero de cilindros	6	
Cilindrada	6,6 L	403 pulg <sup>3</sup>
Velocidades de avance	Km/h	Mph
1 <sup>a</sup> .	7,0	4,3
2 <sup>a</sup>	13,75	8,4
3 <sup>a</sup>	23,2	14,4
4 <sup>a</sup>	39,4	24,5
Velocidades de retroceso		
1 <sup>a</sup>	7,6	4,7
2 <sup>a</sup>	14,8	9,2
3 <sup>a</sup>	23,2	15,8
4 <sup>a</sup>	39,4	26,8
Tiempo del ciclo hidráulico con carga Nominal en cucharón	<b>Segundos</b>	
Levantamiento	6,0	
Descarga	1,1	
Descenso libre (vacío)	2,2	
Total	9,3	
Entrevía	2,09 m	6'10"



Ancho con neumáticos	2,75 m	9'4"
Espacio libre sobre el suelo	469 mm	18,5"
Capacidad del tanque de combustible	258 L.	68 gal/EUA
Capacidad del tanque hidráulico	153 L.	40,4 gal/EUA

### Compactador de ruedas de acero 826 C o equivalente

Realiza esparcido, compactado y cobertura de residuos sólidos, es la maquina mas agíl y rápida y logra mayores densidades de compactación.

MODELO	826C	
Tipo	Esparcido y compactado de residuos	
Capacidad		
Tierra	3,74 m3	4,89 yd3
Basura	12,75 m3	16,78 yd3
Peso de la topadora	3265 kg	7198 lb.
Dimensiones principales: (tractor y hoja)		
Longitud	8,20 m	26'11"
Ancho	4,50 m	14'9"
Dimensiones de la hoja		
Ancho con cantoneras	4,50 m	14'9"
Altura con vertedera	1041 mm	41"
Altura con rejillas para basura	1936 mm	76,2"
Profundidad max. De excavación	515 mm	20,3"
Espacio libre sobre el suelo		
En levantamiento total	1049 mm	41,3"
Ajuste de inclinación desde la horizontal	-----	-----

**Retroexcavadora 426 B o equivalente.**

Realiza excavaciones de trincheras, cunetéo y carga de materiales

Con las siguientes características:

<b>MODELO</b>	<b>426B</b>	
Potencia en el Volante (neta)	61 kW	79 hp
Potencia en el Volante (bruta)	59 kW	82 hp
Peso en orden de trabajo	6790 kg	14.970 lb
Modelo de motor	3054	
RPM nominales del motor	2200	
Numero de cilindros	4	
Calibre	100 mm	3,94 pulg
Carrera	127 mm	5 pulg
Cilindrada	4,0 L	243 pulg <sup>3</sup>
Velocidades de avance	Km/h	Mph
1 <sup>a</sup>	6,3	3,9
2 <sup>a</sup>	11,7	7,3
3 <sup>a</sup>	22,0	13,7
4 <sup>a</sup>	33,2	20,6
Velocidades de retroceso		
1 <sup>a</sup>	6,3	3,9
2 <sup>a</sup>	11,9	7,4
3 <sup>a</sup>	22,2	13,8
4 <sup>a</sup>	33,5	20,8
Diámetro mínimo de giro	7,88 m	25'10"
Neumáticos delanteros:		
Estándar, tracc. En 2 ruedas	11L-16,12 PR,F3	
Optativos, tracc. En 2 ruedas	11L-16, 10 PR, F3	
Estándar, tracc. En 4 ruedas	10.5-20, 10 PR, R3	
Optativos, tracc. En 4 ruedas	12.5/80-18, 10 PR, I3	
Neumáticos traseros:		
Estándar, tracc. En 2 ruedas	16.9-24, 8 PR, R4	
Optativos, tracc. En 2 ruedas	16.9-24, 10 PR, R4	
Optativos, tracc. En 2 ruedas	19.5L-24, 8 PR, R4	
Optativos, tracc. En 2 ruedas	19.5L-24, 10 PR, R4	
Estándar, tracc. En 4 ruedas	19.5L-24, 10 PR, R4	
Optativos, tracc. En 4 ruedas	19.5L-24, 8 PR, R4	
Brazo E. Optativo	19.5L-24, 10 PR, R4	
Brazo E. Optativo	-----	
Sistema hidráulico con centro cerrado	LSPC	
Capacidad de la bomba:	157 L/min @ 2200 rpm @ 20.670 kPa (41 gal/min @ 2200 rpm @ 3000 lb/pulg <sup>2</sup> )	
Capacidad del tanque de combustible	128 L	34 gal/EUA

### Compactador sobre neumáticos 824 C o equivalente

Realiza el acomodamiento y compactado del material de base y de protección para la colocación de la geomembrana y geotextiles.

Con las siguientes características:

MODELO	824C	
Potencia en el Volante	235 kW	315 hp
Peso en orden de trabajo	30.380 kg	66.975 lb.
Modelo de motor	3406	
RPM nominales del motor	2100	
Numero de cilindros	6	
Cilindrada	14,6 L	893 pulg3
Velocidades:		
De avance	4	
De retroceso	4	
Velocidad máxima de avance	33,2 km/h	20,6 mph
Circulo de giro con la hoja	13,9 m	45'8"
Tamaño de neumáticos estándar	29.5-25, 16 PR (L-3)	
Capacidad del tanque de combustible	589 L	156 gal/EUA

### DIMENSIONES PRINCIPALES:

Altura (parte superior ROPS)	3,959 m	13'0 "
Altura (sin techo)	2,990 m	9'10"
Distancia entre ejes	3,530 m	11'17"
Longitud total con hoja	7,690 m	25'2"
Ancho (con neumáticos estándar)	3,170 m	10'5"
Entrevía	2,360 m	7'9"
Espacio libre sobre el suelo	477 mm	18,8"

### HOJA TOPADORA RECTA:

Ancho	4,192 m	13'9"
Altura	1,220 m	4'0"
Capacidad	4,67 LCM	6,11 LCY
Espacio libre sobre el suelo a levantamiento máximo.	992 mm	39"
Profundidad de corte	390 mm	15,4"
Ajuste de inclinación horiz	1,12 m	3'8"
Ajuste de inclinación vert.	23°	
Velocidad de levantamiento	0,46 m/sec	1,5 pies/sec

## Maquinaria y equipo para el manejo y compactación de los residuos sólidos

La selección de maquinaria pesada depende de varios factores. Los criterios básicos para su selección son:

a) La cantidad de residuos sólidos que recibirá el relleno sanitario en su vida útil, siendo ésta la principal variable que se debe tener en cuenta al escoger el tamaño apropiado de la maquinaria, que en este caso para la primera etapa del relleno es la siguiente:

Como pauta para determinar el modelo apropiado de máquina, basado en la cantidad de residuos producidos por una comunidad. Esta tabla presenta datos de los Estados Unidos de Norteamérica (2.26 kg de material de desperdicio residencial diario por persona), por lo cual únicamente nos estamos basando en los datos de t/día.

### Selección de equipo basada en población y tonelaje diario

POBLACION	t /día	Maquina(s) requerida (s)
0-20,000	0-45	D3 ó 931 ó 936 LFC
20,000-60,000	45-136	D4 6 943 ó 518 LFC 6 936 LFC
60,000-100,000	136-226	DS 6 D6 6 953 y 518 LFC
100,000-140,000	226-317	D6 ó D7 o 963 y 816
140.000-200,000	317-453	D7 ó,D8 ó 973 y 816
200,000-300,000	453-680	D8 o D9 y 826
300,000 y más	680 y más	D9 y 826/Variedad de equipo de apoyo

Nota: el tonelaje diario se basa en 2.26 kg de material de desperdicio residencial diario por persona. La cantidad de desperdicio/persona/día puede variar según la zona residencial y se debe ajustar de acuerdo a la comunidad.

Fuente: Manual de métodos y equipo Caterpillar :caterpillar 1994.

Conforme a esta tabla se recomienda para el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente Se consideren la siguiente maquinaria y equipo:

<b>Actividades</b>	<b>Maquinaria y equipo</b>
<b>1. camino principal e internos</b>	Tractor de cadenas CAT D-8N Motoniveladora 130 G. Camión volteo de 7 m3.
<b>2. Acarreo de residuos</b>	Tractor de cadenas CAT D-8N Compactador 826 C
<b>3. Bandeado y compactado de residuos</b>	Compactador 826 C Tractor de cadenas CAT D-8N
<b>4.- Carga de material de cobertura</b>	Compactador sobre neumáticos 960F Camiones volteos de 7 m3.
<b>5.- Riego de caminos</b>	Camión pipa de 15,000 lts.

### **Uso posterior de la maquinaria**

Básicamente estamos considerando que el Consejo Metropolitano contará con más terreno para ampliar el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente y continuar realizando la disposición final de los residuos sin riesgos de contaminación ambiental

Tomando en cuenta que el volumen diario de residuos sólidos a manejar se irá incrementando.

### **El tipo de manejo que se dará a los residuos sólidos**

Los requisitos de compactación están cobrando importancia crítica al tratar de prolongar la vida de los rellenos, por lo que si se desea una densidad elevada se deberá realizar un compactador de ruedas de acero.

Para el caso del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente, se requerirá la maquinaria descrita anteriormente, ya que los residuos sólidos serán acomodados y compactados hasta alcanzar una densidad promedio de 0.850 kg/m<sup>3</sup>, lo cual se lograra con esta.

Cualquiera que sea el tipo de máquina a utilizar, deben tomarse en cuenta los siguientes datos:

#### **- Grueso de la capa de residuos.**

La profundidad de cada capa compactada tal vez sea el factor controlable más importante que afecte la densidad. Para obtener una densidad máxima, los residuos se deben esparcir y compactar en capas de no más de 60 cm de profundidad. Las capas más gruesas reducirán la densidad que puede desarrollar una máquina en un número determinado de pasadas.

#### **- El número de pasadas hechas sobre los residuos también afecta la densidad.**

Cualquiera que sea el tipo de máquina utilizado, el equipo debe hacer de 3 a 5 pasadas para lograr una densidad óptima.

### **- Pendiente**

El máximo esfuerzo de compactación por una unidad de cadenas se logra trabajando los residuos en una pendiente de 3:1. Las máquinas de cadenas alcanzan mayores densidades al moler y despedazar los residuos en trozos más pequeños al trepar una pendiente.

Sucede exactamente lo opuesto con el compactador de rellenos. Cuanto más plana es la pendiente, tanto mejor será la compactación. Esto se debe a que el peso y la concentración del mismo se utilizan más eficientemente al trabajar en una superficie plana.

### **- Contenido de humedad.**

Se ha demostrado que tiene un efecto significativo sobre la densidad compactada. Se cree que el agua tiende a debilitar las características de "puente" de los residuos, especialmente del papel, tal como grandes trozos de cartón, etc., y, por lo tanto permite una consolidación más apretada. El agua también podría hacer de lubricante, como lo hace en los suelos. Una cantidad mínima de humedad puede aumentar la compactación de los residuos hasta en un 10%.

El contenido de humedad óptimo para alcanzar la máxima compactación de residuos domésticos parece ser de alrededor de 50% por peso. Las pruebas de campo indican contenidos de humedad reales del 10 al 80% durante las temporadas secas y húmedas.

Si bien un contenido de humedad más elevado puede suministrar mayores densidades en el sitio, pero también aumentar la cantidad de lixiviado.

### **Método de relleno utilizado**

se determinó que el método utilizado en el relleno sanitario sea de área, lo que nos permite tener una mayor vida útil en el terreno

### **Trabajos suplementarios**

Antes de seleccionar una máquina para el relleno se deben estudiar los trabajos auxiliares en los que se utilizará la máquina, como son: limpieza y mantenimiento del camino de acceso, excavación y sobreacarreo de materiales, etc. La consideración clave en estos casos es la versatilidad por requerirse de capacidades adicionales, es por ello que una máquina de cadenas es una buena elección.

### **Costo del equipo**

Los criterios de inversión en lo que a maquinaria para la operación del relleno se refiere, está determinada por dos aspectos:

El equipo del relleno cumple tres funciones distintas:

#### **1. El equipo de compactación y manejo de residuos.**

Los tractores de cadenas y compactadores de rellenos con ruedas de acero son las máquinas recomendables para estos propósitos.

#### **2. Las máquinas para la excavación y manejo del material de cobertura**

Deben satisfacer los requisitos diarios de esta función. Si la única función de una máquina es suministrar material de cobertura en el relleno, dicha máquina se puede escoger sobre la base de consideraciones normales de movimientos de tierra, tales como características de material, distancia a los puntos de préstamo, volumen a ser transportado, y demás principios básicos de movimiento de tierra, es decir maximizar el movimiento de tierra en la menor cantidad de tiempo, al menor costo por metro.

### **El equipo de apoyo**

Comprende las motoniveladoras, excavadoras hidráulicas, camiones, compresores de aire, vehículos de servicio, bombas de agua y cualquier otro equipo que resulte necesario.

### **MAQUINARIA Y EQUIPO COMPLEMENTARIO**

La selección de la maquinaria y equipo complementario obedeció principalmente a las cuestiones técnicas que se presentaron para el diseño del relleno sanitario, es decir, determinar el tipo y necesidades de bombeo para recircular los líquidos lixiviados, el modelo y capacidad de la báscula de pesaje, maquinaria y equipo auxiliar para la disposición final de residuos sólidos, así como el equipo necesario para el mantenimiento de la maquinaria.

En base a lo anterior el equipo seleccionado para operar en el Relleno Sanitario Metropolitano Poniente es el siguiente:

#### **- Báscula electrónica**

MARCA:	Revuelta
Modelo:	RCC
Código:	1875-VR
Alcande máximo del indicador:	75 t.
Plataforma	18.00 x 3.00 m

Dispositivo indicador: digital electrónico RAD50 y/o Romana TI. Con impresor de boletos.

Impresor de Boletos: Electrónico REP295. Para original y varias copias y/o mecánica para romana TI. Para original y varias copias

Garantía: 10 años para los equipos y componentes mecánicos.  
2 años para los equipos y componentes electrónicos.

Ambas dentro de los términos establecidos en nuestra póliza de garantía

Distancia al  
Dispositivo indicador: 3.00 m. Desde el eje longitudinal, centro de la plataforma, al eje del dispositivo indicador.

MARCA: Revuelta  
Modelo: ERCC  
Código: 1875-VBP/8  
Alcande máximo del indicador: 75 t.

Plataforma 18.00 x 3.05 m  
Dispuesta para cubierta de concreto.

Dispositivo indicador: digital electrónico RAD50

Impresor de Boletos: Electrónico REP295. Para original y varias copias.

Garantía: 10 años para los equipos y componentes mecánicos.

2 años para los equipos y componentes electrónicos.

Ambas dentro de los términos establecidos en nuestra póliza de garantía

Distancia al  
Dispositivo indicador: 3.00 m. Desde el eje longitudinal, centro de la plataforma, al eje del dispositivo indicador.

### **Indicador digital electrónico RAD50**

#### **Funciones:**

Permite programar 3 encabezados fijos de 16 caracteres alfanuméricos cada uno. Pueden imprimirse nombre de la empresa, dirección, identificación de la báscula, etc.

Formato de boletos programable.

Unidades de medición seleccionables y conversión directa de la unidad principal a la unidad secundaria. Puede programarse una unidad secundaria especial.

#### **Sistema de diagnóstico con autopruebas.**

Prueba el funcionamiento de memoria Ram, conversión A/D, puertos de comunicación, calibración y pantalla.

#### **Función de auditoría**

Detecta cambios de calibración y en la configuración.

#### **16 puntos de corte (setpoints) programables**

para el control de relevadores, activar alarmas o temporizadores (timers), iniciar comandos de impresión, etc.



**CARACTERISTICAS:**

Gabinete NEMA 4x, totalmente de acero inoxidable, aprueba de agua.

Teclado sellado para trabajo pesado.

Soporte de acero inoxidable para escritorio o pared.

Posición de lectura ajustable.

**Pantalla luminosa de alta intensidad (LED's)**

6 dígitos de 25 mm. De alto.

