

2002A

CODIGO: 093694449

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES



**"DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL  
SANEAMIENTO DEL EXVERTEDERO MUNICIPAL MILPA ALTA,  
PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL FRACCIONAMIENTO  
COLINAS CONTRY CLUB, ZAPOPAN, JALISCO".**

**INFORME DE PRACTICAS PROFESIONALES  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

PRESENTA:

**ERIKA BERENICE ECHAURI GALVÁN**  
LAS AGUJAS ZAPOPAN, JALISCO SEPTIEMBRE DEL 2002

106704 / 02223  
6747  
7



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

COORDINACIÓN DE CARRERA DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

COMITÉ DE TITULACIÓN

**C. ERIKA BERENICE ECHAURI GALVÁN  
PRESENTE.**

Manifiestamos a Usted que con esta fecha ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **Informe de Prácticas Profesionales** con el título **"DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL SANEAMIENTO DEL EXVERTEDERO MUNICIPAL MILPA ALTA, PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL FRACCIONAMIENTO COLINAS COUNTRY CLUB, ZAPOPAN, JALISCO"**, para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director de dicho trabajo al **M.C. ROBERTO MACIEL FLORES** y como Asesor el **DR. JOSÉ GUADALUPE ROSAS ELGUERA**.

**ATENTAMENTE**  
**"PIENSA Y TRABAJA"**  
Las Agujas, Zapopan, Jalisco, 17 de marzo del 2002

**DRA. MÓNICA ELIZABETH RIOJAS LOPEZ**  
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

*Leticia Hernández López*  
**M.C. LETICIA HERNÁNDEZ LÓPEZ**  
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

c.c.p. M.C. ROBERTO MACIEL FLORES. - Director del Trabajo  
c.c.p. DR. JOSÉ GUADALUPE ROSAS ELGUERA.- Asesor del Trabajo  
c.c.p. Expediente del alumno

MERL/LHL/mam

**C. DRA. MÓNICA ELIZABETH RIOJAS LÓPEZ  
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN  
DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.**

**PRESENTE**

Por medio de la presente nos permitimos informar a Usted que habiendo revisado el **Informe de Practicas Profesionales**, que realizó la pasante Erika Berenice Echauri Galván con el titulo: **"Desarrollo de una Metodología para el Saneamiento del Exvertedero Municipal Milpa Alta, Previo a la Construcción del Fraccionamiento Colinas Country club, Zapopan Jalisco"**. Consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorización de impresión y en su caso programaciones de fecha de exámenes de tesis y profesional respectivos. Sin otro particular por el momento, agradecemos de antemano la atención que se sirva brindar a la presente y aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente,

Las Agujas Zapopan Jalisco a 18 de junio de 2002

EL DIRECTOR DE CESIS

M.C. Roberto Maciel Flores



EL ASESOR

DR. José Guadalupe Rosas Elguera

COORDINACIÓN DE LA CARRERA DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

SINODALES

1.- MC. Guadalupe Garibay Chávez

2.- Ing. Miguel Magaña Virgen

3.- M.C. Arturo Curiel Ballesteros

SUPL.- Dra. Ana Isabel Ramírez Quintana

Agradezco a todas las personas que me apoyaron en la realización de este trabajo, especialmente a Socorro Galván y Rafael Echauri por ser los mejores padres y amigos, a mi esposo e inseparable compañero Hugo Sandoval, y a Roberto Maciel, por sus tutorías y apoyos a lo largo de mis estudios y vida profesional.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE ACRÓNIMOS</b>	X
<b>INFORME DE PRACTICAS PROFESIONALES</b>	XVI
<b>I.- INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II.- ANTECEDENTES</b>	2
<b>III.- JUSTIFICACIÓN</b>	7
<b>IV.- OBJETIVOS</b>	7
IV.1) GENERALES	7
IV.2) PARTICULARES	7
<b>V.- MARCO CONCEPTUAL</b>	9
V.1.- MARCO HISTÓRICO	9
V.2.- MARCO TEÓRICO	12
V.3.- NORMAS ECOLÓGICAS MEXICANAS	22
<b>VI.- PROBLEMÁTICA ACTUAL</b>	24
VI.1.- PROBLEMÁTICA DE LOS SISTEMAS DE ASEO PÚBLICO	24
VI.1.1.- <i>Almacenamiento.</i>	24
VI.1.2.- <i>Recolección.</i>	25
VI.1.3.- <i>Barrido.</i>	25
VI.1.4.- <i>Transferencia.</i>	26
VI.1.5.- <i>Tratamiento.</i>	26
VI.1.6.- <i>Disposición final.</i>	28
V.1.2.- PROBLEMÁTICA AMBIENTAL	29
VI.2.1.- <i>Contaminación de las Aguas Subterráneas.</i>	29
VI.2.2.- <i>Contaminación del Aire.</i>	31
VI.2.3.- <i>Biogás.</i>	33
VI.2.4.- <i>Deterioro del paisaje.-</i>	34
VI.2.5.- <i>Contaminación de las aguas superficiales</i>	34
VI.2.6.- <i>Flora y fauna</i>	35
VI.3 DAÑOS A LA SALUD.	36

VI.3.1.- <i>Generación de biogás.-</i>	36
VI.3.2.- <i>Proliferación de fauna nociva.</i>	37
VI.3.3.- <i>Efectos sobre la salud</i>	37
VI.3.3.1.- <i>Efectos directos</i>	37
VI.3.3.2.- <i>Efectos indirectos</i>	38
<b>VII.- METODOLOGÍA</b>	40
VII.1.- DELIMITACIÓN DEL ÁREA CON BASURA Y CUANTIFICACIÓN DEL VOLUMEN	40
VII.2.- CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS	43
VII.3.- EVALUAR LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ACTUAL	46
VII.3.1.- <i>Climatología y Meteorología.</i>	47
VII.3.2.- <i>Diagnostico de la contaminación por         lixiviados</i>	47
VII.3.2.1.- <i>Caracterización de los lixiviados.</i>	48
VII.3.2.2.- <i>Acuífero.-</i>	49
VII.3.3.- <i>Diagnóstico del riesgo potencial debido a la         generación de biogás.</i>	49
VII.3.4.- <i>Análisis de otras afectaciones al entorno y a         la salud pública.</i>	51
VII.3.4.1.- <i>Fauna nociva.</i>	51
VII.3.4.2.- <i>Olores.</i>	52
VII.3.4.3.- <i>Otros.</i>	52
VII.4.- ANÁLISIS DEL POSIBLE RECICLAMIENTO Y/O TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS.	52
VII.4.1.- <i>Reciclaje</i>	52
VII.4.2.- <i>Tratamiento.</i>	55
VII.4.3.- <i>Productos reciclables</i>	55
VII.4.3.1.- <i>Papel y cartón</i>	56

VII.4.3.2.- <i>Trapo</i>	57
VII.4.3.3.- <i>Chatarra</i>	57
VII.4.3.4.- <i>Vidrio.-</i>	57
VII.4.3.5.- <i>Hueso.-</i>	58
VII.4.3.6.- <i>Madera.-</i>	58
VII.4.3.7.- <i>Aluminio.-</i>	58
VII.4.3.8.- <i>Plásticos.-</i>	59
VII.4.4. <i>Ganancias económicas por reciclaje</i>	60
VII.5.- IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS Y RIESGOS AMBIENTALES	61
VII.5.1.- <i>Impacto Ambiental</i>	61
VII.5.1.1.- <i>Evaluación del impacto ambiental</i>	62
VII.5.1.2.- <i>Formatos oficiales.-</i>	62
VII.5.1.3.- <i>Contenido básico del Estudio de Impacto Ambiental</i>	63
VII.5.1.4.- <i>Selección de la Metodología.-</i>	64
VII.5.2.- <i>Riesgo Ambiental</i>	71
VII.5.2.1.- <i>Amenazas.-</i>	72
VII.5.2.2.- <i>Vulnerabilidad</i>	75
VII.5.2.3.- <i>Riesgo</i>	82
VII.6.- IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LOS IMPACTOS Y RIESGOS ENCONTRADOS.	83
VII.7.- ELABORACIÓN, APLICACIÓN Y SEGUIMIENTO DE UN PROGRAMA EPIDEMIOLÓGICO Y SALUD LABORAL	83
VII.7.1.- <i>Guía medica.-</i>	84
VII.7.1.1.- <i>Objetivos</i>	84
VII.7.1.2.- <i>Estrategias</i>	84
VII.7.1.3.- <i>Examen medico.-</i>	86
VII.8.-DEFINICIÓN DE LA MAQUINARIA A UTILIZAR	89

<i>VII.8.1.- Descripción de los Equipos Mecánicos.</i>	89
<i>VII.8.1.1.- Equipos adaptados para el manejo de residuos sólidos.</i>	89
<i>VII.8.1.2.- Equipo diseñado expresamente para el manejo de residuos sólidos.</i>	91
<i>VII.8.1.3.- Equipos de Apoyo.</i>	92
<i>VII.8.2.- Selección del equipo mecánico.</i>	96
VII.9.- OBTENCIÓN DE PERMISOS DE LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES	97
VII.10.- DEFINICIÓN DEL SITIO DONDE DEPOSITAR LOS RESIDUOS NO RECICLABLES O NO COMERCIALIZABLES.	98
VII.11.-EXTRACCIÓN DE LOS RESIDUOS DE SU CONFINAMIENTO, SEPARARLOS, EMPACARLOS, TRITURARLOS O CRIBARLOS.	99
<i>VII.11.1.- Separación</i>	99
<i>VII.11.2.- Empaque</i>	100
<i>VII.11.3.- Trituración</i>	100
<i>VII.11.4.- Cribación</i>	101
<i>VII.11.5.- Fases de trabajo</i>	101
VII.12.-SANEAMIENTO DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS ÚTILES E INÚTILES	102
VII.13.-ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL ÚTIL	103
VII.14.- COMERCIALIZACIÓN DE LOS MATERIALES RECICLADOS	104
VII.15.- TRANSPORTE DE LOS ELEMENTOS INÚTILES A RELLENOS SANITARIOS	104
VII.16.- DEFINICIÓN DE LOS ESTUDIOS DE SUELO, AGUA Y GASES NECESARIOS A REALIZAR PARA CERTIFICAR EL SANEAMIENTO EN EL PREDIO.	105
VII.16.1.-Biogás	105



<i>VII.16.1.1.- Sistema de Control de Biogás.</i>	105
<i>VII.16.1.2.- Generación del Biogás.</i>	106
<i>VII.16.1.3.- Características del Biogás.</i>	110
<i>VII.16.1.4.- Necesidad del Control.</i>	113
<i>VII.16.1.5.- Migración del Biogás</i>	114
<i>VII.16.1.6.- Mecanismos del movimiento del biogás.</i>	115
<i>VII.16.1.7.- Problemas asociados con la migración del biogás.</i>	117
<i>VII.16.1.8.-Identificación de la migración de biogás.</i>	118
<i>VII.16.1.9 Selección del Sistema de Control.</i>	119
<b>VII.16.2.- Lixiviados</b>	128
<i>VII.16.2.1.- Sistema de Control de Lixiviados.</i>	128
<i>VII.16.2.2.-Generación de Lixiviados</i>	129
<i>VII.16.2.3.- Factores que afectan la generación de lixiviados.</i>	131
<i>VII.16.2.4.- Composición de los Lixiviados.</i>	132
<i>VII.16.2.5.- Composición físico-química y microbiológica</i>	133
<i>VII.16.2.6.- Factores que afectan la composición de los lixiviados</i>	136
<i>VII.16.2.7.- Acumulaciones de Lixiviados.</i>	136
<i>VII.16.2.8.- Migración de Lixiviados.</i>	137
<i>VII.16.2.9.-Metodologías para el Control de los Lixiviados.</i>	141
<i>VII.16.2.10.-Sistemas de Captación y Extracción de Lixiviados.</i>	145
<i>VII.16.2.11.-Alternativas para el Tratamiento de Lixiviados.</i>	148

VII.16.2.12.- <i>Monitoreo de Lixiviados.</i>	150
VII.17.- MODELACIÓN DE LA DEPRESIÓN GENERADA AL MOMENTO DE EXTRAER LA BASURA	157
VII.18.- INTEGRACIÓN DEL PREDIO A UNA ACTIVIDAD PRODUCTIVA	158
VII.19 ELABORACIÓN DEL REPORTE FINAL	158
<b>VIII.-ESTUDIO DE CASO</b>	159
VIII.1. INTRODUCCIÓN	159
VIII.2.- LOCALIZACIÓN	160
VIII.3. GENERALIDADES	160
VIII.4. PROYECTO DE INTEGRACIÓN DEL PREDIO A UNA ACTIVIDAD PRODUCTIVA	161
VIII.5.- DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	162
VIII.5.1.- <i>Delimitación del área con basura y cuantificación del volumen</i>	162
VIII.5.2.- <i>Caracterización de los residuos</i>	166
VIII.5.3.- <i>Evaluar la problemática ambiental actual</i>	169
VIII.5.4.- <i>Análisis del posible reciclamiento y/o tratamiento de los residuos.</i>	173
VIII.5.5.- <i>Identificación y evaluación de impactos y riesgos ambientales</i>	174
VIII.5.5.1.- <i>Impacto ambiental</i>	174
VIII.5.5.2.- <i>Riesgo Ambiental</i>	182
VIII.5.6.- <i>Implementación de medidas de mitigación para los impactos y riesgos encontrados.</i>	185
VIII.5.7.- <i>Elaboración, aplicación y seguimiento de un programa epidemiológico y salud laboral</i>	188
VIII.5.8.- <i>Definición de la maquinaria a utilizar</i>	193
VIII.5.9.- <i>Obtención de permisos de las autoridades correspondientes</i>	194
VIII.5.10.- <i>Definición del sitio donde depositar los</i>	195