**Alta resolución en pantalla, actualización 60 lecturas/segundo.**

Para aplicaciones de pesaje estático o dinámico.

**Integrado con dos salidas seriales.**

Soporta comunicación RS- 232C, RS-485, RS-422 y lazo corriente 20 mA.

**Calibración digital desde el teclado**

Permite hacer la calibración en 5 puntos para asegurar la linealidad de la báscula o en forma normal (cero-span), o invertida (span-cero).

**Puerto paralelo centronics /TTL (6 entradas/ 9 salidas)**

Para conectar una impresora paralela o controlar relevadores.

**Protección contra variaciones de voltaje.**

**Filtros contra interferencias de radiofrecuencia (RFI) y electromagnéticas (EMI)**

**Filtro digital contra vibraciones y trepidación, 19 pasos de ajuste.**

**Protección con claves de acceso (password) en 3 niveles.**

Evita modificaciones de programación sin autorización.

**Respaldo de baterías.**

Mantiene vigentes la fecha, la hora y la información almacenada en la memoria, cuando se interrumpe el suministro de energía.

**IMPRESOR ELECTRONICO DE BOLETOS**

**REP295**

**Características**

**Operación en modo exclavo.**

La impresión es controlada por el indicador digital vía interfase serial RS-232 C.

**Impresión controlada por software**

Puede controlarse el inicio, terminación, dirección y área de impresión, el tipo y tamaño de caracteres y el espacio entre líneas.

**Función de expulsión automática de papel.**

**Autoprueba de funcionamiento.**

Prueba de funcionamiento de :

- funciones del circuito de control.
- Mecanismo de impresión.
- Calidad de impresión.
- Versión de memoria ROM.
- Revisión de memoria RAM.
- Interruptores de programación.

**Memoria temporal (buffer) con capacidad de 512 caracteres.**

**Mecanismo impresor de impacto:**

Permite imprimir original y varias copias  
( el numero de copias depende del tipo de papel).

**Detector de papel por medio de sensores ópticos:**

Inhibe la impresión cuando no hay papel o esta mal colocado.

**Cartucho de cinta entintada de avance automático.**

**- Motobomba**

El equipo de bombeo para líquidos lixiviados se compone principalmente de una bomba centrífuga Mca SENTINEL fabricada en acero inoxidable para el manejo de fluidos con las siguientes características: caudal: 15 G.P.M.; CDT: 6 m; potencia: 114 H.P.; velocidad: 1750 RPM; fases: 360 Hz; corriente: 220/440 Volts.;  $\phi$  succión: 11/4x1 y descarga.

**- Equipo de lavado y lubricación**

El equipo para el mantenimiento de la maquinaria se seleccionó del tipo industrial de uso moderado, para dar el mantenimiento preventivo y correctivo a todo el equipo que laborará en el relleno, se compone de una lubricadora hidráulica, pistolas de aspersion a presión para el lavado y sopleteado de las máquinas lo cual se realizará diariamente.

**- Compresora con accesorios**

Para la operación del equipo de lavado, lubricación y sopleteado se requerirá de una máquina compresora CBS dos cilindros, dos etapas 1.3 kg/cm<sup>2</sup>, 175 lbs/pg<sup>2</sup>, motor 5 H.p. y 500 lts, la cual se selecciona en base al tiempo que va a operar y a la presión que el equipo requiere para operar eficientemente.

### **- Aspersora y encaladora**

Durante la operación del relleno se requiere como medida preventiva para controlar la presencia de fauna nociva la aplicación de piretroides y encalar algunas capas de residuos sólidos, evitando así cualquier fuente infecciosa para el personal empleado en el relleno.

Por lo que se empleará una aspersora de mochila de 18 lts. Marca Royalcondor.

### **- Camioneta Pick-up**

La maquinaria y equipo utilizado en el relleno sanitario requiere de combustible, lubricantes y refacciones, por lo cual la camioneta dentro de los servicios que ofrecerá es el de acarrear todo lo necesario para que la maquinaria opere con efectividad. La unidad es una camioneta Pick-up de 141 Hp.

El equipo electromecánico, como son bombas centrifugas, compresores, y en general todos aquellos elementos mecánicos accionados eléctricamente, serán objeto de atención especial en cuanto a mantenimiento se refiere, ya que de ellas depende en casos específicos, el buen funcionamiento del relleno.

Para el caso de bombas, se procurará que el motor quede protegido de la intemperie y que sus conexiones están totalmente aisladas. Por último, se recomienda principalmente acatar todas las disposiciones y recomendaciones que hacen los proveedores de la maquinaria y equipo.

## 4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### 4.1. Mano de obra requerida

La plantilla de personal que laborará dentro del relleno sanitario será la siguiente:

#### Requerimiento de Personal

<b>Puesto</b>	<b>Total</b>
Residente General	1
Auxiliar Administrativo	1
Coordinador Operativo	1
Secretaria	1
Básculista	1
Analista	1
Chofer de camioneta.	1
Mecánico	2
Ayudante de maquinaria pesada	1
Operador de Maquinaria	5
Chofer de volteo	4
Auxiliar de chofer	1
Acomodador	1
Checador de material de cobertura	1
Checador de Maquinaria	1
Velador	1
Vigilante	2
Almacenista	1
Topógrafo	1
Cuadrilla de topografía	2
Brigada de limpieza	4
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>

### 1.2. Descripción de la operación

#### Control de acceso y registro.

Uno será para el personal operativo a través de un reloj checador y tarjetas. El otro control será para el ingreso de vehículos recolectores y de transferencia, así como de vehículos particulares, de los vehículos que transporten residuos deberán tomarse los siguientes datos por el control de báscula:

- Origen o procedencia.
- Hora de entrada.
- Tipo de vehículo.
- Tipo de caja y capacidad.
- Tipo de residuos.
- Placas
- No económico.
- Peso al ingreso.
- Hora de salida.

- Peso de salida.
- Observaciones.

## **OPERACIÓN DEL FRENTE DE TRABAJO**

### **Recepción y descarga de residuos en el frente de trabajo**

El acomodador del frente de trabajo señalará a los vehículos recolectores, el sitio donde deberán acomodarse para realizar la descarga de los residuos, buscando en todo momento reducir al máximo el frente de trabajo para agilizar su operación, tomando en cuenta los diversos tipos de vehículos y su tiempo de descarga que puede ser manual o mecánica.

### **Empuje y compactación de residuos**

Los residuos serán empujados y compactados con un flujo de abajo hacia arriba en pendientes de 2.5 -:1 o a 3:1 en capas de 60 cm, logrando una compactación proyectado de 0.850 ton/m<sup>3</sup>, hasta alcanzar la altura proyectada de la celda y terminar con cada nivel proyectado, para la temporada de lluvias se utilizarán obras como bermas temporales de desvío de aguas pluviales para asegurar que no afecten la operación del frente de trabajo.

### **Preparación de la cobertura de los residuos**

Una vez alcanzado el nivel proyectado de cada celda, se prepara la superficie del nivel nivelándola adecuadamente para la recepción del material de cobertura, utilizando la maquinaria pesada propuesta realizando un cerrado de huella, bandeando los residuos en un sentido transversal a este, con un traslape de zapatas de un 25 %.

### **Empuje y compactación del material de cobertura.**

Una vez preparada la superficie de la celda se procede a cubrir los residuos con un espesor compactado del material de 0.15 cm. Esto se realiza con la misma maquinaria utilizada para la compactación de los residuos, adicionalmente se puede optimizar el compactado con la utilización de un equipo vibrocompactador de neumáticos.

### **Control de materiales dispersados por el viento.**

Este control se deberá dar sobre todo a los materiales livianos que pueden ser dispersados por el viento y para controlarse se utilizan cercas móviles de malla ciclón y se colocan en el frente de trabajo contra la dirección del viento.

### **Clausura del relleno sanitario**

Una vez que se agote la capacidad de la 1ra etapa del sitio se procederá a su clausura definitiva procediendo a realizar las acciones contempladas para tal fin como, colocar sobre la último nivel o final, una cobertura de 0.30 m de arcilla compactado y posteriormente 0.50 m de tierra vegetal, la que funciona como material para el desarrollo de vegetación de cobertura, una vez clausurada del sitio no se permitirá el ingreso de ningún

vehículo que pudiera depositar residuos. Además se procederá a la programación de actividades de mantenimiento y control ambiental del sitio como mantenimiento de caminos, drenes pluviales y de lixiviados, fosas de lixiviados, señalamientos, áreas verdes, protección de infraestructura y monitoreo ambiental por lo menos 10 años posterior a la clausura.

### 4.3. Tiempo de operación

#### Horario de operación.

Será de 8:00 a 20:00 hrs. De lunes a domingo 360 días por año, con una hora para comida y una hora para mantenimiento y limpieza, por lo tanto el horario efectivo de operación será de 10:00 hrs.

### 4.4 Generación de los residuos sólidos

Estos serán única y exclusivamente los generados por los propios trabajadores operativos y administrativos, y serán principalmente residuos de comida, papel, plástico, cartón, entre otros. Los cuales serán depositados en tambos de 200 Kg. Para posteriormente depositarlos dentro del relleno.

Lo que se refiere a los residuos sólidos y líquidos catalogados como peligrosos, serán almacenados como peligrosos, serán almacenados y dispuesto de la siguiente manera:

Aceite residual y solventes, se almacenara en tambo metálicos de 200 Lts, etiquetados debidamente y colocados dentro de un área destinada para ello en el taller de mantenimiento, donde serán recogidos por una empresa con autorización oficial para su manejo y disposición final. El mismo procedimiento se aplica a los solventes y otras sustancias peligrosas en estado liquido y/o sólido.

### 4.5. Programa de mantenimiento

El relleno sanitario requerirá de un programa de mantenimiento permanente de sus instalaciones, a continuación se determinan las acciones del programa:

INSTALACIONES O ELEMENTOS	ACCIONES	PERIODICIDAD
Caminos	-Bacheo -Nivelación -Rellenos. -Riego -Limpieza	{ Como se requieran Diario Semanal
Cobertura de residuos	-Cobertura. -Nivelación -Compactación	{ Como se requieran
Infraestructura	Reforzamiento de estructuras Ampliaciones. Modificaciones Reestructuración. Limpieza	{ Como se requieran Diario

Maquinaria y equipo	Lubricación Purgado Sistema de enfriamiento. Sistema eléctrico. Sistema de desplazamiento.	{ Como lo establece El fabricante para cada Maquina o equipo
Areas verdes (introducidas)	Poda Riego Fertilización Fumigación	Como se requiera Diario Como se requiera Como se requiera.
Residuos dispersados por El viento (entorno al sitio)	limpieza	Diaria
Vigilancia del sitio.	Vigilancia	Permanente las 24 hrs.

#### **4.6. Calendario de actividades.**



## 5. ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO

### 5.1. Conformación final

El Relleno Sanitario Metropolitano Poniente "Picachos" contará con una conformación final de 10 niveles y dos subniveles, el nivel de desplante es a partir de la cota 170, creciendo paulatinamente en celdas a razón de 3.85 m. De residuos por 0.15 m. De material de cobertura, sumando cada nivel 4.0 m. Hasta llegar a la cota 222, que en total da una altura máxima de 50.00 m. Ya que la cobertura final es de 0.30 m. De arcilla compactada, mas de 0.50 m. De tierra vegetal, los taludes y bermas estarán cubiertos por una capa de 0.30 m. Compactada.

### 5.2. Estabilización de Taludes

Para la estabilización de taludes se contempla una conformación de la pendiente de 3:1, para evitar deslizamiento del material de cobertura, que pudiera originar la erosión pluvial y eólica, con un promedio de cobertura de 0.30 m. Compactados para el talud y bermas.

### 5.3. Mantenimiento

El relleno sanitario requerirá de un programa de mantenimiento permanente de sus instalaciones, a continuación se determinan las acciones del programa:

INSTALACIONES ELEMENTOS	O	ACCIONES	PERIODICIDAD
Caminos		-Bacheo -Nivelación -Rellenos. -Riego -Limpieza	{ Como se requieran Diario Semanal
Maquinaria y equipo		Lubricación Purgado Sistema de enfriamiento. Sistema eléctrico. Sistema de desplazamiento.	{ Como lo establece El fabricante para cada Maquina o equipo
Areas verdes (introducidas)		Poda Riego Fertilización Fumigación	Como se requiera Diario Como se requiera Como se requiera.
Vigilancia del sitio.		Vigilancia	Permanente las 24 hrs.

## **5.4. Monitoreo y control de contaminantes**

### **Sistema de monitoreo ambiental.**

Este monitoreo se realizara con el objetivo de asegurar, que los contaminantes potenciales emitidos por la operación del relleno sanitario no afecte la salud pública de los trabajadores del sitio o de vecinos cercanos al mismo, si al entorno natural del sitio. El monitoreo ambiental se puede desarrollar los siguientes elementos:

- Monitoreo para agua subterránea y de la zona vadosa o no saturada.
- Monitoreo de ruido ambiental
- Detección de fauna nociva.
- Monitoreo de asentamientos diferenciales.

### **Monitoreo para agua subterránea y de la zona vadosa o no saturada.**

Es aquella zona comprendida entre el nivel de la superficie del suelo del sitio, hasta el nivel estático del acuífero, para el proyecto "Picachos" no será necesaria su relación, ya que el sitio se ubica dentro de la barrera impermeable del acuífero el Arenal en la región Geohidrológica No 18 determinada por la C.N.A., además que contará con la protección necesaria de impermeabilización en base a Geomembrana, lo que evitara cualquier posibilidad de infiltración de contaminantes al subsuelo.

### **Monitoreo de la calidad del aire.**

Este monitoreo se relaciona principalmente con la generación de biogas y partículas suspendidas, el objetivo de este monitoreo es detectar la presencia en el aire de compuestos peligrosos o dañinos para la salud pública, determinando sus concentraciones, para evaluar las medidas a tomar para proteger la seguridad y salud de los trabajadores del relleno o de vecinos colindantes.

Para realizar el monitoreo de la calidad del aire de Relleno Sanitario se utilizará un muestreador de captura de aire, empleando un frasco evacuado, una Jeringa para gas o una bolsa colectora de aire de material sintético, el muestreo se realizara cada dos meses, en este método se analizaron los siguientes compuestos:

- Método.
- Monóxido de carbono.
- Cloruro de Vinilo.
- Benceno.
- Acido Sulfhídrico.

Cuando menos se recomienda tomarlo de 3 puntos diferentes dentro del relleno, para el caso de partículas suspendidas se recomienda realizarlo una vez al mes mediante el método Hi-Vol, o muestreador de alto volumen, este dispositivo succiona el aire ambiental, haciéndolo pasar a través de un filtro, y la toma de muestra dura un lapso de 24 hrs. Ininterrumpidas.

### **Monitoreo de lixiviados**

Se realiza para conocer el potencial de contaminación de los líquidos generados en el Relleno, el método es toma de muestras directas sobre la descarga de los drenes de conducción de lixiviados y en las fosas de almacenamiento, procediendo a analizar en el laboratorio los siguientes parámetros.

- pH
- Conductividad eléctrica o sólidos disueltos totales.
- DBO o DQO
- Alcalinidad total
- Dureza total.

Y complementariamente una prueba Creatib, se recomienda que se realicen por periodo de 4 meses.

### **Monitoreo de ruido ambiental**

Se realiza con el objeto de determinar las condiciones ambientales del sitio respecto al ruido generado por la operación, el que pudiese afectar la salud de los trabajadores principalmente, para este monitoreo se empleará equipo electrónico llamado sonometro de precisión determinando cuando menos 5 puntos de toma de lecturas, sobre todo en aquellas áreas que se vean impactadas por el uso de maquinaria pesada, por el paso de vehículos recolectores y de transferencia, se recomienda la medición del nivel de ruido cada mes.

### **Monitoreo de asentamientos diferenciales**

Este se realizará con el objeto de conocer la evolución de la estabilidad de plataformas finales, la estabilidad de bermas y taludes del relleno, para establecer este monitoreo se sugiere la colocación de 5 monumentos de control. Para determinar con precisión la magnitud de los asentamientos diferenciales que presenten las áreas temidas del relleno y tomar las medidas adecuadas de mantenimiento.

### **Detección de fauna nociva**

Para realizar la detección de la fauna nociva se deberá verificar y detectar los vectores, sus madrigueras y sus sitios de incubación, realizando inspecciones visuales en aquellas áreas donde se observen plagas o daños, poniendo mayor énfasis en las áreas de oficinas, talleres, cobertizo y bodega, realizando rastreos periódicos eliminando aquellas condiciones que favorezcan su proliferación, para lo anterior se pueden utilizar sustancias, químicos atrayentes o trampas físicas.

## II. ASPECTOS GENERALES DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO.

### MEDIO NATURAL

De todos los elementos que conforman el medio o espacio natural, el relieve y la cubierta vegetal destacan más que otros elementos. El clima y sus elementos (relieve, agua, aire, temperatura), así como la estructura geológica y los tipos de suelo (entre otros factores, incluido el hombre) han determinado la configuración del paisaje actual. La relación entre todos estos elementos le confiere al espacio de estudio su fisionomía particular.

La zona de estudio se encuentra rodeada por las sierras de Tesistán y San Esteban, cubiertas en décadas pasadas por un bosque de pino, encino y roble que ahora se encuentra reducido en gran medida. Se ha inducido pastizal en extensas áreas de ladera lo que ha desestabilizado el suelo y acelerado los procesos erosivos. El límite natural de las sierras mencionadas lo marca el río Grande de Santiago bordeándolas por el lado norte, formando un profundo cañón de más 500 m de profundidad. Asimismo, las zonas habitacionales en la zona, se siguen extendiendo, principalmente en el valle de Tesistán; ejerciendo una mayor presión sobre los recursos.

### RASGOS FISICOS

#### 1. CLIMATOLOGÍA.

##### 1.1. TIPO DE CLIMA.

**Considerar la clasificación de Köpen, modificada por E. García.**

Las condiciones y características climatológicas de la zona de acuerdo con la información de la carta de climas escala 1:1,000,000 del INEGI, y a la información recabada en la Comisión Nacional del Agua (C.N.A.), de la estación Meteorológica de Zapopan, Jal. Corresponde al grupo de climas templados semicálidos según Köpen, con lluvia invernal menor del 5 %. De esta manera tenemos que la temperatura promedio es de 20° C, de acuerdo a los datos obtenidos.

De acuerdo a la clasificación climática de Köpen, el clima predominante en la zona de estudio es como a continuación se describe:

#### FORMULA CLIMATICA

(A) C (W<sub>1</sub>) (W) a (e)

#### SIGNIFICADO

**(A) CLIMA CALIDO** (Temperatura Media Anual Mayor que 18° C y menor que 22° C.

La temperatura anual media es 19.3° C.

**C TEMPERATURA MEDIA DEL MES MAS FRIO MENOR DE 18° C.**

La temperatura media de Enero es de 15.4° C.

**(W<sub>1</sub>) LLUVIAS DE VERANO CON COCIENTE PRECIPITACION/TEMPERATURA ENTRE 43.2 Y 55.0.**

La relación entre P/T de la zona es de 46.7

**(W) LLUVIA EN INVIERNO MENOR QUE EL 5% DE LA ANUAL**

La lluvia en invierno es 3.2 % de la anual.

**a VERANO CALIDO TEMPERATURA MEDIA DEL MES MAS CALIDO MAYOR QUE 22° C.**

La temperatura media de Mayo es de 22.8 %.

**(e) OSCILACION TERMICA CONSIDERADA MUY EXTREMOSA POR ENCIMA DE LOS 14° C.**

La oscilación térmica es de 18.7° C.

**1.2 TEMPERATURAS PROMEDIO.**

Los datos de temperatura fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, estación meteorológica de Zapopan, Jal. con registros de temperaturas promedio que se enlistan a continuación:

TEMPERATURAS PROMEDIO. ESTACION METEOROLOGICA ZAPOPAN.

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MED
1987	D/I	D/I	D/I	D/I	D/I	D/I	21.6	22.1	23.6	20.4	19.3	18.2	20.8
1988	16.8	19.5	20.3	23.1	25.0	24.1	22.2	D/I	22.1	19.9	19.8	18.1	20.9
1989	18.4	19.2	20.2	23.1	24.5	25.9	22.2	21.5	21.0	20.7	19.8	16.1	21.0
1990	17.5	17.9	21.7	23.9	25.9	23.6	D/I	D/I	D/I	D/I	D/I	17.4	21.1
1991	16.9	19.5	22.2	24.2	25.4	25.4	19.9	22.4	21.2	20.3	18.3	17.4	21.1
1992	14.5	D/I	D/I	D/I	D/I	D/I	21.0	17.3	20.0	19.4	17.8	17.2	18.1
1993	16.1	17.5	19.4	21.8	23.6	24.8	D/I	D/I	D/I	18.2	19.2	17.8	19.8
1994	17.8	18.6	21.2	22.7	25.4	23.2	22.8	21.8	21.6	20.1	20.4	19.1	21.2
1995	18.0	19.9	20.9	22.4	25.2	24.5	22.6	22.2	21.8	20.8	20.5	16.8	21.3
1996	16.2	22.1	20.2	21.8	25.4	23.7	22.6	21.6	21.8	20.7	18.6	17.3	21.0
1997	15.3	18.6	19.7	19.1	23.0	23.7	22.4	22.8	22.7	20.3	19.7	15.1	20.2
1998	15.6	15.2	20.0	23.4	24.7	25.6	23.5	22.6	22.2	21.5	20.4	18.2	21.1
<b>MED</b>	<b>16.6</b>	<b>18.8</b>	<b>20.6</b>	<b>22.6</b>	<b>24.8</b>	<b>24.5</b>	<b>22.1</b>	<b>21.6</b>	<b>21.8</b>	<b>20.2</b>	<b>19.4</b>	<b>17.4</b>	<b>20.8</b>

**Nota:** para la media solo se tomó en cuenta la información disponible.

### 1.3. PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL (mm).

Al igual que los datos de temperatura, los de precipitación pluvial fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, de la estación meteorológica Zapopan, únicamente tiene los registros de precipitación descritos en la siguiente tabla:

PRECIPITACION PROMEDIO. ESTACION METEOROLOGICA ZAPOPAN.

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MED
1986	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	30.5	0.4	15.4
1987	4.2	28.5	4.4	9.0	34.3	282.2	243.3	249.1	223.4	0.0	3.5	2.1	98.5
1988	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0	180.2	180.5	SD	160.5	62.7	1.6	4.7	85.5
1989	0.0	9.8	0.0	INAP	13.7	52.2	289.8	253.8	166.0	52.1	10.5	48.7	99.6
1990	28.3	21.1	2.0	0.0	31.7	132.3	SD	SD	SD	SD	SD	0.0	43.0
1991	0.5	12.8	0.0	0.0	INAP	156.7	465.2	131.9	108.9	34.6	17.0	11.7	104.4
1992	25.2	SD	SD	SD	SD	SD	310.0	334.5	103.7	115.0	10.5	16.0	130.7
1993	17.0	INAP	0.0	1.0	1.0	128.3	SD	SD	SD	43.0	1.0	0.0	31.8
1994	0.2	0.0	0.0	1.5	INAP	160.0	184.5	221.5	320.5	90.0	4.5	INAP	122.8
1995	2.0	0.0	0.0	0.0	32.0	258.0	156.5	316.2	153.5	18.0	7.0	20.3	107.1
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	12.6	192.0	213.0	256.5	167.5	56.0	10.0	0.0	129.7
1997	1.0	2.0	58.5	58.0	20.5	190.5	399.0	195.0	122.5	108.5	27.0	3.0	98.7
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	121.5	363.0	307.0	231.0	99.0	0.0	0.0	224.3
1999	0.0	0.0											
<b>MED</b>	<b>9.8</b>	<b>14.8</b>	<b>18.4</b>	<b>17.3</b>	<b>20.8</b>	<b>168.5</b>	<b>280.5</b>	<b>251.7</b>	<b>175.8</b>	<b>67.9</b>	<b>11.19</b>	<b>13.3</b>	<b>99.3</b>

**Nota:** para la media solo se tomó en cuenta la información disponible.

### 1.4. INTEMPERISMOS SEVEROS.

Indicar frecuencias de intemperismos, vr. gr. huracanes, heladas, granizadas o algún otro.

#### HELADAS

El riesgo de las heladas es mayor en el fondo de los valles orientados de Norte a Sur debido a que anochece antes y amanece mas tarde, con lo cual el período de embolsamiento del aire frío en el fondo del valle es más largo que en los valles orientados en dirección Este-Oeste. Por lo anterior y debido a la topografía de la zona en estudio, los riesgos sobre las posibilidades de alguna helada disminuyen de manera importante.

En cuanto a información con respecto a las heladas, se carece de estudios específicos en el área por lo que únicamente se cuenta con datos de temperaturas mínimas proporcionados por la C.N.A., de las cuales tenemos que en un lapso de 14 años, solamente en cuatro se han tenido estas temperaturas, y es un solo día por año a saber:

- Diciembre 31 de 1986
- Enero 21 de 1988
- Febrero 11 de 1993 y
- Enero de 1997 se tuvo el último registro mínimo de temperatura con 3 °C.

Es decir, en 14 años hubo solo cuatro heladas de 3 °C, a excepción de la nevada registrada el día 12 de diciembre de 1997, en que se tuvo una temperatura de -5 °C, pero este fenómeno se consideró como un hecho aislado debido a que hacía 110 años que no se registraba un fenómeno de esta naturaleza.

### TEMPERATURAS MINIMAS EN °C

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1986	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	31 3.0
1987	D/I	D/I	D/I	D/I	D/I	D/I	7 11.0	29 15.0	15.0	10.5	8.5	7.5
1988	21 3.0	21 6.5	11 7.0	11.5	7 10.0	5 10.5	15.5	S/I	10 11.0	6 11.0	28 9.0	18 8.5
1989	24 7.5	7.5	16 7.5	10.5	12.5	14 15.0	2 14.0	14.5	22 10.5	10.5	9 8.5	25 5.0
1990	8 6.5	21 5.0	6 10.5	7 10.5	8 13.5	6 12.5	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	10 6.0
1991	16 5.0	01-22 8.5	3 7.0	1-8 9.5	13 12.0	29 15.5	18-26 14.5	11 14.0	13.5	17 11.5	7.5	29 6.5
1992	30 6.5	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	12 13.0	13.0	14.0	5 9.0	27 5.0	8.0
1993	8 5.5	11 3.0	3 4.0	15 8.0	2 12.5	16 12.9	S/D	S/D	S/D	31 10.0	28 9.0	28 7.5
1994	2-28 8.5	2-3 8.0	1 6.5	1 11.0	1 14.0	9 12.5	29 12.0	2 14.0	13 13.0	18 12.0	29 9.0	28 6.5
1995	23 6.0	1 9.0	1 9.0	13 10.0	8 13.0		13 13.0		13 14.0		26-27 7.0	
1996	3 5.0	2 8.5	3-4 6.5	10.0	20 14.0	14 14.0	16 15.0	13.5	21 14.5	12 11.0	11 7.0	22 7.0
1997	3.0	21 6.5	9.0	27 9.5	2 11.0	23-30 13.0	30 11.0	14.0	15.0	19 8.0	29-30 7.0	13-14 0
1998	10 4.0	6 3.5	10 5.0	22 11.0	5 10.0	1-2 13.0	23 14.0	1 15.0	13 14.0	23 12.0	26 10.0	9-11-23 7.0
1999	17 4.0	14 7										

### 1.5. CALIDAD DEL AIRE.

En los centros de población cercanos al sitio en estudio, no existe una red de monitoreo de la calidad del aire, en virtud de que sólo las mayores ciudades del país poseen infraestructura de medición de indicadores de este tipo (como es el caso de la Zona Metropolitana de Guadalajara), debido a que sólo en este tipo de localidades las emisiones a la atmósfera son de tal magnitud que representan problemas para la salud de la población.

La disposición y orientación de las unidades estructurales en la parte central de Jalisco son responsables de las masas de aire y de los vientos dominantes.

La ZMG y los llanos de Tesistán se encuentran rodeados de varias unidades montañosas como: la Sierra la Primavera, Bloque de los Bailadores-Tepopote, Sierra de Tesistán, Bloque de la Sierra de San Esteban, Sierra los Guajolotes en la margen derecha

del río Santiago al noreste de la ZMG formando una especie de corredor ligeramente orientado de NW a SE .

La orientación de los valles y altiplanicies en la Sierra Madre Occidental ejercen una influencia importante en la distribución de los vientos de humedad y las precipitaciones, lo cual nos permite distinguir distintos tipos de climas, además de que nos permite interpretar mejor la influencia de estas unidades en las modificaciones introducidas por el hombre en el medio ambiente como la contaminación atmosférica.

Aunque no existen estudios sobre la calidad del aire en esta región, pero la única fuente de alteración en la zona es la provocada por las actividades propias del relleno sanitario denominado Hazard's, (ubicada al norte del proyecto) actualmente en operación.

Es muy importante mencionar que el relleno antes citado, ha ocasionado la contaminación por lixiviados de un arroyo pequeño que desemboca en el arroyo El Pedregal, provocando una severa contaminación tanto de las aguas, las cuales descargan posteriormente en el arroyo Milpillars y este a su vez desemboca en el A. Grande, el cual finalmente vierte sus aguas en el Río Grande de Santiago, así como del aire por los olores y partículas que emiten a la atmósfera.

## **2. GEOMORFOLOGÍA GENERAL.**

### **2.1. DESCRIPCIÓN BREVE DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE.**

El clima es el determinante principal de la modalidad de los procesos geomorfológicos, es decir, de los procesos de erosión, transporte y sedimentación de los materiales arrancados a las estructuras del relieve. Por otra parte las formas del relieve son testimonio de características paleoclimáticas que reflejan la acción de dichos procesos.

Estos son los responsables de la génesis de nuevas formas, ya sea que se originen a partir de las mismas estructuras geológicas o relieves estructurales, en cuyo caso se habla de un "modelado morfoestructural". O bien a partir de los materiales de alteración de las rocas y detritos productos del intemperismo o erosión aerolar en cuyo caso se trata de un "modelado morfoclimático". Aunque en realidad siempre se trata de un modelado elaborado por el clima.

## UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

### 2.1 Descripción Breve de las Características del Relieve.

En una rápida sistematización de las formas del relieve y con el ánimo de simplificar al máximo la tipología de estas unidades se han delineado las siguientes familias de formas:

Los interfluvios son las áreas prominentes de las zonas montañosas limitados por los valles teniendo así:



Interfluvios de cresta: que corresponden a las montañas de rocas duras como las de la Sierra de Tesistán y los bloques riolíticos de San Esteban, Jacal de Piedra y C. Palomas. Generalmente estos interfluvios están cubiertos por una delgada capa de litosoles, es decir, suelos no evolucionados formados por clastos, gravas y arena.

Interfluvios planos y mesas: Los ejemplos más sobresalientes de esta unidad geomorfológica los encontramos en el "plateau riolítico" marginal al río Santiago, en el sector NW del municipio de Zapopan. La profunda disección de este plateau por parte de los ríos tributarios de este colector ha provocado la formación de extensas mesas cubiertas con suelos en general poco evolucionados y litosoles, pero son aptas para la agricultura con la ventaja de presentar pendientes reducidas.

Las vertientes, son las laderas de las montañas que están en contacto con los interfluvios con los valles y las zonas planas bajas; entre una gran variedad de formas se señalan:

Vertientes rectilíneas y cronizas rocosas: En general corresponden a las laderas de los cerros de las unidades montañosas como la Sierra de Tesistán y los bloques riolíticos, es decir, corresponden a superficies de rocas duras apenas cubiertas con una capa de litosoles. En muy pocos casos presentan convexidades más o menos pronunciadas como para distinguirlas de la mayoría.

El piedemonte es la zona de contacto entre la montaña y la llanura. Bajo esta denominación genérica agrupamos a las formas de erosión y formas de acumulación que se desarrollan como resultado de la acción de los cauces que descienden de la montaña y de los que se inician en esta zona de transición.