<i>residuos no reciclables o no comercializables.</i>	
<i>VIII.5.11.-Extracción de los residuos de su confinamiento, separarlos, empacarlos, triturarlos o cribarlos.</i>	201
<i>VIII.5.12.-Saneamiento de los productos obtenidos útiles e inútiles</i>	202
<i>VIII.5.13.-Almacenamiento del material útil</i>	204
<i>VIII.5.14.- Comercialización de los materiales reciclados</i>	205
<i>VIII.5.15.- Transporte de los elementos inútiles a rellenos sanitarios</i>	205
<i>VIII.5.16.- Definición de los estudios de suelo, agua y gases necesarios a realizar para certificar el saneamiento en el predio.</i>	205
<i>VIII.5.17.- Modelación de la depresión generada al momento de extraer la basura</i>	206
<i>VIII.5.18.- Integración del predio a una actividad productiva</i>	206
<i>VIII.5.19 Elaboración del reporte final</i>	206
<b>IX.- CONCLUSIONES</b>	207
<b>X.- GLOSARIO</b>	209
<b>XI.- BIBLIOGRAFÍA</b>	218

## ÍNDICE DE TABLAS

V.1.- Principales métodos físicos usados para el tratamiento de residuos sólidos	17
V.2.- Principales procesos químicos empleados para el tratamiento de residuos sólidos	18
V.3.- Principales procesos biológicos empleados para el tratamiento de residuos sólidos	19
V.4.- Métodos térmicos empleados para el tratamiento de residuos sólidos	20
VI.1.- Efectos sobre la salud comprobados y potenciales en relación con la contaminación del agua y los alimentos	38
VII.4.1.- Especificaciones para reciclado de papel y cartón	56
VII.4.2.- Uso de plásticos por tipo de resina antes y después del recycle	59
VII.5.1.- Valores comparativos por gravedad de consecuencias para evaluar cualitativamente a las amenazas	73
VII.7.1.- Examen medico	87
VII.8.1.- Tipos funciones y usos de equipos mas empleados en rellenos sanitarios	96
VII.8.2.- Selección de equipo en función de cantidad de residuos a mover	97
VII.16.1.- Factores que influyen en la generación de biogás	107
VII.16.2.- Composición típica del biogás en un relleno sanitario en función del tiempo	111
VII.16.3.- Composición y características típicas de biogás en un relleno sanitario	111
VII.16.4.- Compuestos orgánicos identificados en el biogás generado en rellenos sanitarios	113
VII.17.1.- Características típicas del lixiviado	134
VII.17.2.- Grupos bacteriológicos identificados en lixiviados	135
VIII.5.1.- Tabla comparativa de resultados finales de análisis CRETIB	166
VIII.5.2.- Resumen de generación de biogás	170
VIII.5.3.- Fases individuales de producción de gas en función del tiempo	171
VIII.5.4.- Matriz de impacto ambiental cualitativa	adjunta
VIII.5.5.- Factores ambientales impactados	178
VIII.5.6.- Matriz de impacto ambiental cuantitativa	adjunta

VIII.5.7.- Tabla comparativa de los Impactos Ambientales encontrados entre el periodo de confinamiento de los R.S.M. y el periodo de saneamiento	181
VIII.5.8.- Valores correspondientes a cada amenaza	182
VIII.5.9.- Nivel de valoración de amenazas naturales	183
VIII.5.10.- Niveles de vulnerabilidad	184
VIII.5.11.- Valoración de riesgos	184

## **ANEXO 1 FIGURAS**

- I.1.- Plano de localización del predio
- I.2.- Fotografía aérea
- I.3.- Diagrama de los residuos sólido
- VIII.2.- Perfil anterior y propuesto del proyecto C.C.C.
- VIII.4.- Croquis de ubicación de zonas con basura
- VIII.11.- Dirección del flujo del agua subterránea
- VIII.12.- Composición porcentual de la basura
- VIII.13.- Fracción biodegradable
- VIII.14.- Gas producido en función del tiempo

## **ANEXO 2 FOTOGRAFÍAS**

## **INFORME DE PRÁCTICAS PROFESIONALES**

**El informe será una narración contextualizada de su experiencia profesional, así como el análisis, síntesis y explicación de los sustentos teóricos y metodológicos de su práctica y de su aportación al campo de las ciencias biológicas.**

Por lo que el informe deberá abordar los siguientes apartados:

### **A) MARCO DE REFERENCIA INSTITUCIONAL DONDE SE LABORA GENERALIDADES DE LA EMPRESA.**

**Reingeniería para Restauración Ambiental S.A de C.V.** fue fundada en 1988, en la ciudad de Morelia Michoacán inicialmente con el nombre de **Consultora y Exploradora de Recursos Naturales S.A de C.V.**; Cambiando en el año 2000 de razón social a **Reingeniería para Restauración Ambiental S.A de C.V. (RASA)**.

RASA es una empresa privada dedicada a la asesoría en las áreas ambientales. Entre sus principales clientes se encuentran los siguientes:

- ✻ **CEMEX CONCRETOS**
- ✻ **APASCO**
- ✻ **GRAVASA**
- ✻ **GRAVA Y ARENA DEL SALTO**
- ✻ **URCASA**
- ✻ **ASOCIACION DE BANQUEROS DE MATERIAL DEL ESTADO DE JALISCO.**
- ✻ **BANCOS DE MATERIAL GEOLÓGICO**
- ✻ **CONSTRUCTORES VARO, TLALOC, BLASON INMOVILIARIA**
- ✻ **INFRAESTRUCTURA VIAL**
- ✻ **INFRAESTRUCTURA CARRETERA**
- ✻ **PEMEX**
- ✻ **PARTICULARES**
- ✻ **H. AYUNTAMIENTO DE ARANDAS**
- ✻ **H. AYUNTAMIENTO DE ZAPOPAN**
- ✻ **H. AYUNTAMIENTO DE GUADALAJARA**
- ✻ **H. AYUNTAMIENTO DE TLAQUEPAQUE**

✻ H. AYUNTAMIENTO DE VALLARTA

✻ GASOLINERA 2 DE ABRIL

✻ GASOLINERA LANGOSTURA

✻ GASOLINERA ASTILLERO

✻ GASOLINERA NORAMA

✻ ETC...Entre las principales actividades que realiza la empresa destacan las siguientes:

✻ Estudios de impacto y Riesgo Ambiental

✻ Estudios geológicos

✻ Estudios hidrogeológicos

✻ Estudios hidrológicos

✻ Vegetación

✻ Fauna

✻ Edafología

✻ Topografía

✻ Planes de emergencia

✻ Control epidemiológico

✻ Auditorias ambientales

✻ Rellenos Sanitarios

✻ Salud Ambiental

✻ UMAs

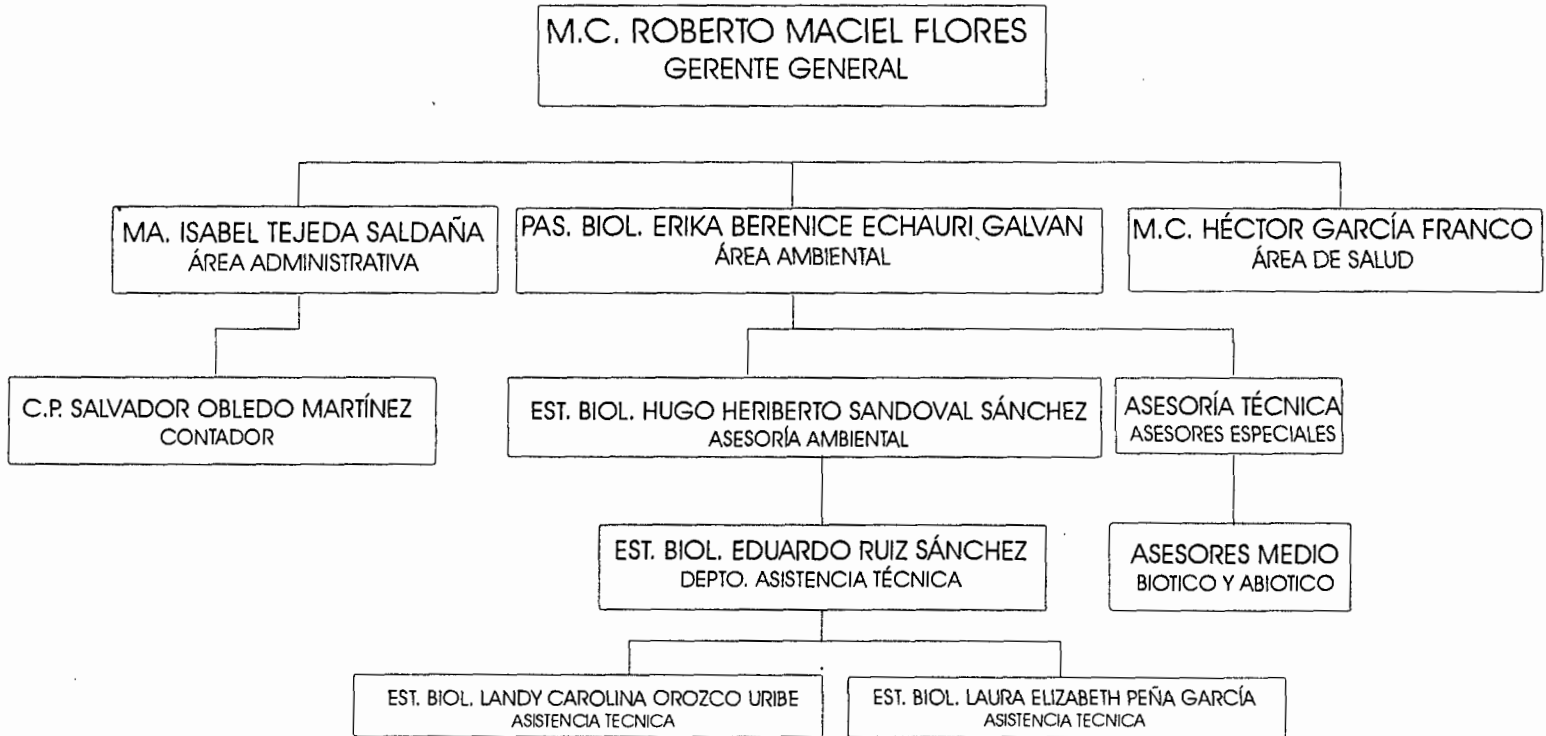
✻ Entre otras.

### 1) DESCRIPCIÓN DEL CARGO QUE DESEMPEÑA

Dentro del organigrama de la empresa fui responsable del área ambiental, la cual tiene a su cargo los departamentos de asesoría ambiental y el departamento de asesoría técnica. Ver organigrama adjunto. Donde realice como principales actividades las siguientes.

1. Coordinación de personal.
2. Supervisión de proyectos
3. Gestión ante autoridades tales como la COESE ahora SEMADES, Ayuntamientos, Protección Civil, entre otros.

ORGANIGRAMA  
REINGENIERIA PARA RESTAURACIÓN AMBIENTAL





4. Integración y edición de informes.
5. Estudios de Riesgos Industriales y Naturales.
6. Informes Preventivos y Manifestación de Impacto Ambiental.
7. Obtención de dictamen de uso de suelo
8. Auditorias Ambientales.
9. Rehabilitación Ambiental
10. Rellenos Sanitarios
11. Levantamientos Topográficos
12. Guía de excursiones Geológicas (San Sebastián del Oeste Jalisco)
13. Ordenamiento Territoriales.
14. Licencias de Funcionamiento en plantas trituradoras de material geológico.
15. Estudios Hidrológicos
16. Auxiliar de investigador (UDG, IPN en coordinación con el CIDIIR Mich.)
17. Búsqueda de información

## **2) DELIMITACIÓN CLARA DEL PROBLEMA (S) ATENDIDO**

Dentro de las actividades profesionales que la empresa realiza se encuentran varios proyectos atendidos durante los 4 años que laboré en la misma, tiempo durante el cual tuve la oportunidad de desenvolverme en diversas actividades con diversas empresas y clientes, atendiendo y dando solución a varios problemas, pero sólo reportare la problemática vista dentro del proyecto que corresponde el presente escrito.

El terreno donde se realizó el proyecto Colinas Country Club, fue comprado con la finalidad de realizar en él un conjunto habitacional con campo de golf, pero al momento de realizar los estudios preliminares se detecto una cantidad, hasta entonces desconocida de residuos sólidos en el subsuelo, lo cual represento un grave problema para los contratistas del proyecto, dado que no es factible técnicamente ni ecológicamente, el edificar cualquier tipo de construcción sobre un tiradero a cielo abierto. Por lo que la empresa constructora contacto a RASA para presentar una alternativa de solución que fuera técnica y económicamente factible de realizar.

Por lo antes mencionado RASA presento varias alternativas para la problemática descrita, las cuales se describen en el desarrollo del texto.

Mi participación en la problemática planteada consistió principalmente en buscar posibles soluciones y alternativas, buscar y analizar costos, estudiar las posibles alternativas planteadas, realizar la gestión ante autoridades estatales y municipales, búsqueda bibliográfica de proyectos similares y finalmente la elaboración de la metodología presentada a continuación.