- a) Piedemonte antiguo: Corresponden a esta unidad las pequeñas planicies o mesas inclinadas que se presentan adosadas al borde de la montaña y que ocupan los niveles superiores del piedemonte porque parecen haber acompañado a ésta los últimos levantamientos del Pleistoceno. Se observan estos niveles de erosión en los bordes orientales de la Sierra de Tesistán, en el borde oriental de la Sierra de la Primavera entre el C. El Colli y El Tajo, y en el borde N al pie de las vertientes de los cerros El Chapulín y Mesa la Lobera.
- b) Piedemonte intermedio: Lo ocupa el nivel inmediato inferior a la superficie de erosión más antigua que se acaba de mencionar. Estos niveles se han formado a expensas de la erosión y desmantelamiento parcial del nivel superior. Se observan con gran nitidez en el borde oriental de la Sierra de Tesistán en las proximidades de El Taray, en el piedemonte del C. San Francisco, lo mismo que en el sector oriental de la Sierra de la Primavera.
- c) Piedemonte moderno: Está representado por los niveles inferiores que entran en contacto con los llanos y los abanicos aluviales recientes, observándose en los mismos sectores antes referidos.
- d) Abanicos aluviales: La mayoría de los escurrimientos que bajan de la montaña forman en el piedemonte conos de deyección por la sedimentación de los materiales de arrastre en esta zona de menor pendiente. Estos abanicos son relativamente jóvenes; los más antiguos se considera que forman parte de las superficies piedemontañas.

## **2.2. SUSCEPTIBILIDAD DE LA ZONA A:**

### **SISMICIDAD.**

Nuestro país esta asociado a una gran zona generadora de sismos que han ocurrido a lo largo de millones de años. La mayor parte de los sismos de gran magnitud tienen su epicentro en la costa del Pacífico a lo largo de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.

Jalisco, es de los estados de la República Mexicana más susceptibles de ser afectado por algún fenómeno de esta naturaleza ya que se ubica dentro de la franja del Eje Neovolcánico Transversal, una de las zonas de mayor actividad sísmica del mundo.

Dentro de la categoría de riesgo, los más importantes son los sismos y las erupciones volcánicas, por la forma y los efectos que de ellos resultan.

Los sismos son el resultado de la dinámica natural de la tierra y se generan debido al reacondo o fracturamiento de las placas tectónicas por un lado, lo cual provoca una serie de vibraciones en ocasiones leves, pero en otras son tan fuertes que provocan la destrucción de grandes regiones y por otro debido a las erupciones volcánicas.

### **DESLIZAMIENTOS.**

Los deslizamientos se encuentran vinculados a la forma del relieve, alterada o modificada por el hombre, ejemplo de ello son barrancos rellenos, bancos de material urbanizados, ampliación de los parteaguas, a partir de rellenos laterales, urbanización de valles estrechos etc., nuestra zona de estudio es un sitio virgen por lo cual no hay probabilidad de que ocurra este fenómeno, ya que el hombre no ha hecho ninguna modificación en este sitio.

### **DERRUMBES.**

De acuerdo al tipo de material del suelo en nuestra zona de estudio no existe la posibilidad de derrumbes

### **OTROS MOVIMIENTOS DE TIERRA O ROCA.**

Ninguno.

### **POSIBLE ACTIVIDAD VOLCÁNICA.**

Jalisco, al igual que otros estados de la República Mexicana cuenta con aparatos volcánicos activos o recientes y la probabilidad de que ocurra algún fenómeno de esta naturaleza existe en forma latente.

Geográficamente, la mayor parte del Estado se encuentra en la Faja Volcánica Transmexicana. Según el atlas nacional de riesgos, el 87.7 % de la población del estado está ubicada en esta región, y, por lo tanto, está propensa a un desastre de este tipo, debido a una posible actividad volcánica.

Entre los volcanes activos existentes en un radio de 150 km. destacan tres zonas de interés a saber:

Volcán de Colima:

Este volcán es uno de los más activos a nivel nacional, se considera que de originarse una erupción violenta los únicos productos volcánicos que puedan afectar a la zona de estudio son las cenizas como las ocurridas en el año de 1903. Según el Atlas Nacional de Riesgos la probabilidad de ocurrencia de una erupción es alta en comparación con otros aparatos de la región.

Volcán Ceboruco:

De igual forma que el volcán Colima podría afectar ligeramente por caída de cenizas se emitieran en una erupción violenta, lo cual estaría condicionado a los vientos predominantes. En este volcán, se determinó una probabilidad intermedia de ocurrencia de un evento, según el Atlas Nacional de Riesgo.

Sierra la Primavera

Esta zona es considerada en el Atlas Nacional de Riesgo como una de las localidades de más alto riesgo debido a su edad reciente y su gran cantidad de erupciones y edificios volcánicos asociados, y por la actividad geotérmica manifiesta en diversas partes de la sierra.

### **3. SUELOS.**

#### **3.1. TIPOS DE SUELOS PRESENTES EN EL ÁREA Y ZONAS ALEDAÑAS.**

El tipo de suelo característico en el área de estudio del predio "Los Picachos" corresponde al Hh Bc/2 asociación de Feozem haplico y Cambisol cromico de clase textural media, esto en base a la carta edafológica F13-D-55 escala 1:50,000 del I.N.E.G.I..

De acuerdo al análisis general del suelo y de la visita de campo realizada para tal efecto, el suelo representativo en el predio, presenta las siguientes características:

Este es un suelo que se presenta poco desarrollado con drenaje interno muy lento de textura franco-arenosa, de esta manera tenemos que las propiedades físicas del suelo analizado son las siguientes:

Arena	49.28 %
Arcilla	14.72 %
Limo	36.00 %
Textura	Franco Arenoso.

La identificación de los diferentes tipos de suelo correspondientes a la zona de influencia del predio "Los Picachos" en un radio de 1,000 m. se hizo utilizando la carta edafológica F-13-55 del I.N.E.G.I.

UNIDAD	SUB-UNIDAD	TEXTURA	FASE	CLAVE
Feozem + Cambizol	Haplico + Cromico	Media	Lítica	Hh + Bc/2
Feozem + Luvisol	Haplico + Cromico	Media	Lítica	Hh + Lc/2
Regosol + Feozem + Litosol	Eutrico + haplico	Media	Lítica	Re + Hh+ I /2

### 3.2. COMPOSICIÓN DEL SUELO (CLASIFICACIÓN FAO).

En el área de estudio y sus proximidades, utilizando la clasificación taxonómica de los suelos sistema FAO/UNESCO, y con ayuda de la carta edafológica F13-D55 edición 1974, reimpresión 1982 por INEGI, se identificaron:

<u>UNIDAD</u>	<u>CLASE</u>	<u>ASOCIACION</u>
Feozem haplico	Hh	Hh+Lc; Hh+Bc; Hh+Lc+I
Litosol	I	I+Hh; I+Re+Bc
Luvisol cromico	Lc	Lc+Hh+I; Lc+Re
Regosol	Re	Re+Hh+I; Re+Bc+I

#### **Feozem háptico (Hh):**

Suelos que presentan un horizonte A melánico caracterizado por tener una profundidad de 30 a 40 cm, generalmente mezclado; la toba es de color café claro, el contenido de materia orgánica tiene un promedio de 1.4% y el contenido de fósforo varía de 3.99 a 10.60 p.p.m.

Este horizonte descansa sobre un horizonte B cambico cuando los suelos son de una profundidad mayor a los 100 cm y sobre material ígneo cuando la profundidad es menor de 40 cm. El horizonte B cambico se caracteriza por tener un contenido de arcilla ligeramente superior al horizonte A melánico producto de una incipiente lixiviación, generalmente este horizonte no está cementado ni endurecido, pero existen indicios de alteración reflejada por la intensidad de color con matices rojizos, debido a la oxidación de materiales de fierro.

Una gran parte de estos suelos se encuentra dedicado al cultivo de temporal (maíz), principalmente aquellos localizados en las partes planas donde la profundidad es mayor de 40 cm; los suelos más delgados de ésta unidad están localizados en los lomeríos de baja altura destinándose principalmente al agostadero.

Estos suelos requieren de un manejo moderado, principalmente en lo agrícola, así como de labores de conservación en los suelos propios para pastizal.

**Cambisol: (B) :**

Suelos que tienen un horizonte B cambico y ningún otro horizonte de diagnóstico (excepto si están enterrados por 50 cm. o más de material reciente) más que un horizonte A ocrico ó umbrico, un horizonte cálcico o uno gipsico; el horizonte B cambico puede faltar cuando existe un horizonte A humico que tiene mas de 25 cm. de espesor.

**Litosol (I):**

Los litosoles del área se caracterizan por presentar superficies discontinuas de suelo con abundancia de pedregosidad y afloramientos rocosos; descansan por lo general en roca basáltica fracturada que soporta una vegetación de tipo boscosa de encino y pino.

**Luvisol crómico (Lc):**

Estos suelos presentan un horizonte A pálido que puede variar en profundidad de 10 a 20 cm, con variaciones en cuanto a la intensidad de color. Presentan un contenido de materia orgánica que va del 0.40% al 1.77% y descansan sobre un horizonte B argiluvico que se caracteriza por tener contenidos de arcilla mayor que el horizonte u horizontes subyacentes (superior al 3%) aunque algunos casos, sobre todo en aquellos perfiles que presentan dos horizontes, la variación en arcilla puede ser de 1.5 a 2.0%; la estructura de estos horizontes varía de granular a pequeños bloques subangulares en los cuales se pueden apreciar pequeñas películas de arcilla que las están recubriendo principalmente en aquellos suelos localizados en las partes planas de formación aluvial.

Estos suelos se destinan, en las partes planas de valles y planicies para la agricultura de temporal y para fines de agostadero y bosques en laderas, cerros y lomeríos.

**Regosol (R):**

Suelo procedentes de materiales no consolidados (exceptuando los depósitos aluviales recientes), que no tienen otros horizontes de diagnóstico (salvo si están enterrados por 50 cm. o más de material reciente), más que un horizonte A ocrico.

**Asociaciones de suelos:**

Las diferentes unidades de suelos descritos anteriormente pueden presentarse en forma aislada o bien asociados entre sí.

### **3.3. CAPACIDAD DE SATURACIÓN.**

La capacidad de almacenamiento de agua de un suelo varía según la cantidad y tamaño de sus poros y por tanto según su textura, estructura y contenido en materia orgánica.

De acuerdo al análisis de suelos tenemos un suelo con textura franco-arenosa y contenido de materia orgánica bajo por lo que nos da una capacidad de retención de agua escasa con un porcentaje de saturación del 20% al 30 %.

#### **4. HIDROLOGÍA (RANGO DE 10 A 15 KM.)**

La Hidrología es la ciencia que se ocupa de estudiar las propiedades, distribución y circulación del agua especialmente del estudio del agua en la superficie de la tierra, en el suelo y en la atmósfera. De esta manera la descripción de las características hidrológicas de una determinada región consiste en reflejar la forma como se distribuye dicho recurso en un espacio cualquiera.

La zona donde se localiza el predio pertenece a la Región Hidrológica Lerma-Chapala-Santiago No.12, considerada la más importante del Estado.

La principal corriente dentro de esta región es conocida como Río Grande de Santiago, y se origina en el Lago de Chapala con una dirección NW entrando al estado de Nayarit donde finalmente desemboca en el Océano Pacífico.

La zona de estudio pertenece a la cuenca Río Santiago Guadalajara 12E, la cual drena una superficie de 9,641 km<sup>2</sup>. La importancia de esta cuenca estriba en que en ella se puede considerar el inicio del recorrido del Río Grande de Santiago, además ocupa toda la parte central del Estado. Esta cuenca recibe las corrientes de varias subcuencas intermedias, el terreno donde se localiza el sitio en estudio forma parte de la subcuenca Río-Verde-Presa Santa Rosa 12 EC, localizada al NW de Guadalajara.

El predio a su vez forma parte de una microcuenca, la cual se determinó delimitando su parteaguas empleando para ello la carta topográfica San Francisco Tesistán F-13-D-55 a escala 1:50,000 editada por el I.N.E.G.I., donde la superficie aproximada es de 575 –00-00 Has.

##### **4.1. PRINCIPALES RÍOS O ARROYOS CERCANOS:**

El principal escurrimiento superficial es el río Grande de Santiago localizado en su parte más próxima a 8 km. al NE del sitio en estudio. Todos los escurrimientos de la sierra de San Esteban y el lado este de la sierra de Tesistán desembocan en este sector del río Santiago.

El total del predio donde se pretende emplazar el relleno sanitario se encuentra dentro de las microcuencas del arroyo El Potrero de la Casa y el A. El Pedregal, este último que se intersecta con el A. Milpillitas en la margen E de la propiedad; el primero y tercer arroyo son de carácter permanente, y el segundo es de temporal.

Cada arroyo mencionado es independiente, es decir que tiene bien establecida su microcuenca hasta llegar al denominado A. Grande, que funge como colector principal de éstos, desembocando finalmente en el río Santiago. Y puesto que el proyecto se realizará únicamente en lo que viene a ser la microcuenca del A. El Pedregal sin afectar o alterar en modo alguno las microcuencas y escurrimientos aledaños, ya que las características propias del relieve así lo determinan, el análisis detallado se hará únicamente para la cuenca del A. El Pedregal.

#### Estimación del Volumen de Escorrentía por Unidad de Tiempo.

En el presente apartado se analiza el balance hídrico, tanto de la microcuenca como del predio, con la finalidad de establecer las estrategias para la conservación del suelo y agua de las áreas antes mencionadas, una vez conocido el volumen medio anual escurrido.

Para determinar el balance hídrico de la microcuenca y del proyecto se utilizó el modelo CP-S.A.R.H. (1975) para realizar el cálculo del escurrimiento promedio en cuencas hidrológicas pequeñas, y sin datos de aforo. Es necesario conocer los valores de la precipitación pluvial media anual, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento, de tal manera que se tomaron como base los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA) de la estación meteorológica de Zapopan, Jal., del año 1987 hasta 1998.

El modelo a utilizar es el siguiente:

$$Vm = ACPM$$

Donde:

Vm = Volumen medio de escurrimiento en miles de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>).

A = Área de la microcuenca en km<sup>2</sup>.

C = Coeficiente de escurrimiento que generalmente varía de 0.1 a 1.0

PM = Precipitación media anual en mm.

Para la aplicación de éste modelo es necesario conocer primeramente el coeficiente de escurrimiento, el cual se obtiene en base a las características del suelo del sitio del proyecto y de la microcuenca (textura, cubierta vegetal, topografía). Para nuestra zona de estudio se obtuvieron los coeficientes de escurrimiento que se presentan a continuación:

#### **Uso actual del suelo en la microcuenca**

USO DEL SUELO	SUPERFICIE KM <sup>2</sup>	%
Bosque	3.15	54.8
Vegetación secundaria + Mat. Esp.	0.10	1.7
Pastizal Inducido	2.50	43.5
Total	5.75	100.0

Para la determinación del volumen de escurrimiento se tomó en cuenta las características del terreno (textura, cubierta vegetal y topografía) además se cotejó con la tabla de valores de coeficientes de escurrimiento en el Manual de Conservación del Suelo y Agua CP. S.A.R.H. (1975).