### **3) METODOLOGÍA IMPLEMENTADA PARA EL ESTUDIO DEL PROBLEMA**

La metodología utilizada para la elaboración del presente documento, consistió fundamentalmente en los siguientes pasos:

- 1.- Planteamiento del problema
- 2.- Búsqueda bibliográfica de proyectos similares
- 3.- Gestión ante autoridades estatales (SEMADES) y municipales (Ayuntamiento de Zapopan)
- 4.- Presentación del problema a las autoridades estatales y municipales
- 5.- Visitas preliminares a la zona de estudio
- 6.- Visitas a tiraderos a cielo abierto (Tlajomulco de Zúñiga, Toluquilla, Acatlan de Juárez, Salamanca Guanajuato, entre otros)
- 7.- Visitas a Rellenos sanitarios (Picachos, Harrow, Hazar's, Queretaro, entre otros)
- 8.- Revisión histórica de la problemática
- 9.- Revisión y recopilación de material de la zona
- 10.- Delimitación del área con basura
- 11.- Caracterización de los residuos
- 12.- Evaluación de la problemática ambiental dentro del predio y del entorno
- 13.- Análisis del posible reciclamiento de los residuos
- 14.- Identificación y evaluación de los impactos y riesgos ambientales
- 15.- Implementación de las medidas de mitigación

16.- Elaboración, aplicación y seguimiento de, un programa epidemiológico y salud laboral

17.- Definición de la maquinaria a utilizar

18. Obtención de permisos de las Autoridades Estatales y Municipales

19.- Definición del sitio donde depositar los residuos no reciclables

20.- Elaboración del informe preliminar preparado ante la SEMADES, y H. Ayuntamiento de Zapopan

21.- Supervisión de la extracción de los residuos de su confinamiento

22.- Definición de mecanismos de saneamiento para los productos obtenidos útiles e inútiles

23.-Comercialización de los elementos útiles

24.-Supervisión del transporte de los elementos inútiles al sitio de confinamiento final

25.- Definición de los estudios ambientales para certificar el saneamiento en el predio

26.- Proyecto de modelación de la depresión generada por la extracción de la basura

27.- Propuesta de integración del predio a una actividad productiva

28.- Elaboración del reporte final a las autoridades estatales y municipales

#### **4) MEDIDAS IMPLEMENTADAS PARA CONTRIBUIR A LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA A PARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Además de las descritas en el punto anterior, es importante mencionar que las actividades de la empresa incluyendo las mías no finalizaron con la presentación de la presente metodología, sino que durante las etapas de saneamiento del predio se realizaron visitas diarias para la elaboración de una bitácora de actividades y se nos requirió la implementación de un programa de vigilancia ambiental permanente en el predio.

## **5) IMPACTO EN LA INSTITUCIÓN DONDE SE LABORA DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA IDENTIFICADO**

Aporté conocimientos del medio biótico y abiótico en apoyo al proyecto, además de las anteriores.

## **6) IDENTIFICACIÓN DE FORTALEZAS EN CUANTO A SU FORMACIÓN PROFESIONAL PARA IDENTIFICAR Y ABORDAR LA PROBLEMÁTICA**

Una de las principales fortalezas que considero importante dentro de mi formación fue el comenzar mis actividades profesionales durante mi periodo de estudios, es decir, a partir del segundo semestre comencé a laborar en actividades relacionadas con la carrera. Por lo cual, al momento que se me planteo dicha problemática, la confianza que obtuve durante el transcurso de mis actividades profesionales permitió que planteara comentarios y sugerencias con relación al proyecto, donde varias de ellas se implementaron, además de que aporte sugerencias a las propuestas presentadas por parte de la empresa RASA, lo que contribuyo a que fueran modificadas y moldeadas a las necesidades del proyecto.

## **7) IDENTIFICACIÓN DE LAS DEBILIDADES EN SU FORMACIÓN PROFESIONAL PARA IDENTIFICAR Y ABORDAR LA PROBLEMÁTICA Y COMO LAS SOLVENTÓ**

La principal debilidad que observe fue mi deficiencia dentro de las cuestiones legales y administrativas, ya que durante mis estudios nunca tuve la correcta orientación, que me asesorara sobre la necesidad de conocer sobre legislación ambiental y los aspectos básicos administrativos dentro del ámbito profesional, por lo que considero que solo se nos prepara para resolver problemas y no para formar nuestras empresas y ser nuestros propios jefes. Hace falta que nuestro campus fomente la confianza en los alumnos y futuros egresados para que salgamos a la vida profesional con mentalidad de triunfadores.

La forma de solventar mis debilidades legislativas fue leer y estudiar la LEEPA, y la LGEEPA, además de buscar asesoría con gente especializada en la materia, igualmente la lectura de libros de administración básica, consulta a administradores, contadores y amigos empresarios.

## **8) IMPORTANCIA DE LA INTERVENCIÓN DEL BIÓLOGO PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

Dado que todas las actividades humanas generan impactos ambientales, es de vital importancia la presencia del biólogo para solventar los problemas que se presenten en los proyectos o en su caso buscar e implementar formas para disminuir o minimizar los impactos de dichas acciones. En antaño, dichos estudios estaban a cargo de especialistas en ramas que no correspondían a las disciplinas de las áreas ambientales, tales como geógrafos, arquitectos, ingenieros civiles, por lo que se descuidaron por años los aspectos ambientales bióticos, abióticos, sociales, preceptuales y culturales. Actualmente los biólogos en conjunción con profesionistas de otras ramas como agrónomos, paisajistas, ingenieros, geólogos, topógrafos, etc., trabajan a la par y debido a la multidisciplinariedad de los estudios, se generan mejores investigaciones y soluciones ambientales aptas para cada problemática en particular.

## I.- INTRODUCCIÓN

La metodología propuesta se desarrollo por la falta de tecnología ó experiencias publicadas para realizar un proyecto de saneamiento en un tiradero a cielo abierto que incluya la posibilidad de incorporar un predio a una actividad productiva. Como técnicas similares, solo se encuentran las existentes para la creación de un relleno sanitario, como lo que propone las técnicas de la SEDESOL<sup>1</sup>, las cuales consisten en convertir un confinamiento en un relleno sanitario con las técnicas ingenieriles señaladas en las normas vigentes. Ante la constante necesidad de la población por recuperar estos espacios absorbidos por las urbes, se implementó la metodología de saneamiento de un tiradero a cielo abierto para evitar que se continúe con el crecimiento descontrolado de colonias, cercanas ó sobre estos sitios que no cumplen con las necesidades mínimas de seguridad, higiene, ni servicios, siendo en la mayoría de los casos colonias de bajos recursos, aun cuando también encontramos residuos sólidos en fraccionamientos de alta plusvalía y altos recursos en las mismas situaciones como sucede en nuestro estudio de caso.

En este estudio de caso, se aplicó una metodología de saneamiento. El predio se sitúa al Noroeste de la Ciudad de Guadalajara Jalisco México, sobre el periférico, aproximadamente a 2.5 km de la Av. Vallarta con dirección norte y a 2 km de la Av. Acueducto hacia el suroeste, teniendo como edificaciones mas cercanas al noroeste la unidad de Pensiones del Estado, al este, el fraccionamiento Puerta de Hierro, al sureste Royal Country; además, la totalidad del terreno se encuentra dividido por el periférico. Ver plano de localización I.1 y la fotografía aérea I.2. La inversión necesaria estimada para la realización de este proyecto de saneamiento se calcula en los \$40'000,000.00 de pesos para ser aplicado en un periodo de tiempo estimado de 2 a 4 años.