#### **Coeficientes de escurrimiento según la topografía y la cobertura vegetal existente en la microcuenca:**

CONDICIONES DE LA MICROCUENCA	TOPOGRAFÍA	SUPERFICIE KM <sup>2</sup>	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Bosque	Escarpada 10 – 30%	3.15	0.42
Veg. Sec + mat. Desp.	Plano 0 – 5%	0.10	0.30
Pastizal inducido	Ondulada 5 – 10%	2.50	0.16

**Cálculo del escurrimiento promedio anual en la microcuenca**

<b>USO ACTUAL</b>	<b>PENDIENTE</b>	<b>C.E.</b>	<b>SUPERFICIE KM<sup>2</sup></b>	<b>P.P. MEDIA ANUAL</b>	<b>ESCURRIMIENTO SUP. (MILES DE M<sup>3</sup>)</b>
Bosque	10 – 30%	0.42	3.15	966.7	1278.9
Pastizal inducido	5 – 10%	0.16	2.50	966.7	386.6
Veg. Sec+Mat Desp.	0 – 5%	0.30	0.10	966.7	29.0
<b>Total</b>			<b>5.75</b>		<b>1,694.5</b>

Sustituyendo valores para la ecuación  $V_m = ACPM$

$$A = 3.15, 2.50 \text{ y } 0.10$$

$$C = 0.42, 0.16 \text{ y } 0.30$$

$$PM = 966.7 \text{ mm}$$

$$V_m = (3.15 \times 0.42 \times 966.7) + (2.50 \times 0.16 \times 966.7) + (0.10 \times 0.30 \times 966.7)$$

$$V_m = (1,278.9) + (386.7) + (29.0)$$

$$V_m = 1,694.6 \text{ Mm}^3$$

▪ **Cálculo de Escurrimiento Promedio Anual del Sitio del Proyecto.**

El cálculo del escurrimiento medio anual del sitio del proyecto en estudio se determinó tomando como base la superficie del predio en estudio que es de 70.03 Has. La precipitación pluvial media anual de 966.7mm (dato proporcionado por la Comisión Nacional del Agua, de la estación meteorológica de Zapopan, Jal.) y su coeficiente de escurrimiento, el cual de acuerdo a las características del terreno (textura, cubierta vegetal y topografía) corresponde a 0.42.

Sustituyendo valores para la ecuación:  $V_m = ACPM$

$$A = 70.03 \text{ Has. } 0.703 \text{ km}^2 \quad 700,380 \text{ m}^2.$$

$$C = 0.42$$

$$P_m = 966.7$$

$$V_m = (0.703) (0.42) (966.7)$$

$$V_m = 285.42 \text{ Mm}^3$$

▪ **Cálculo del Escurrimiento Máximo en la Microcuenca.**

Para determinar el cálculo de escurrimiento máximo de la microcuenca y el sitio del proyecto se utilizó el método racional modificado del Manual de Conservación de Suelo y Agua CP-S.A.R.H. (1975), ya que sólo se cuenta con los datos de lluvia máxima en 24 horas, proporcionados por la C.N.A. de la estación meteorológica de Zapopan, Jal. considerando un periodo de retorno de 12 años, mismo lapso de tiempo en que se tienen registros disponibles en esta estación.



**Probabilidad de lluvia máxima en 24 hrs.**

AÑO	LLUVIA MÁXIMA EN 24 H. EN mm	N° DE ORDEN	INTENSIDAD MÁXIMA ORDENADA	F (4 AÑOS)	F (8 AÑOS)	F (12 AÑOS)
1987	96.0	1	96.0	F = n/m		
1988	62.2	2	85.0			
1989	49.3	3	72.7	m = n/F	m = n/F	m = n/F
1990	19.4	4	62.2			
1991	72.7	5	62.0	m = 12/4	m = 12/8	m = 12/12
1992	60.3	6	60.3			
1993	31.0	7	54.0	m = 3	m = 1.5	m = 1
1994	34.5	8	53.0			
1995	53.0	9	49.3	F4 = 72.7	F8 = 90.5	F12 = 96.0
1996	54.0	10	34.5			
1997	62.0	11	31.0			
1998	85.0	12	19.4			
		N = 12				

Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado de la microcuenca, de acuerdo a las condiciones del terreno

CONDICIONES DE LA MICROCUENCA	SUPERFICIE (Has.) 1	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C) 2	SUPERFICIE X COEF. ESCURRIM. 1x2	COEFICIENTE DE ESC. (C) PONDERADO
Bosque de encino-pino escarpado de 10 – 30% de pendiente.	315	0.42	132.3	$C = \frac{175.3}{575}$  <b>C = 0.30</b>
Pastizal Inducido Ondulado de 5 – 10% de pendiente	250	0.16	40.0	
Vegetación Secundaria + Mat. Esp. Plano de 0 – 5% de pendiente.	10	0.30	3.0	
<b>TOTAL</b>	<b>575</b>		<b>175.3</b>	

En base al modelo a utilizarse para el cálculo del escurrimiento máximo de la microcuenca mediante el método racional modificado se aplicará la fórmula siguiente:

$$Q = 0.028 \text{ CLA}$$

Donde:

- Q = Escurrimiento máximo (m<sup>3</sup>/seg.)
- 0.028 = Constante numérica
- C = Coeficiente de escurrimiento ponderado
- L = Lluvia máxima en 24 hrs. (cm/hr)
- A = Area de la microcuenca (has.)

Sustituyendo:

$$Q = (0.028) (0.30) (9.6) (575)$$

$$Q = 46.36 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

#### **Cálculo del escurrimiento máximo del predio.**

$$Q=0.028 \text{ CLA}$$

Donde:

0.028 = Constante numérica

C= 0.42

L= 9.6 cm/hr

A= 70.03 Has.

$$Q= (0.028) (0.42) (9.6) (70.03)$$

$$Q= 7.9 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

#### **Actividad para lo que son Aprovechados.**

Actualmente el agua del A. el Pedregal no tiene uso alguno, escurre libremente por sus causas naturales, siendo determinado su volumen por las precipitaciones pluviales, a excepción de los encharcamientos naturales que sirven como abrevadero temporal al ganado que pasta en sus inmediaciones.

#### **Indicar si reciben algún tipo de residuo.**

Los residuos que recibe esta cuenca en su tiempo, ya que, como se mencionó anteriormente, es un arroyo intermitente, son de tipo natural, como son los sedimentos provenientes de las laderas y la materia orgánica como hojarasca, maderas, etc., producto del ciclo natural y/o descomposición de la cubierta vegetal. Todos estos residuos son recibidos por el arroyo El Pedregal. Este arroyo atraviesa de oeste a este la parte central del predio, además de recibir los escurrimientos de las aguas pluviales de temporal de las zonas aledañas. Actualmente, en la parte norte del predio recibe los escurrimientos provenientes del relleno sanitario "Hasar's", los cuales vienen contaminados por lixiviados, debido a la falta de control de los mismos, ya que este relleno se encuentra en la parte alta del sitio en estudio. Esos escurrimientos son intersectados por el arroyo El Pedregal, los cuales son llevados aguas abajo donde los descarga al arroyo Milpillás, este a su vez se conecta con el A. Grande, el cual finalmente los desemboca en el Río Santiago.

El relleno sanitario Hasar's, que opera dentro de la microcuenca en su porción norte, de no ser manejado correctamente, representa un potencial de alto riesgo de afectación con lixiviados además de la dispersión de residuos sólidos sobre las cuencas de los arroyos El

Pedregal y El Potrero de la Casa, afectando sus escurrimientos, pues está emplazado sobre el límite del parteaguas entre ambos.

#### **4.2. EMBALSES Y CUERPOS DE AGUA CERCANOS (LAGOS, PRESAS, ETC.)**

Localización y distancia al predio.

El cuerpo de agua más cercano que existe en el lugar es una represa intermitente alimentada por el arroyo el Potrero de la Casa y el Potrero de los Amoles, afluente del anterior, ubicándose al norte de la zona en estudio a un kilómetro de distancia aproximadamente y es utilizado para fines agropecuarios por la localidad de Milpillas, localizado a dos kilómetros aguas abajo del mismo. No existe conexión alguna entre este bordo y el arroyo El Pedregal, principal escurrimiento de la microcuenca del sitio en estudio. Debido al desnivel de más de 60 mts. que existe, el embalse no corre ningún riesgo de ser afectado.

#### **4.3. DRENAJE SUBTERRÁNEO.**

**PROFUNDIDAD Y DIRECCIÓN.**

**USOS PRINCIPALES (AGUA, RIEGO, ETC.)**

**CERCANÍA DEL PROYECTO A POZOS.**

**EN CASO DE EXTRACCIÓN, CONSULTAR SI EL AGUA ESTÁ SIENDO EXPLOTADA, SUBEXPLOTADA, ETC.**

Debido a la creciente demanda para satisfacer las múltiples necesidades de agua de la población, siendo el agua subterránea una de las principales fuentes de abastecimiento, y la que en esta ocasión nos ocupa para el presente estudio, tomando en cuenta los pozos y manantiales existentes en la zona, así como los usos y formas de aprovechamiento de los mismos.

Las zonas planas limitadas a planicies costeras, mesetas y valles intermontanos del relieve accidentado de Jalisco, constituyen las áreas donde se pueden explotar económicamente las aguas subterráneas; prueba de ello es el incremento en el uso de este recurso para el desarrollo industrial y agrícola en el rico valle de Tesistán.

El sitio en estudio se encuentra ubicado en la Región Hidrológica denominada RH-12 Lerma-Santiago.

La hidrología subterránea en la zona del proyecto de acuerdo a las unidades geohidrológicas es muy pobre ya que corresponde a un material consolidado con bajas posibilidades de contener agua.

Esta unidad está ampliamente distribuída en el área de estudio y está conformada por rocas volcánicas de composición ácida y básica del Terciario Superior Reciente; presentan un fracturamiento variable, de moderado a alto con un intemperismo somero, por lo que la humedad secundaria aumenta de media a alta. Se le ha ubicado en esta unidad ya que al parecer las condiciones subterráneas no son propicias para almacenar el agua y constituir acuíferos, sino que actúa generalmente como zona de recarga. Los

pozos que producen agua en esta unidad son generalmente de bajo caudal. Esta unidad tiene un espesor superior a los 400 mts. ya que algunos pozos localizados en la parte nororiental del Estado con esta profundidad no la atraviezan.

### **Profundidad y Dirección.**

La profundidad de los mantos acuíferos en esta parte de la zona en estudio es de alrededor de los 300 metros, de acuerdo a la información proporcionada por la CNA. Del pozo ubicado en el tiradero municipal de Zapopan, Jal.

Con respecto a la dirección del flujo tenemos que está regida por la morfología del terreno, tanto local como regional, la cual es perpendicular al río Santiago.

Usos principales (agua, riego, etc.)

**Los usos que la gente le da a los aprovechamientos acuíferos son como agua potable y para el ganado principalmente.**

**De los pozos mencionados anteriormente el pozo de Arrow tiene tiene poco más de un año sin operar.**

Cercanía del Proyecto a Pozos.

El proyecto en estudio se encuentra en la Zona Geohidrológica No. 18, conocida como el Arenal, y de acuerdo a sus características se ubica en una zona de recarga, como se mencionó anteriormente. Los pozos que se localizan en esta zona geohidrológica cercanos al proyecto en estudio son los que se enumeran a continuación de acuerdo a su cercanía:

- 1)- Pozo Arrow, se localiza a 1.25 km al este del proyecto.
- 2)- Pozo Milpillias, a 2 km. Al NE.
- 3)- Pozo Monticello y Robledales, se ubican a 2.5 km. al SE y NE respectivamente.
- 4)- Pozo Rancho Viejo, a 8.75 km. al NE y
- 5)- Pozo Escalón, a 9.1 km. al NE.

## **RASGOS BIOLÓGICOS**

### **1. VEGETACION**

La vegetación es el conjunto de plantas que crecen y se asocian en un lugar determinado en la superficie terrestre y la gran variedad depende tanto de la topografía como de las condiciones climáticas de algún lugar determinado, y se clasifican en dos grandes grupos:

Vegetación Primaria y  
Vegetación Secundaria.

### ***Vegetación Primaria.***

Es aquella que refleja la interacción del tipo de suelo, topografía, clima e historial geológico y que ha evolucionado con muy poca o sin intervención del hombre.

### ***Vegetación Secundaria.***

Resulta de perturbaciones naturales (ciclones, erupciones volcánicas e incendios naturales), sin embargo mayormente la vegetación secundaria ha sido causada por las actividades antropogénicas como son:

La tala inmoderada de bosques y selvas.  
Sistema de rosa, tumba y quema.  
Incendios provocados por el hombre.

## **1.1. TIPO DE VEGETACION EN LA ZONA.**

La zona de estudio ofrece signos de gran perturbación debido a factores combinados pero atribuibles a la influencia de la acción humana, que por el inadecuado e irracional manejo de los recursos naturales renovables está destruyendo la vegetación natural o primaria que corresponde al bosque de Roble-Encino-Pino. Entre los factores inducidos por el hombre se puede mencionar:

Tala inmoderada.  
Incendios intencionales o accidentales.  
Mal manejo de suelos.

Todo esto, está originando la sustitución de la flora nativa original, bosque mixto de Roble (*Quercus machophelia*) Encino (*Quercus Resinosa*) y Pino (*Pinus oocarpa*), apareciendo una vegetación Secundaria favoreciendo la expansión de un pastizal o zacatal inducido cuyos componentes florísticos son:

Schizachyrium cirratum  
Andropogon sp.  
Aristida spp.  
Boutelova radicata  
Setaria geniculata  
Sporobolus macrospermus  
Trachypogon secundus  
Tripsacum dactyloides  
Tristachya avenacea

Así como matorral espinoso en donde se manifiesta el Huizache (*Acacia farnesiana*), el pastizal inducido es el que ocupa la mayor superficie en el predio.

A continuación se presenta un Listado Florístico del predio compuesto por las especies que fueron observadas:

**GIMNOSPERMAS.**

<b>Familia común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Pinaceae	Pinus oocarpa	Pino u ocote

**ANGIOSPERMAS  
Dicotiledoneas**

<b>Familia común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Cactaceae	Mammillaria jaliscana Opuntia fuliginosa	Biznaguita Nopal
Fagaceae	Quercus machophelia Quercus resinosa	Roble Encino
Leguminoceae	Acacia farnesiana Eysenhardtia polystachia	Huizache Palo dulce
Clethraceae	Clethra rosei	Malvaste
Convolvulaceae	Ipomea intrapilosa	Ozote

**Monocotiledoneas**

<b>Familia común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Gramineae	Andropogon sp. Aristida spp. Bouteloua radicata Lasiacis procerrima Rhynchelytrum repens Schizachyrium cirratum Setaria geniculata Sporobolus macrospermus Trachypogon secundus Tripsacum dactyloides Tristachya avenacea	Carricillo          Milpilla
Liliaceae	Agave guadalajarana Echeandia occidentalis	Mezcal chato, maguey

## **ROBLE ( Y Encino ) Quercus spp. Fam. Fagaceae**

Es un tipo de comunidad arborea bien definido que se instala a partir de los 1000 m.s.n.m., es decir, donde las condiciones climáticas son subhúmedas, de ahí su preferencia por las montañas y sus estribaciones. Son árboles de forma esférica de copa irregular y follaje distribuido, tronco irregular en la primera edad, luego muy recto. Corteza marrón oscura con fisuras verticales, hojas caducas, en racimos terminales oblongas de 6 A 14 CMS.en el Roble y de 5 a 10 cms. en el Encino, de peciolo corto, más anchas hacia la punta con 6 a 14 lóbulos redondeadas, color verde-oscuro por encima y verde-azulado por debajo. Flores sin interés, el fruto es una bellota ovoidal oblonga de 1.5 a 2.5 cm de largo, encerradas hasta 1/3 de su longitud por su cúpula en forma de taza en grupos de dos, al extremo de un pedúnculo largo.

Propagación: por semilla de difícil germinación.

Asociación con otras especies:

Tanto por necesidades fisiológicas como por su composición paisajística se asocia bien con pinos, olivos y obviamente con todos los Quercus.

Riego y condiciones de humedad:

Es resistente a sequías en árboles de más de cinco años, los jóvenes requieren de un poco más de agua, dos o tres riegos por semana, sin anegar.

Tipo de suelo:

Se adapta a cualquier tipo de suelo, inclusive a los muy rocosos, siempre y cuando no sean calcáreos y estén bien drenados.

Cajetes:

Con dimensiones de 1.20 a 1.50 mt. (mínimo)

Transplante:

Es muy sensible al transplante pues se deshidrata con facilidad, no requiere de mucha agua ya que se le pudren las raíces, por lo que la mejor época del transplante es pasando el temporal de lluvias.

Afectación a plagas:

Lo atacan algunas plagas fungosas pero no son de importancia pues al perder sus hojas se recupera todo.

Fertilizantes:

Requiere fertilización nada más en su primera etapa de desarrollo (cinco años), con 250 gr. de triple 17 cada año.