La metodología se propone principalmente con base a la caracterización de los residuos, el realizar un proceso de tratamiento previo a los mismos, con lo cual se propone comercializar los productos útiles para minimizar el volumen a transportar al confinamiento final que se destine a estos residuos previo tratamiento y además con esta comercialización amortizar los costos del proyecto de saneamiento, disminuyendo así la inversión considerada como inicial y en algunos casos obteniendo ganancias significativas. Ver diagrama de los residuos sólidos en figura I.3

## II.-ANTECEDENTES

Hasta la década de los 80s, no existía la mentalidad de llevar un adecuado manejo integral y sustentable de la basura en nuestro país, entre otras causas debido a que no existía una crisis en materia de generación de residuos, a la falta de legislación y voluntad política además de que la composición de los mismos antes de esta década era muy diferente tanto en cantidad como en composición, a diferencia de la que se genera en la actualidad. En el pasado, la producción de residuos sólidos no representó problemas mayores, ya que éstos eran fáciles de incorporar a los ciclos biogeoquímicos, de manera tal que el equilibrio de los ecosistemas no se veía alterado.

A partir de los años ochenta, en nuestro país, se incrementa substancialmente la generación de los residuos sólidos y las características de éstos se ven alteradas. Lo anterior como resultado del desarrollo tecnológico alcanzado y de la propia explosión demográfica.

Ante estos cambios y frente a la persistencia de prácticas tradicionales en la disposición de los residuos sólidos, aparecen grandes tiraderos a cielo abierto en antiguos bancos de material geológico, cañadas, caminos, baldíos, etc., que se encontraban en antaño alejados de las poblaciones, pero que con el constante crecimiento de las mismas han sido asimilados dentro de las ciudades y hoy constituyen un foco de contaminación grave para el agua, aire y suelo, así como un medio adecuado para el desarrollo de fauna nociva que afecta la salud de la población; todo ello sin olvidar el deterioro de la imagen del lugar, además de un potencial riesgo al ambiente y a las familias que se han instalado sobre estos antiguos tiraderos.

Para México, en la década de los 40s, la cantidad de residuos sólidos por habitante por día paso de 300 grs/hab/día a 850 grs/hab/día en promedio para 1998, además en ese



mismo periodo la población alcanzó de 30 millones de personas a mas de 98 millones, generando alrededor de 83,830 toneladas diarias de residuos sólidos municipales. (Cabrera 2001)<sup>2</sup>

Es decir que, en estas décadas la generación de residuos en las grandes urbes, se incremento 9 veces y su composición cambio de ser mayoritariamente orgánica y por lo tanto biodegradable, a inorgánica con un mínimo de materia orgánica, por consiguiente con un proceso lento de biodegradación y en mayor medida paso a ser no biodegradable.

Desafortunadamente, se estima que actualmente, de los residuos sólidos que se generan a nivel nacional, el 73% son depositados en tiraderos a cielo abierto; mientras que el porcentaje restante se maneja por medio de rellenos sanitarios; sin conocerse a ciencia cierta hasta qué punto cumplen estos con las exigencias y medidas de seguridad que demanda este método de ingeniería.

A partir de 1987 publica la ONU a través de la CNUMAD, el documento “Nuestro Futuro Común”, en donde se plantea la problemática ambiental de la tierra en el ámbito internacional sobre los residuos sólidos, cuando no se consideraba el tener un manejo integral y sustentable de la basura en nuestro País, posteriormente la CNUMAD, en Río de Janeiro en junio de 1992, aprueba el documento Programa 21, en el que se plantea que el manejo ambientalmente adecuado de los desperdicios debe ir mas allá de la mera disposición segura o la recuperación de los desperdicios que se generan, “enfrentando las causas del problema y encontrando las formas para cambiar los actuales patrones insustentables de producción y consumo. (Barrera, 2001<sup>25</sup>)

Igualmente el consejo mundial empresarial para el desarrollo sostenible comienza a tomar conciencia y es cuando aparece en las grandes industrias el termino ecoeficiencia, termino que busca conjuntar la eficacia económica con la ecológica, optimizando los

procesos operativos para generar un valor al producir mas, utilizando una menor cantidad de recursos y con un menor impacto ambiental (Zambrano 2001<sup>3</sup>).

Existen numerosas publicaciones que han aportado nuevos conocimientos a la realidad actual sobre la temática de los residuos sólidos, los cuales surgen de la necesidad de las instituciones privadas, gubernamentales y universitarias de conocer los niveles de afectación que ha generado la incorrecta disposición final de los residuos sólidos, estudios que cubren temas del medio biótico (vegetación, fauna), abiótico (suelo, agua, aire), perceptual (paisaje) y sociocultural (salud ambiental, calidad de vida, etc), entre otros, buscado soluciones adaptables y cercanas a la realidad económica de nuestro país.

Entre la gran bibliografía encontrada en nuestro país, descubrimos trabajos que resultan relevantes y en donde sus aportaciones a la fecha son calificadas como excelentes por investigadores, universidades, empresas y gobiernos extranjeros.

Para el caso del presente trabajo mencionaremos algunas de las investigaciones realizadas, entre las que encontramos los estudios elaborados por Flores Racié<sup>19</sup>(2001) que nos señala los indicadores de contaminación cuando se lixivian residuos, por efecto del mal manejo de los R.S.M. (Flores 2001<sup>4</sup>), además de estudios que proponen nuevas alternativas ingenieriles, económicas y de fácil aplicación para el manejo de las obras de drenaje y control de los lixiviados en rellenos sanitarios, en donde plantean la problemática real de los sistemas de drenaje en los R.S. siendo su propuesta el cambio de un diseño cerrado (tubo ranurado) que es fácilmente obstruible a un sistema abierto con una capa impermeabilizada de roca de diferentes granulometrías (Rábago 2001<sup>5</sup>). Encontramos además innovaciones sobre el tema de lixiviados, un ejemplo son los estudios realizados en la ciudad de Mérida Yucatán, en donde aplicaron en el R.S. de la ciudad un control y tratamiento de los lixiviados por métodos fisicoquímicos, los cuales podrían ser aplicados

además en el tratamiento de los lixiviados en tiraderos a cielo abierto (Mendez 2001<sup>7</sup>). González López del instituto de ingeniería de la Universidad Veracruzana nos propone, un diseño de reactores biológicos para la evaluación de la influencia de los lixiviados en la transformación de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos, donde por medio de los reactores se podrá obtener los parámetros para implementar sistemas de recirculación de lixiviados en el sitio de disposición final, generando un mayor tiempo de vida en los R.S. (González 2001<sup>8</sup>). Trabajos realizados en Nuevo Laredo, Tamaulipas prevé la generación de lixiviados, donde se obtiene el calculo del total de la generación de lixiviados celda por celda, logrando la estimación de la generación de lixiviados en rellenos sanitario mediante un balance de agua en serie. (Cruz, Ribera 2001<sup>9</sup>)

### **III.- JUSTIFICACIÓN.**

La magnitud del problema de las áreas afectadas por tiraderos a cielo abierto para el Estado de Jalisco es de aproximadamente 2,736 hectáreas (Maciel, comm.pers), por lo que se plantea la necesidad urgente de enfrentar el problema que se genero por la disposición final de los residuos sólidos municipales depositados en confinamientos a cielo abierto o vertederos controlados. Para ello, se considera conveniente establecer los criterios y lineamientos para el saneamiento de los tiraderos a cielo abierto, de tal manera que las autoridades municipales encargadas de los departamentos de ecología, sistema de aseo urbano, autoridades estatales y la iniciativa privada, cuenten con una metodología amplia y flexible para lograr la rehabilitación ambiental de estos sitios, con el fin de mejorar las condiciones ambientales del entorno y de los medios circundantes, además de prevenir y controlar los impactos negativos que afectan al ambiente y a la salud de la población.

### **IV.- OBJETIVOS**

#### **OBJETIVOS GENERALES**

Desarrollar una metodología para el saneamiento de sitios que fueron destinados a la disposición de residuos sólidos municipales, en donde no existió un adecuado proyecto de bioingeniería durante el confinamiento de los mismos para mitigar los impactos ambientales y a la salud.

#### **OBJETIVOS PARTICULARES**

Desarrollar una metodología flexible y/o adaptable según las necesidades y condiciones específicas de cada proyecto.

1. Determinar los impactos ambientales generados y por generar

2. Determinar las medidas de mitigación a los impactos ambientales
3. Emplear la metodología con un mínimo de impactos ambientales
4. Mejorar la salud de la población cercana a las fuentes del problema
5. Disminuir el problema de riesgo y salud ambiental
6. Asegurar la salud laboral de los aplicantes de la metodología
7. Recuperar y comercializar los materiales reciclables para financiamiento del proyecto
8. Aplicar la metodología en un estudio de caso real

## V.- MARCO CONCEPTUAL

### V.1.- MARCO HISTORICO

En este apartado se pretende dar a conocer la perspectiva histórica entorno a la problemática que han generado los R.S.M en las sociedades del México prehispánico, así como los precursores en el proceso de conformación de los departamentos gubernamentales de limpieza y aseo público, que desde tiempos remotos han sido los responsables de la disposición final de los R.S.M

#### **México Prehispánico (La naturaleza, una deidad cósmica)**

El respeto de los antiguos pobladores por la tierra al considerarla diosa, desarrolló el equilibrio en que se sustentó la infraestructura de la mayor parte de las culturas precolombinas. El suelo representado por el entorno era benéfico si se le sabía tratar en una interrelación con los fenómenos naturales y la mano del hombre, siempre que se supiera recuperar lo sacrificado en aras del beneficio de la comunidad. Mientras duró ese equilibrio, los ecosistemas generados llegaron a configurar culturas tan evolucionadas que se tomaron como prototipo; sin embargo al perderse, su declinación fue inminente.

La idea cosmogónica precolombina mantuvo el equilibrio perfecto entre el cosmos, el hombre y la naturaleza. El cosmos era la dinámica regida por leyes inminentes de causa-efecto, y de interrelación materia-energía; la naturaleza era todo aquello que por integrar el medio circundante al hombre, tenía su razón de ser; en cuanto al individuo, se responsabilizaba de cuidar la naturaleza, procurando no afectar las fuentes de abastecimiento de agua y de alimentos; además, debía procurar la explotación de los bienes naturales en forma equilibrada y natural. En esta combinación esotérica-terrestre se sustentó

el desarrollo sostenido en todo el territorio del continente Americano, en donde supieron reconocer las condiciones del medio, y aprovecharlas en un intento de apropiarse de la naturaleza sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. (Llanas 1996<sup>6</sup>).<sup>1</sup>

### **El Siglo XVI, Génesis de una cultura (1584-1600)**

Con el surgimiento de la Nueva España durante el primer tercio del siglo XVI se destruyó el ecosistema prehispánico; los altos conocimientos del urbanismo en su relación suelo-ambiente no pudieron ser desligados del prototipo ideado para la construcción de las nuevas ciudades; la presencia de fenómenos desconocidos para los conquistadores constituyeron un reto, poco antes de la caída de la gran Tenochtitlán su ecosistema, conservado en un equilibrio casi perfecto a lo largo de la última cultura prehispánica del Altiplano mexicano, anunciaba su extinción en 1519 (Llanas 1996<sup>6</sup>)<sup>2</sup>

Durante el siglo XVI era una lucha constante contra la agresión al suelo, siempre expuesto a un uso indebido: cuando no eran construcciones, era ganado, inclusive, los sitios destinados a ovejas fueron mal utilizados por los propios detentadores no obstante de las sanciones impuestas por las autoridades, las cuales variaban desde perder lo sembrado y cien pesos de multa; aunque las amenazas no dejaban de ser un medio eficaz para hacer valer los ordenamientos, la burocracia, la corrupción y la atribución de responsabilidades a quien no correspondían, hicieron que este tipo de disposiciones no se llevaran a cabo. En el ámbito urbano, la basura fue uno de los mayores problemas; mas aún, al no tener un control estricto sobre su manejo, pues a pesar de existir sitios para su depósito, los vecinos la

---

<sup>1</sup> (1996 p.13-14)

<sup>2</sup> (1996 p. 33-34)

arrojaban a los baldíos y a las acequias, lo cual trató de evitarse mediante las ordenanzas que sobre basureros emitió el Ayuntamiento el 4 de agosto de 1533. (Llanas 1996<sup>6</sup>)<sup>3</sup>

En este marco cronológico la labor mas importante (al grado de ser casi constante a lo largo de más de 16 años) de las autoridades representadas por una Real Audiencia en tanto se daba la forma virreinal con Pedro Moya de Contreras, fue dar respuesta al problema de los desechos sólidos y su disposición final; el Arzobispo Pedro Moya de Contreras, preocupado por la cantidad de basura que invadía la ciudad, realizo en 1584 las mayores acciones que se dieron en ese rubro; 2 años después, se solicitó dinero e indios para la limpieza de los baldíos convertidos en muladares. Dada que la idea era buena se aprovechó utilizar las cuadrillas de indígenas, como parte de sus obligaciones, en la limpia de los desagüaderos de residuales. Como al principio las medidas eran improvisadas, pronto se vio en la necesidad realizar una programación, más aún, se continuaba con la costumbre de “echar animales muertos en las calles afectando la salud de los habitantes”. Eso hizo que en cabildo el 14 de julio se acordara pedir al virrey doscientos indios para que en 15 días realizarán bajo una programación la limpia de la urbe y sus muladares. Seis meses después se estableció que a fin de agilizar el saneamiento, se contara con carretones y se asearan las calles cada semana. Meses después se dio forma legal a las acciones de limpia al designar en agosto de 1587 un encargado del saneamiento urbano, asignándole una partida específica para tal rubro. Posteriormente, se seleccionaron basureros públicos cercándose algunos solares vacíos; una vez resuelto la problemática de los depósitos de los residuos, con el fin de no descuidar ningún aspecto se comisionó al regidor que redactara las condiciones en que deben realizarse las obras de limpia de la ciudad, fabricándose para el

---

<sup>3</sup> (1996 p 57-58)



caso los carros de limpia que fueran necesarios y adquiriéndose las mulas que los condujeran.