Separación:

Debe estar separado por una distancia de 6 mt de cada árbol.

Características paisajísticas:

Es un árbol que cuando pierde sus hojas parece estar seco, sin embargo, cuando las recupera sus tonos de verde son de gran belleza.

### **Pino (*Pinus oocarpa*) Fam. Pinaceae**

Al igual que el encino, es una comunidad arborea bien definida. Los pinares son comunidades vegetales muy características de México y ocupan vastas superficies de su territorio. Por su morfología y la disposición de sus hojas los pinos poseen una fisonomía muy particular, y los bosques que forman presentan un aspecto que difícilmente pueden confundirse con el de otro tipo de vegetación.

#### Descripción General:

Arbol con tronco erecto, algunas veces un poco curvado en forma de abanico. Hojas aciculares en fascículos. El fruto es un cono de usos múltiples. Corteza hendida con fisuras profundas, muestra en el interior un color amarillento-rojo y en el exterior café-violáceo. Follaje en forma piramidal, en las primeras etapas, con los años adquiere una forma más extendida.

#### Propagación:

Únicamente por semillas de fácil germinación.

#### Riego y condiciones de humedad:

Requiere humedad suficiente únicamente durante su primer etapa de desarrollo, regar dos ó tres veces por semana sin anegar. Cuando alcanza los 3.5 mt de altura puede vivir con el temporal.

#### Tipo de Suelo:

Debe ser suelto con buen drenaje con el fin de que no retenga mucha agua. Se puede mejorar con 1/3 de tierra de hoja, 1/3 de tierra de campo y 1/3 de arena.

#### Cajetes:

Con dimensiones de 1.5 mt.

#### Fertilizantes:

No requiere fertilización específica, se le puede agregar tierra de hoja cada año.

#### Separación.

Requiere separaciones mínimas de 6 mt.

### **Huizache (*Acacia farnesiana*) Fam. Leguminosae**

Arbusto ó árbol que mide de 1 a 2 mt de altura; tronco cubierto con una delgada corteza que se desprende en tiras; espinas de 1 a 2.5 cm. de largo, hojas alternas pinadas, con 10 a 20 folíolos que miden de 2 a 6 mm. de largo; flores pequeñas de color amarillo agrupadas en cabezuelas, vaina cilíndrica algo curva, indehisciente, lisa de color negrusco, miden de 6 a 12 cm de largo y contiene de 6 a 12 semillas.



Es una planta de gran utilidad pues su madera es consistente y su corteza rica en tanino, substancia muy empleada en curtiduría; crece en forma abundante.

**Palo dulce (*Eysenhardtia polystachia*) Fam. Leguminosae**

Arbol o arbusto de 3-8 mts. de altura con las ramitas canescentes; foliolos 21-51, oblongos u ovals de 3-20 mm. de largo, pubescentes, algunas veces glabros, flores blancas olorosas, melíferas, agrupadas en racimos apretados de 4-15 cm de longitud; fruto de 10-25 mm.

USOS.- La madera es de color moreno rojizo muy dura, puesta en agua desprende una substancia que la tiñe de un color amarillo-azuloso, se vende en los mercados y es empleada como diurética.

**MALVASTE (*Clethra rosei*) Fam. Clethraceae**

Arbol de aproximadamente 4-6 mts. de altura, ramas jóvenes cubiertas por un tomento color café, sus hojas presentan una forma oblonga de 6-11 cm. de longitud, agudas u obtusas, con el haz (superficie superior de la lámina de la hoja) densamente tomentoso; las flores se encuentran en racimos de 10-12 cm. de longitud, son de color blanquecino, los frutos son cápsulas de aproximadamente 3 mm. de ancho.

HABITAT: Fundamentalmente en bosques de Roble-Encino-Pino, también en bosques mesofilos de montaña y algunas veces también se le puede localizar en climas cálidos.

USOS: La madera se ha usado para elaborar cucharas, de ahí que reciba también el nombre de palo de cuchara.

**Biznaguita (*Mammillaria jaliscana*) Fam. Cactaceae**

Esta biznaguita crece en forma abundante sobre las rocas, ya sean individuos aislados o mayormente en conjunto o colonias; las vistosas flores de color rosado a púrpura abren durante el transcurso de la mañana; la floración dura de noviembre a marzo; los frutos maduros tomándose rojos y son comestibles, el vulgo los conoce con el nombre de chilitos.

**Nopal (*Opuntia fuliginosa*) Fam. Cactaceae**

El nopal es el nombre común que reciben las cactáceas del género opuntia, este género y su familia son originarios de América. El nopal es una de las plantas con gran capacidad de adaptación al medio, esta adaptación la efectúa mediante modificaciones morfológicas como hábitos, diferencias en espinas, etc.

El nopal es una planta que mide de 4 a 5 mt de altura con el tronco leñoso y los segmentos u oblongos de 20 a 40 cm., de color verde o verde azulado, areolas separadas unos 4 ó 5 cm, lanoso cafés, cuando jóvenes con 1 a 5 espinas comunmente de 2 a 3; gloquidios amarillos y escasas. Flores amarillas o anaranjadas de 7 a 8 cm, fruto amarillo de unos 8 cm de largo.

El nopal ha representado para los mexicanos en su desarrollo histórico uno de los elementos bióticos más relevantes y de mayor significado cultural, ya que se utiliza como alimento, ya sea como verdura o como fruto, como bebida alcohólica, dulce, forraje, cerco vivo, producto industrial, etc. El nopal no solamente tiene importancia en los aspectos económicos, sino también en la conservación del suelo, pues protege la capa fértil de este contra la erosión debido al tipo de sistema radicular que posee, asimismo los cladodios retienen partículas orgánicas que mueven el aire, las cuales resbalan por su superficie tersa hasta el suelo, o bien, se quedan en las conjunciones de las ramificaciones, de donde el agua de lluvia las arrastra para depositarlas en el pie de la planta para formar así una capa de materia orgánica que alimenta constantemente de espesor y mejora la calidad del suelo.

### **Mezcal Chato (Agave guadalajarana) Fam. Liliaceae**

El mezcal chato es un maguey de vistosas hojas arrosetadas de color grisáceo, lo que le confiere propiedades ornamentales; el escapo floral, conocido popularmente como quiote que mide unos 4 m. de alto; las flores amarillas agrupadas en inflorescencias abren durante el mes de junio y julio, los frutos (cápsulas) abren y sueltan las semillas en septiembre, al igual que las demás especies de agave, son plantas monocárpicas, es decir, sólo una vez en la vida producen flores y frutos y después muere perpetuándose a través de las semillas o los hijuelos.

## **1.2. PRINCIPALES ASOCIACIONES VEGETACIONALES Y SU DISTRIBUCION.**

La vegetación primaria en el predio corresponde a roble-encino-pino, sin embargo, ha estado siendo desplazada por pastizal.

Actualmente la cubierta vegetal se aprecia homogénea en las zonas de sucesión de pastos, destacando las especies de *Andropogon*, *Rhynchelytrum repens* y *Tripsacum dactyloides* (milpilla). La zona arbolada con la que cuenta el predio la conforman, Roble (*Quercus machophelia* y algunos elementos dispersos de pinos (*Pinus oocarpa*), también se observó el mezcal chato o maguey (*Agave guadalajarana*), así como biznaguita (*Mammillaria jaliscana*).

## **1.3. MENCIONAR ESPECIES DE INTERES COMERCIAL**

Los pinos (*Pinus oocarpa*) son la única especie de interés comercial, aunque cabe señalar que debido a lo somero del suelo (es muy rocoso), los fustes no desarrollan mucho, lo que no les confiere tallas comerciales.

## **1.4. VEGETACION ENDEMICA Y/O EN PELIGRO DE EXTINCION.**

Si nos apegamos a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección; en el predio no existe especie alguna que se contemple dentro de las anteriores categorías. Lo mismo podemos decir si nos guiamos por lo establecido por Cházaro, Guerrero y López (1993) y Cházaro y Guerrero (1995), ya que

ninguna de las especies cae dentro de las plantas raras, vulnerables o en peligro de extinción de Jalisco.

Sin embargo considerando a Craig (1989) la biznagueta (*Mammillaria jaliscana*), menciona que esta especie es endémica para Jalisco y su localidad tipo es Río Blanco.

## 2. FAUNA.

"Se entiende por fauna silvestre todo animal no domesticado: mamíferos, aves, reptiles y anfibios que viven en un medio ambiente natural, incluyendo tanto las especies que son de utilidad cinegética como las que no lo son, considerando las especies para el consumo del ser humano y las que no lo son tanto, pero que desempeñan un papel importante dentro de un ecosistema" (U.S. Forest Service, 1978).

Para el caso del presente trabajo, este criterio será válido con el fin de excluir las especies domesticadas por el hombre tales como vacas y caballos, los cuales se encuentran presentes en la zona y lo estuvieron en el predio y que de alguna manera contribuyeron al deterioro del ecosistema.

### 2.1. ESPECIES REPORTADAS EN LA REGION

Es sabido que el tipo de fauna de un lugar está determinado por el tipo de vegetación y las actividades humanas de la zona. A continuación se presenta un listado con las especies registradas de fauna silvestre encontradas:

#### ANFIBIOS

##### ORDEN/familia

Hylidae

##### Nombre común

Ranita

##### Nombre científico

##### Registro

Hyla arenicolor

#### REPTILES

##### ORDEN/familia

TESTUDINES

Kinosternidae

##### Nombre común

Tortuga

##### Nombre científico

##### Registro

Kinosternon integrum

**AVES**

<b>ORDEN/familia</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico Registro</b>
CICONIFORMES Ardeidae	Garza garrapatera	Bubulcus ibis
FALCONIFORMES Cathartidae	Zopilote cabeza roja	Cathartes aura
Accipitridae	Aguililla cola blanca Aguila real	Buteo albicaudatus Aquila chrysaetos
Falconidae	Halcón cernícalo	Falco sparverius
GALLIFORMES Phasianidae	Codorniz moctezuma	Cyrtonyx montezumae
COLUMBIFORMES Columbidae	Paloma huilota	Zenaida macroura
PICIFORMES Picidae	Carpinterillo mexicano	Picoides scalaris
<b>ORDEN/familia</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico Registro</b>
PASSERIFORMES Tyrannidae	Tirano gritón	Tyrannus vociferans
	Mosquero negro	Sayornis nigricans
	Mosquero llanero	Sayornis saya
	Mosquero copetón	Myiarchus sp.
	Empidonax	Empidonax fulvifrons
	Mosquero cardenalato	Pyrocephalus rubinus
	Contopus	Contopus sp.
	Cuervo	Corvidae Corvus corax

Troglodytidae	Saltapared	Troglodytes aedon aedon
Muscicapidae	Cabeza de perlita	Poliptila caerulea
Vireonidae	Vireo solitario	Vireo solitarius
Laniidae	Verdugo	Lanius ludovicianus
Emberizidae	Chipe	Dendroica coronata auduboni
	Chipe blanquinegro	Dendroica nigrescens
	Tangara	Piranga rubra
	Gorrión rallado	Chondestes grammacus
	Calandria palmera	Icterus parisorum

**MAMIFEROS**

**ORDEN/familia**

**Nombre común**

**Nombre científico  
Registro**

MARSUPIALIA

Didelphidae

Tlacuache

Didelphis marsupialis

EDENTATA

Dasypodidae

Armadillo

Dasypus novemcinctus

LAGOMORPHA

Leporidae

Conejo del este

Sylvilagus floridianus

RODENTIA

Sciuridae

Ardilla de las rocas

Spermophilus variegatus

Muridae

Ratón

Reithrodontomys fulvescens

CARNIVORA

Canidae

Coyote

Canis latrans

Zorra gris

Urocyon cinereoargenteus

Procyonidae

Mapache

Procyon lotor

Coatí

Nasua narica

Mustelidae

Comadreja

Mustela frenata

Zorrillo manchado

Spilogale putorius

Zorrillo listado

Mephitis macroura

Felidae

Lince

Lynx rufus

ARTIODACTYLA

Tayassuidae

Pecarí de collar

Tayassu tajacu

Cervidae

Venado cola blanca

Odocoileus virginianus

**2.2. ESPECIES OBSERVADAS EN LA ZONA**

**ANFIBIO**

**ORDEN/familia**

**Nombre común**

**Nombre científico  
Registro**

Ranidae

Rana

Rana SP

### 2.3. ESPECIES DE INTERES COMERCIAL.

De las especies encontradas y que tienen algún valor comercial, son únicamente 3 aves, estas están autorizadas para algunos estados de la República pero no para Jalisco, según el Acuerdo en el que se establece el calendario para la captura, transporte y aprovechamiento racional de aves canoras y de ornato para las temporadas 1995-1996 y 1996-1997, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de julio de 1995.

#### comercial

Nombre científico	Nombre común	Aprov.
Corvus corax	Cuervo	Co
Chondestes grammacus	Gorrión rallado	Co
Icterus parisorum	Calandria palmera	Co

Se encontraron 3 especies de mamíferos con valor comercial potencial en la región. De acuerdo con Delgadillo y Montes (1994) dicho aprovechamiento está destinado a usos domésticos o medicinales. Es importante mencionar que las siguientes especies no se consideran oficialmente para uso comercial.

Nombre científico	Nombre común	Aprovechamiento
Didelphis marsupialis	Tlacuache	Su carne se consume como remedio.
Dasyus novemcintus	Armadillo	Su grasa y carne con valores medicinales.
Mephitis macroura	Zorrillo listado	Su grasa con valor medicinal.

\* Aprov. comercial; clave: Co: especies de valor comercial en alguno de los estados de la República Mexicana pero no en Jalisco.

### 2.4. ESPECIES DE INTERES CINEGETICO.

En relación a las especies de interés cinegético (cacería), se encontraron un total de 12 especies entre aves y mamíferos (2 y 10 respectivamente), 9 (1 y 8) de ellas pueden ser aprovechadas cinegéticamente en el estado de Jalisco. 3 (1 y 2) en otros estados, según el Acuerdo por el que se establece el calendario cinegético para las temporadas 1995-1996 y 1996-1997 publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 4 de agosto de 1995.

El área de estudio se encuentra dentro de la razón cinegética No. 2, donde podemos encontrar las siguientes especies cinegéticas.

#### AVES

Nombre científico Cinegético	Nombre común	Aprov.
Cyrtonyx montezumae	Codorniz moctezuma	CiJ
Zenaida macroura	Paloma huilota	CiJ

## MAMIFEROS

Nombre científico Cinegético	Nombre común	Aprov.
Spermophilus variegatus	Ardilla de las roca	CiJ
Sylvilagus floridianus	Conejo del este	CiJ
Canis latrans	Coyote	CiJ
Procyon lotor	Mapache	CiJ
Nasua narica	Coatí	CiJ
Dideiphis marsupialis	Tlacuache	CiJ
Dasyus novemcinctus	Armadillo	CiJ
Tayassu tajacu	Pecarí de collar	CiJ
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	CiJ
Odocoileus virginianus	Venado cola blanca	CiJ

\*3 Aprov. cinegético; claves: Ci: especies con aprovechamiento cinegético en otros estado de la República Mexicana; CiJ: especies con aprovechamiento cinegético en Jalisco.

El zorrillo listado (*Mephitis macroura*) es cazado por su grasa con fines medicinales por los habitantes de la región, sin embargo no se encuentra dentro de las especies autorizadas cinegéticamente.

## 2.5. ESPECIES AMENAZADAS O EN PELIGRO DE EXTINCION.

Con respecto a las diferentes especies que se consideran bajo algún status, se reportan 2 especies de aves, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas, en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de mayo de 1994.

Nombre científico	Nombre común	Estatus 4
Buteo albicaudatus	Aguililla cola blanca	Pr
Aquila chrysaetos	Aguila real	P

\*4 Estatus; claves: Pr: protección especial- P: peligro de extinción.

El Aguila real (*Aquila chrysaetos*), se observó un solo individuo adulto sobrevolando a poca altura sobre una porción de encinos dispersos al pie de la Sierra de Tesistán. Muy probablemente este casual avistamiento figure dentro del rango alimenticio de la especie, el cual abarcaría una extensa zona, ya que de acuerdo con SIAFASE (1996) durante estudios y trabajos realizados en la Barranca de Oblatos-Huentitán entre julio y noviembre de 1996 como parte de los trabajos y estudios técnicos de base para decretarla como área natural protegida, también se tuvieron observaciones de juvenil águila real.



## MEDIO SOCIOECONOMICO

### 1. POBLACIÓN.

Según datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), en el último censo de población, las localidades cuyas zonas de influencia se encuentran directamente relacionadas con el sitio en estudio, presentan el siguiente comportamiento de acuerdo a su dinámica de crecimiento poblacional :

POBLACION	CENSO 1980	CENSO 1990	CENSO 1995	DISTANCIA DE LA PLANTA DE BASURA EN KM.
Milpillas.	4	19	18	3
El Taray.	25	143	78	5
La Colorada.	36	9	112	7.5
Vinateria.	21	49	88	9
Meson de Copala	244	216	234	10
San Fco. Tesistan.	5549	13481	22449	20
Copalita.	302	365	342	16
Nvo. Mexico.	1146	11997	21633	18
La Cuchilla.	10	17	76	16.5

Fuente Censo INEGI 1990

### 2. SERVICIOS.

En este punto se puede mencionar en cuanto a la infraestructura carretera, que se cuenta con un camino empedrado de acceso al predio en estudio y es el trazado por la empresa Hasar's, quien actualmente opera un relleno sanitario ubicado al norte de la zona en cuestión.

Por otro lado, también se cuenta con una línea de energía eléctrica de alta tensión en la parte norte del predio, que aunque la línea fue tendida por la empresa Hasar's, en un momento dado se pudiera extender hasta el sitio "Picachos" para electrificar las obras en proceso.

#### **a) Vías de Acceso**

El acceso a la zona de estudio es a través de la carretera a Tesistán hasta el entronque hacia el norte con la carretera a Colotlán, por la que se transita durante 15 km. aproximadamente, para posteriormente doblar al oeste por un camino empedrado transitable todo el año, de 1.5 km hasta llegar al predio en estudio.

## **MEDIOS DE TRANSPORTE**

### **a) Terrestre**

El flujo de las unidades de transporte en la zona de influencia es caracterizado como intenso, existe una red de infraestructura camionera de diferentes líneas y categorías, por las cuales transitan diferentes tipos de vehículos de manera fluida, en el interior del predio existe un camino empedrado, el cual es transitable en cualquier época del año. Siendo esta vía de acceso utilizada por el tránsito pesado directamente relacionado con el relleno sanitario particular denominado "Hasar' s", actualmente en operación.

## **SERVICIOS PUBLICOS**

### **a) Agua**

El predio del proyecto es considerado de carácter rural y no cuenta con un sistema de agua y alcantarillado.

### **c) Electricidad**

El predio no cuenta con infraestructura para dotar de este servicio, lo que representa realizar obras de acondicionamiento y tener energía en forma eficiente.

## **3. ACTIVIDADES.**

Actualmente en el interior del predio no se practica ninguna actividad agrícola forestal y ganadera, cabe aclarar que de forma ocasional se llevan a cabo actividades de pastoreo por lo que no es representativa esta actividad.

Las actividades en relación a su entorno son las siguientes:

### **AL NORTE**

En esta sección se ubica el vertedero controlado, propiedad de la empresa Hasar's, así como la extracción de material de cobertura para el vertedero controlado propiedad del Municipio de Zapopan. Por otro lado y en la mayor parte de su extensión se ubica un bosque, el cual muestra signos de explotación de madera.

### **SUR:**

En esta sección del área de influencia se ubica el bosque (Roble-Encino) de estima a la vida silvestre, así como cría de ganado porcino.

### **OESTE:**

Al igual que en la sección Sur se ubica el bosque (Roble-Encino).

ESTE:

En esta sección se ubica el vertedero controlado, propiedad del Municipio de Zapopan, así como un reducto del bosque.

#### 4. CAMBIOS SOCIALES Y ECONÓMICOS.

ESPECIFICAR CON UNA CRUZ SI LA OBRA O ACTIVIDAD CREARÁ:

- Demanda de mano de obra. ( x )
  - Cambios demográficos (migración, aumento de la población). ( x )
  - Aislamiento de núcleos poblacionales. ( )
  - Modificación en los patrones culturales de la zona. ( )
  - Demanda de servicios: ( x )
- 
- Medios de comunicación. ( x )
  - Medios de transporte. ( x )
  - Servicios públicos. ( x )
  - Zonas de recreo. ( x )
  - Centros educativos. ( )
  - Centros de salud. ( )
  - Vivienda. ( )

### III VINCULACION CON LAS NORMAS Y REGULACIONES SOBRE EL USO DEL SUELO.

El proyecto del Relleno Sanitario Poniente "Picachos" queda integrado a los planes municipales, regionales y estatales en el rubro de mejoramiento y protección ambiental en lo referente a la construcción y operación de infraestructura de ingeniería ambiental para el manejo adecuado de la disposición final de los residuos sólidos municipales, generados la Zona Metropolitana de Guadalajara, el sitio del proyecto se localiza sobre una zona de vocacionamiento para el efecto, integrándose a los actuales sitios de disposición final de residuos sólidos municipales. Conocidos como "El Taray" y Hasar's respectivamente.

## IV IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES.

### IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

#### ASPECTOS AMBIENTALES

La instalación y la operación del relleno sanitario en el predio Picachos del Municipio de Z.M.G., Jal. publica de actividades que pueden tener impactos positivos o negativos sobre la calidad, la función o la estructura de los elementos que integran el ecosistema en el que se va a ubicar esta obra.

#### Metodología

Para identificar las relaciones causa-efecto entre las actividades necesarias para construir y operar el relleno sanitario en el predio Picachos en el Municipio de Z.M.G., Jalisco y los impactos en el ambiente se utilizó una matriz de interacción (Leopold et al., 1971).

En esta matriz los impactos son descritos en términos de su magnitud e importancia, entendiendo la magnitud como una medida de su extensión, grado de intensidad o escala de impacto y como importancia se pondera al efecto de acuerdo a lo significativo que es con respecto a determinado factor ambiental en las condiciones específicas del proyecto.

En la matriz antes mencionada, se identificaron todas las actividades de la ejecución del proyecto de relleno sanitario y se relacionaron con los factores ambientales que pueden ser afectados y que son considerados por varios autores (Holling, 1978, Spellerberg, 1991, Rau y Wooten, 1980). Esto se presenta en la matriz de Leopold anexa (se anexa matriz).

La metodología consiste en identificar los puntos en que una actividad afecta a un factor ambiental. Para calificar la magnitud del impacto se utilizó una escala del (máximo impacto), al 3 (mayor impacto) tanto para magnitud como para importancia. En la parte superior de la celda se colocó el valor correspondiente a la magnitud y en la inferior el valor correspondiente a la importancia con un signo de más (+) si el efecto es positivo y un signo menos (-) si el efecto es negativo.

En el texto se analizan los impactos que obtuvieron valores mayores tanto de los factores ambientales afectados como de las actividades del relleno causantes de mayores efectos positivos o negativos en el entorno del proyecto.

## V MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS.

*Cuadro descriptivo de impactos ambientales y las medidas de mitigación correspondientes.*

ETAPA	ACTIVIDAD	ELEMENTO SUSCEPTIBLE DE SER IMPACTADO	IMPACTO IDENTIFICADO	CARACTERISTICAS DEL IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<b>ETAPA PREPARACIÓN DEL SITIO</b>					
	Retiro de la cubierta Vegetal	Flora	<p>- Afectación directa a la flora por el retiro permanente de la cubierta vegetal.</p>	<p>- Impacto adverso mayor severo de forma directa, permanente y localizado, contando con medidas de mitigación, con alta probabilidad de ocurrencia.</p>	<p>En la etapa de preparación del sitio se retiraran un total de 617 árboles de las siguientes especies:                      380 Roble                      35 Pinos                      10 Malvastes                      180 Huizache                      10 Nopales</p> <p>Como medidas de mitigación se propone la reforestación en las siguientes áreas:  <b>Camino de acceso:</b> se propone la plantación de 1,333 árboles de las siguientes especies (roble-Pino) mediante el método de plantación tres-bojillos con una distancia de 6 m. Sobre el área de servidumbre del camino desde el entronque de la carretera San Cristobal de la Barranca hasta la entrada del predio.  <b>Area de reserva:</b> la superficie total del predio son 70-03-80 has. De las cuales 32-00-00 has se destinaran como área de reserva para la reforestación, en la cual se plantaran 8,000 árboles (roble-encino)</p>
Fauna	- Perdida permanente del hábitat de la fauna, así como sitios de anidación.	Impacto adverso mayor severo de forma directa permanente y local.	En esta etapa la fauna será impactada de forma negativa, ya que por las obras de preparación del sitio la fauna será ahuyentada a zonas aledañas, pero una vez concluida su vida útil y reforestada la zona de reserva podrán volver a incorporarse haciendo sus sitios de anidación.		

ETAPA PREPARACIÓN DEL SITIO					
Retiro de la cubierta vegetal	Estética	-	Afectación directa al paisaje natural del terreno debido al retiro de la cubierta vegetal.	Impacto adverso mayor severo de forma directa, siendo permanente y localizado, alta probabilidad de ocurrencia, no contando con medidas de mitigación.	No existe medida de mitigación, ya que se impermeabilizaran la totalidad de la superficie de 38 ha.
			- disminución de la calidad del suelo por retiro del suelo orgánico.	Impacto adverso mayor severo de forma directa, siendo este permanente y localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia contando con medida de mitigación.	Para evitar las pérdidas, se almacenara en la margen del camino principal al noroeste del predio para después usarse como arroyo en los taludes y en las plataformas finales.
			Micro-Flora y fauna	- Afectación directa a la microflora y fauna debido a la alteración de su hábitat natural por efecto del retiro del suelo orgánico.	Impacto adverso mayor severo de forma directa, permanente y localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia.
Despalme	Suelo orgánico	-	Afectación directa al paisaje natural del terreno debido al retiro del suelo orgánico.	Impacto adverso mayor severo de forma directa permanente y localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia.	En esta etapa no cuenta con medidas de mitigación, pero una vez terminada su vida útil del relleno sanitario, se reincorporará a la estética del paisaje natural aminorando el impacto visual.
			Estética	- Afectación directa al paisaje natural del terreno debido al retiro del suelo orgánico.	Impacto adverso mayor severo de forma directa permanente y localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia.
Cortes	Suelo	-	Afectación directa a la geomorfología natural del terreno.	Impacto adverso mayor directo y permanente, contando con medidas de mitigación y alta probabilidad de ocurrencia.	En esta etapa las medidas de mitigación, no son significativas debido a que las obras están encaminadas únicamente a la preparación del sitio, a través de cortes y nivelaciones.
			Agua	- Afectación directa al patrón del drenaje natural del escurrimiento debido a los cortes.	Impacto adverso mayor severo de forma directa permanente y con alta probabilidad de ocurrencia.



ETAPA PREPARACIÓN DEL SITIO				
Cortes	Aire	- Afectación directa a la calidad del aire debido a las partículas suspendidas generadas por las actividades ocasionados por el movimiento de material. Así como por la generación de gases y ruido, provocados por el movimiento de maquinaria.	Impacto adverso menor de forma directa, localizado presentando alta probabilidad de ocurrencia contando con medidas de mitigación.	En esta etapa una de las medidas de mitigación que se contempla será por medio del riego para mitigar los efectos de los polvos generados por las actividades propias de la maquinaria utilizada. Los gases, humos, partículas y ruido generadas por la operación de maquinaria pesada y equipo serán mínimos.
	Estética	- Afectación directa al paisaje natural del terreno debido a modificación del relieve	Impacto adverso mayor severo de forma directa permanente y localizado	En esta etapa las medidas de mitigación no son significativas ni relevantes debido a que las obras están encaminadas únicamente a la preparación del sitio. Para su impermeabilización posterior.
Excavaciones	Suelo	- Afectación al suelo, ya que la geomorfología natural del terreno cambiaría, producto de las excavaciones.	Impacto adverso mayor severo de forma directa siendo este permanente y localizado presentando alta probabilidad de ocurrencia.	Esta actividad no cuenta con medidas de mitigación, en cuanto a la afectación de este elemento debido a la pérdida total del suelo por excavaciones.
	Agua	- Afectación directa al flujo natural de los escurrimientos superficiales debido a las obras de preparación del sitio.	Impacto adverso moderado de forma directa siendo este permanente y localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia y con medidas de mitigación.	Como medidas de mitigación en esta etapa se contempla controlar los escurrimientos mediante el método a base de gravedad desviándolos por medio de cunetas, para posteriormente volverlos a encausar a su curso natural. Arroyo el pedregal.
	Aire	- Afectación directa a la calidad del aire debido a las partículas suspendidas, gases y ruido, ocasionadas por la operación de la maquinaria.	Impacto adverso menor de forma directa siendo este temporal y localizado presentando alta probabilidad de ocurrencia contando con medidas de mitigación.	El impacto en esta etapa es menor de cualquier forma se contemplan medidas de mitigación como por ejemplo: el riego por medio de un camión pipa para anular o mitigar las partículas suspendidas por efecto de la excavación. Y mantenimiento de maquinaria.

	<b>Paisaje</b>	- Afectación directa al paisaje natural del terreno debido a las modificaciones de las topoformes	Impacto adverso mayor severo de forma directa permanente y localizado contando con alta probabilidad de ocurrencia.	medida de mitigación secundaria se contempla una vez concluidas las obras y la nivelación de taludes una reforestación como medida para aminorar los efectos ocasionados por las excavaciones y al mismo tiempo el impacto visual.
--	----------------	---	---	--

**Cuadro descriptivo de impactos ambientales y las medidas de mitigación correspondientes.**

<b>ETAPA PREPARACIÓN DEL SITIO</b>					
<b>Plataformas</b>	<b>Prestamos</b>	<b>Aire</b>	- Afectación directa a la calidad del aire debido a las partículas suspendidas, ruido y gases generados por la operación de la maquinaria.	Impacto adverso menor de forma directa temporal y localizado contando con alta probabilidad de ocurrencia y contando con medidas de mitigación.	Las emisiones generados de polvo y ruido durante las actividades de carga y traslado no representan factores en los que deba hacer mucho énfasis debido a que el grado de afectación es mínimo. Ya que los vehículos contarán con lonas.
		<b>Suelo</b>	- Afectación directa a la geomorfología del terreno	Impacto adverso mayor severo de forma directa, permanente y localizado presentando alta probabilidad de ocurrencia contando con medidas mitigación.	En esta etapa las medidas de mitigación no son significativas debido a que las obras están encaminadas únicamente a la preparación del sitio.
		<b>Agua</b>	- Afectación directa al flujo natural de los escurrimientos superficiales debido a las obras de preparación del sitio.	Impacto adverso menor de forma directa permanente, localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia, contando con medidas de mitigación.	En esta etapa de preparación de la plataforma, los escurrimientos de las aguas pluviales serán controlados por un sistema de drenaje, el cual consiste en la construcción de cunetas perimetrales para encausar su escurrimiento aguas abajo. Para encausarlo al arroyo el pedregal.
		<b>Aire</b>	- Afectación directa a la calidad del aire debido a las partículas suspendidas, ruidos y gases ocasionados por la operación de la maquinaria.	Impacto adverso menor de forma directa siendo este temporal y localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia, contando con medidas de mitigación.	Las medidas de mitigación que se realizarán en esta etapa serán riegos continuos a través de pipas de agua con el fin de reducir los polvos generados por las actividades propias de la maquinaria utilizada.
Consortio Ambiental y de Servicios S.A. de C.V.					

	Paisaje	- Afectación directa al paisaje natural del terreno debido a las modificaciones de las topografías.	Impacto adverso mayor severo de forma directa siendo esta permanente y localizado, contando con medidas de mitigación.	Las medidas de mitigación no son significativas, ni relevantes debido a que las obras están encaminadas únicamente a la preparación del sitio.
Conformación y compactación	Aire	- Afectación directa a la calidad del debido a las partículas suspendidas ocasionadas por las obras de preparación del sitio.	Impacto adverso menor de forma directa siendo este temporal y localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia, contando con medidas de mitigación.	Las medidas de mitigación que se realizarán en esta etapa serán riegos continuos a través de pipas de agua con el fin de reducir los polvos generados por las actividades propias de la maquinaria utilizada.

**Cuadro descriptivo de impactos ambientales y las medidas de mitigación correspondientes.**

<b>ETAPA DE CONSTRUCCION</b>				
Construcción de cunetas perimetrales para aguas pluviales	Agua	Impacto compatible debido a que controlan los escurrimientos superficiales, así como la prevención de su contaminación.	Impacto compatible de forma directa siendo este permanente y localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia.	Las medidas de mitigación son la de construcción e instalación de cunetas que servirán para controlar los escurrimientos de las aguas pluviales para evitar su contaminación con los lixiviados generados por los residuos sólidos.
Construcción de sistema de drenaje interno de lixiviados y fosas de almacenamiento	Agua	- Impacto benéfico compatible debido a que controlan los lixiviados y los conduce a las fosas de almacenamiento.	Impacto benéfico mayor compatible de forma directa siendo este permanente y localizado, presentando alta probabilidad contando con medidas de mitigación.	El sistema de drenaje interno de lixiviados es con la finalidad de conducir todos los lixiviados generados a través del relleno hacia una fosa de almacenamiento donde serán captados y a su vez podrán ser neutralizados y/o reciclados, evitando de este modo la posible contaminación de las aguas.
Pozos del biogás	Aire	Es un impacto benéfico compatible, ya que minimizan los efectos del biogás, eliminando riesgos en el relleno.	Impacto benéfico mayor compatible de forma directa, siendo este permanente y localizado, contando con medidas de mitigación y alta probabilidad de ocurrencia.	La colocación estratégica de ductos de biogás es con la finalidad de poder captar los gases generados por la descomposición natural de los residuos sólidos es para poder conducirlos hacia el exterior evitando con esto explosiones o incendios dentro del relleno sanitario debido a la acumulación de gases.
Consortio Ambiental y de Servicios S.A. de C.V.				

<b>CONSTRUCCIÓN DE</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES</b>		Construcción de pozos de monitoreo de biogas.	Aire	Es un impacto beneficioso compatible directo, ya que ayuda a cuantificar el volumen, presión, flujo y temperatura del biogas y tomar las medidas adecuadas para reducir riesgos.	Impacto beneficioso mayor de forma directa, siendo este permanente y localizado, contando con medidas de mitigación y alto grado de ocurrencia.	La instalación de dispositivos en los pozos de extracción de biogas es con la finalidad de monitorear el flujo, temperatura, composición y volumen del biogas, para determinar de inmediato cualquier posible contaminación o riesgo.
		Suelo	- Afectación directa al suelo debido a la modificación que tendrá el relieve natural del terreno ocasionado por las obras de excavación, extracción, construcción y compactación, afectando la geomorfología del terreno.	Agua	- Afectación directa al agua ya que modificara el patrón de drenaje y los escurrimientos superficiales.	Impacto adverso mayor de forma directa, permanente y localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia.	No cuenta con medidas de mitigación dada la naturaleza de la actividad que lo genera. Como una medida de mitigación secundaria se contempla la reforestación y plantación de vegetación característica de la zona en el perímetro y área de protección y la destinada a conservación natural.
		Aire	- Afectación directa a la calidad del aire por las partículas suspendidas, gases, ruido y vibraciones ocasionadas por la maquinaria utilizada.		Impacto adverso menor de forma directa temporal y localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia, contando con medidas de mitigación.	Aunque el impacto es menor se contempla la instalación de cunetas para desviar y encausar de nuevo los escurrimientos naturales.	Aunque el impacto es menor se contempla la instalación de cunetas para desviar y encausar de nuevo los escurrimientos naturales.
		Flora	- Pérdida permanente de la cubierta vegetal ocasionando la destrucción de la microflora, generando una barrera física.		Impacto adverso mayor severo de forma directa siendo este permanente y localizado, contando con medidas de mitigación.	La mitigación en esta etapa es en cuanto a los arreglos de jardinería proyectados acorde al diseño y barrera de protección y área de conservación natural.	Los polvos generados durante esta etapa se mitigaran por medio de riegos periódicos mediante un camión pipa minimizando con esto los polvos. Se darán mantenimiento a la maquinaria utilizada.
	Fauna	- Pérdida permanente del hábitat de la fauna, así como sitios de anidación. Generando una barrera física.		Impacto adverso menor de forma directa, siendo este permanente y localizado, contando con medidas de mitigación.	Cuenta con medidas de mitigación secundaria introduciendo mayor masa forestal en la zona para restaurar el hábitat natural.	Los polvos generados durante esta etapa se mitigaran por medio de riegos periódicos mediante un camión pipa minimizando con esto los polvos. Se darán mantenimiento a la maquinaria utilizada.	

CONSTRUCCIÓN	Impermeabilización	Paisaje	- Afectación directa al paisaje, modificando el relieve natural del terreno debido a las obras de construcción.	Impacto adverso mayor severo de forma directa, siendo este permanente y localizado, no contando con medidas de mitigación.	No cuenta con medidas de mitigación en esta etapa, pero el paisaje se mitigará con las obras de restauración que serán ejecutadas en su conjunto durante y al finalizar la vida útil del proyecto reintegrándolo al paisaje natural.
		Económico	Se contempla la generación de empleos considerándose este como un impacto benéfico.	Impacto benéfico mayor de forma directa, temporal y localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia.	
		Suelo	- Afectación directa al drenaje subterráneo del subsuelo debido a la pérdida de capacidad de infiltración por la instalación de la geomembrana.	Impacto adverso mayor de forma directa y localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia.	No cuenta con medidas de mitigación ya que es una actividad, compatible y benéfica ya que previene la contaminación del suelo y aguas subterráneas, mediante la impermeabilización con geomembrana.

**Cuadro descriptivo de impactos ambientales y las medidas de mitigación correspondientes.**

CONSTRUCCION	Impermeabilización	Agua	- Impacto benéfico compatible ya que impide la infiltración de lixiviados evitando la contaminación de los mantos freáticos y acuíferos.	Impacto benéfico mayor de forma directa siendo permanente y localizado.	Las medidas de mitigación es la impermeabilización, ya que evita la contaminación de los mantos freáticos y acuíferos por los lixiviados.
		Paisaje	- Afectación directa al paisaje natural del terreno por la instalación de la geomembrana.	Impacto adverso moderado de forma directa, siendo este permanente y localizado, contando con medidas de mitigación.	Las medidas de mitigación en esta etapa son la reforestación para aminorar el impacto visual del paisaje natural, en el perímetro y en el entorno del relleno.

OPERACIÓN		Disposición final y construcción de celdas.
Aire	- Afectación directa a la calidad del aire debido a las partículas suspendidas, generadas por los residuos sólidos.	Impacto adverso mayor severo de forma directa. Siendo este temporal y localizado, presentando alta probabilidad de ocurrencia, contando con medida de mitigación.
Agua	- Afectación directa a la calidad del agua fluvial debido al contacto con los residuos sólidos.	Impacto adverso mayor severo de forma directa, siendo este temporal y localizado contando con medidas de mitigación y presentando alta probabilidad de ocurrencia.
Paisaje	- Afectación directa al paisaje debido a la construcción de celdas de residuos sólidos, ya que se modifica la geomorfología del lugar	Impacto adverso mayor severo, de forma directa, siendo este permanente y localizado, con medidas de mitigación y presenta alta probabilidad de ocurrencia.
		Como medidas de mitigación se ejecutarán la compactación de los residuos sólidos, así como su cobertura con material geológico de la zona, mitigando con estos olores, gases y dispersión de residuos y partículas.
		Como medidas de mitigación se prevee la instalación de un dren perimetral con el objeto de canalizar los escurrimientos aguas abajo, siguiendo su cauce natural. En cuanto a los escurrimientos superficiales en el interior del predio se controlaran los escurrimientos por el método de gravedad, conduciéndolos a estos a una pendiente dominante, la cual esta conectada hacia fuera del predio para luego seguir su cauce natural. En cuanto al agua infiltrada estas serán captadas por los drenes de colección instalados para luego conducirlos hacia unas fosas de almacenamiento.
		Las medidas de mitigación en esta etapa son la reforestación para aminorar el impacto visual del paisaje natural.

*Cuadro descriptivo de impactos ambientales y las medidas de mitigación correspondientes.*

OPERACIÓN		CONTROL AMBIENTAL Y ETAPA DE ABANDONO		
Empuje, compactación y cobertura de residuos.	Aire	- Impacto benéfico compatible debido a la compactación y cobertura de los residuos sólidos que evita la propagación de las partículas suspendidas y fauna nociva debido a la colocación del material de cobertura diariamente.	Impacto benéfico mayor directo, permanente contando con medidas de mitigación y presentando alta probabilidad de ocurrencia.	En esta etapa las medidas de mitigación son compatibles, ya que evitan la dispersión de los residuos confinados, así como la proliferación de fauna nociva. la disminución de los olores de los gases generados por la biodegradación de los residuos. Por otro lado se evita el desgajamiento del material confinado debido a la compactación de las celdas diarias reforzado por el material de cobertura.
Conformación y estabilización de taludes	Paisaje	Impacto benéfico compatible debido a la conformación de taludes.	Impacto benéfico mayor directo permanente y presenta alta probabilidad de ocurrencia.	En esta etapa el mantenimiento, se considera como una medida de mitigación permanente dada la naturaleza de los contaminantes. Para tal efecto se dispone de toda infraestructura diseñada para la supervisión y control de estos. Se dispondrá de una cuadrilla de vigilancia permanente durante las 24 hrs. Con el objeto de monitorear y mantener un buen estado y funcionamiento de los equipos y obras, usados para el control de los contaminantes. Por lo que se verán disminuidos notablemente olores, gases, lixiviados, partículas suspendidas, fauna nociva del área impactada.
Mantenimiento, monitoreo y control de contaminantes	Aire	Es un impacto benéfico y compatible, debido a las obras de mantenimiento y control de contaminantes que se ejecutarán.	Impacto benéfico mayor compatible, directo permanente, contando con medidas de mitigación y una alta probabilidad de ocurrencia.	

## VI CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES.

Con relación a las características naturales y socioeconómicas del predio "Picachos", donde se instalará el Relleno sanitario Metropolitano Poniente "Picachos", podemos concluir lo siguiente:

Los impactos ambientales sobre el predio generados a partir del desarrollo del proyecto en lo correspondiente a la flora y fauna actual, no serán afectadas significativamente, debido a las condiciones actuales del mismo predio, esto es que su ecosistema natural ha sido alterado, por lo cual, la fauna que pudo habitar esta zona ya emigro a zonas adyacentes o bien, fue eliminada durante el desmonte o pérdida de la masa forestal natural, y ahora esta zona solamente proporciona alimentación para insectos, algunas aves, y mamíferos pequeños, lo correspondiente a la flora, existen actualmente en el predio ejemplares de especies como el Roble y Pino, que se ejemplifican lo que anteriormente conformo un bosque mas denso que existia en el sitio.

Respecto al suelo y agua, el primero es un suelo bastante pobre para el desarrollo productivo de cultivos y/o pastizales, se encuentra intemperizado y erosionado por los efectos del agua y viento, lo concerniente al agua, como ya se detallo anteriormente el sitio no presenta cauces importantes de agua fluvial, ya que el único arroyo que será impactado es de temporal y no cuenta con algún uso productivo, no obstante lo anterior, se tomaran todas las medidas adecuadas para evitar una posible contaminación del cauce.

Lo relativo a los aspectos socioeconómicos con la instalación del relleno Sanitario se esperan algunos beneficios en la zona, por ejemplo: las vías de acceso deberán ser mejoradas, se generan empleos directos e indirectos, existe la posibilidad de la instalación de mayor número de comercios y prestadores de servicios por las rutas de acceso al relleno sanitario.

El más importante de los impactos ocasionados por la puesta en operación del Relleno Sanitario será positivo hacia la salud y ambiente de los habitantes de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Ya que logran disponer de un sitio para el confinamiento final de los residuos sólidos municipales, que cumpla con las normas ambientales y de salud, evitando el riesgo potencial de enfermedades infecto-contagiosas causada por agentes patógenos que proliferan al operar basureros a cielo abierto e impactando negativamente al ambiente.



## VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

### BIBLIOGRAFIA

TCHOBANOGLIOUS, GEORGE. ET. AL GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS, Mc Graw Hill Interamericana de España. 1994 Tomos I y II.

LUND HERBERT F: Manual de Reciclaje.. Mc Graw Hill Interamericana de España. 1996 Tomos I y II.

LAGREGA MICHAEL D. Gestión de residuos tóxicos, tratamiento eliminación y recuperación de suelos. Mc Graw Hill Interamericana de España. 1996 Tomos I y II.

Memoria del Manejo Eficiente de Residuos sólidos " VII congreso nacional, vi reunión general SMISA A.C. México, 1992.

Memorial del Simposio sobre los residuos sólidos y peligrosos, presente y futuro de un problema nacional, AMCRESPAC; México 1990.

BRAVO HELIA-HOLLIS; "Las cactaceas de México", Volumen III U.N.A.M.. 1991

LEOPOLD A STARKER. "Fauna Silvestre de México". Ediciones del instituto mexicano de recursos naturales, renovables , ed. Pax México. 1990.

SANCHEZ, SANCHEZ OSCAR. "La flora del Valle de México". Ed. Herrero, 1984.

CHAZARO BASAÑEZ MIGUEL, "Antología botánica del estado de Jalisco". Universidad de Guadalajara. 1990.

RZEDOWSKI VERZY "Vegetación de México". Ed. Limusa, 1988.

BUOL S.W. Y HOLE F.D. "Génesis y clasificación de suelos" ed. Trillas, 1981.

ORTIZ VILLANUEVA B. , ORTIZ SOLORIO C. "Edafología" Universidad autonoma de Chapingo. 1980.

CNA. Estación Meteorológica Zapopan.

Estudio Geográfico del Espacio natural y del espacio rural, del Municipio de Zapopan Jalisco. Universidad de Guadalajara. 1989.

Conteo' 95 de población y vivienda, resultados definitivos tabulados básicos, INEGI, 1995.

Manual de Vegetación Urbana para Guadalajara, Jal. Ayto de Guadalajara. Banca Promex, ed. Agata, 1995.

Cuaderno estadístico Municipal, Guadalajara, INEGI, 1997.

Cuaderno estadístico Municipal, Zapopan, INEGI, 1997.

Anuario Estadístico del estado de Jalisco, INEGI, 1992.

Carta hidrológica Aguas Subterráneas, Spp, Esc. 1:250,000.

Carta Topografica Tesistan, Spp, Esc. 1:50,000.

IDEM. De Tonalá y Tlaquepaque.

I.N.E. "Compilación de normas oficiales mexicanas en materia de protección ambiental". Instituto Nacional de Ecología. 1996.

Organización panamericana de la salud. "Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales". 1991, o.p.s. Serie Técnica No 28.

Manual de rendimiento Caterpillar Edición. 25 1994.

CANTER ÑANAY. W. "Manual de evaluación de impacto ambiental". 1998 ed. Mc. Graw Hill interamericana, España.

APARICIO. "Fundamentos de Hidrología de superficie". Ed. Limusa, Noriega Editores, México. 1994.

ZUMBERGE JAMES "Geología elemental". Ed. Cecsá. México. 1982.

I.N.E.G.I. "Catalogo de Herbario" Tomos I, II, III y IV. Ed. Instituto Nacional de Ecología, México. 1995.

Manifestación de impacto ambiental modalidad general del proyecto relleno Sanitario "Hasar's" elaborado por INGESA. S.A. de C.V. 1998.

Proyecto Ejecutivo del Relleno Sanitario para el área Metropolitana de Guadalajara. "Los Laureles" Caabsa Eagle S.A. de C.V. elaborado por procesa, Ingeniería y Ecología S.A. de C.V. 1996