Con el objeto de desarrollar en los habitantes la cultura de la basura y no alegaran ignorancia en apoyo al desacato, se pregonó que “sólo en los lugares marcados con un pilar deberán depositarse las basuras e inmundicias” (Llanas 1996<sup>4</sup>)

## V.2.-MARCO TEORICO

Debido a la realidad que vivió el siglo XX y la problemática actual que vive el siglo XXI , surgen nuevas investigaciones que buscan dar a conocer el nivel de afectación que ha generado la incorrecta disposición final de los residuos sólidos, estudios que abarcan el medio biótico (vegetación, fauna), abiótico (suelo, agua, aire), perceptual (paisaje) y sociocultural (salud ambiental, calidad de vida, etc); publicaciones que son relevantes y que han aportado nuevos conocimientos a la realidad actual sobre el tema de residuos sólidos.

Entre las diversas investigaciones generadas encontramos, estudios que nos señalan la problemática actual y las innovaciones realizadas para solucionar los problemas presentados; en la actualidad no solo se busca el obtener avances científicos, técnicos e ingenieriles donde los costos de estas tecnologías solo pueden ser costeables por países de primer y segundo mundo, dejando a los países tercermundistas sin la posibilidad de acceder a dicha métodos. Por lo que, universidades, empresas y gobierno han buscado soluciones adaptables y cercanas a la realidad económica de nuestro país.

En México, en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), **residuo** se define como cualquier material utilizado en procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permite usarlo nuevamente en el proceso que lo generó. De esta manera, lo

---

<sup>4</sup> (1996 p. 82-85)

residuos pueden estar en los tres estados físicos fundamentales de la materia: sólidos, líquidos o gases. La mayor proporción corresponde a los sólidos y líquidos.

Existe otra manera de clasificar a los residuos: por sus características de peligrosidad.

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1994, a un **residuo se le considera peligroso** si está comprendido en una lista contenida en esta norma, o bien cuando posee características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y/o biológico-infecciosidad (CRETIB). Como corolario a esta definición, un **residuo no peligroso** carece de las características arriba mencionadas; a esta categoría pertenecen los residuos sólidos municipales. (SEDESOL 2001<sup>10</sup>)

## **RESIDUOS SÓLIDOS**

Los residuos sólidos incluyen todo material sólido o semisólido que la persona que lo genera (generador) ya no lo considera de valor suficiente para continuar su posesión. La gestión de este material residual es preocupación fundamental de todas las actividades de planificación locales, regionales, estatales y federales. Por esta razón, de los residuos sólidos es importante saber tanto como sea posible acerca de:

Tipos y cantidades de residuos sólidos por recibir

Proporciones en que llegarán estos residuos sólidos

Tipos y cantidades de material que se ha seleccionado y retirado para reutilización y reciclaje.

Propiedades de los residuos sólidos de valor económico

Deber de apartar objetos voluminosos, peligrosos y contaminantes

Para el diseño y la operación de los elementos funcionales relativos al manejo integral de la basura, es básico el conocimiento de los orígenes, tipos, datos de composición e índices de generación de residuos sólidos.

En una comunidad, los orígenes o fuentes de estos desechos están relacionados con el uso del suelo y su ubicación. Las categorías de clasificación más útiles son: a) domésticos; b) comercial; c) institucional; d) construcción y demolición; e) servicios municipales; f) zonas de plantas de tratamiento; g) industrial, y h) agrícola. Normalmente se supone que incluyen a todos los residuos de la comunidad, excepto los provenientes de procesos industriales y los agrícolas. (SEDESOL 2001<sup>10</sup>)

## **TIPOS Y FUENTES GENERADORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS**

### **Doméstico**

Proviene de viviendas aisladas y conjuntos habitacionales unifamiliares y multifamiliares. En este sector, los residuos están compuestos de: papel, cartón, latas, plástico, vidrio, trapos, materia orgánica (restos de comida, residuos de jardín), madera, residuos especiales (artículos voluminosos, electrodomésticos, bienes de línea blanca, residuos de jardín recogidos separadamente, baterías, pilas, aceite, neumáticos, medicamentos caducos) y residuos domésticos peligrosos (limpiadores, productos químicos y para automóviles). En localidades pequeñas, menores de 40 000 habitantes, no se han encontrado grandes diferencias entre los estratos socioeconómicos. (SEDESOL 2001<sup>10</sup>)

### **Comercial**

Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, moteles, imprentas, gasolineras, talleres mecánicos, etc., generan residuos de composición similar a la del tipo residencial, con mayor proporción de material de empaque. Con algunas excepciones, en localidades pequeñas el comercio no representa altos índices de producción de residuos

sólidos, pues no está muy desarrollado y en general esta actividad se combina con la vivienda. (SEDESOL 2001<sup>10</sup>)

#### Institucional

En instituciones tales como escuelas, hospitales, cárceles, centros gubernamentales, etc., la producción de residuos generalmente es de baja a mediana magnitud, con características similares a los de origen comercial. Sin embargo, de los desechos hospitalarios es necesario distinguir los biológico – infecciosos, considerados peligrosos en la normatividad; requieren manejo especial (NOM-087-ECOL-1995). (SEDESOL 2001<sup>10</sup>)

#### Construcción y demolición

Los residuos de la construcción provienen de esta actividad y de remodelación y arreglos de viviendas individuales, edificios comerciales y otras estructuras. Las cantidades generadas son difíciles de estimar. La composición es variable: piedra, hormigón, ladrillo, escayola, madera, grava, piezas de fontanería, calefacción y electricidad. Los desechos de edificios demolidos, reparación de calles, aceras, puentes y otras estructuras se clasifican como residuos de demolición. Su composición es similar a la de construcción, con posible inclusión de vidrios rotos, plástico y acero de reforzamiento. (SEDESOL 2001<sup>10</sup>)

#### Servicios municipales

Otros residuos de la comunidad que derivan de la operación y del mantenimiento de las instalaciones municipales y de la prestación de otros servicios son los recolectados en (de): a) barrido de calles; b) limpieza de parques, cuencas y playas; c) tambos para depósito en lugares públicos; d) servicios de jardinería; e) fosas sépticas; f) animales muertos, y g) vehículos abandonados. (SEDESOL 2001<sup>10</sup>)

## Plantas de tratamiento

Son los residuos sólidos y semisólidos generados por potabilización de agua y tratamiento de aguas residuales e industriales. Sus características específicas varían según el proceso empleado. Por lo general su recolección no compete a los servicios de limpieza municipales; sin embargo, frecuentemente los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales se depositan en los sitios de disposición final municipal, aunque en México se requiere demostrar que no son peligrosos (con carta constancia de análisis CRETIB).

Regionalmente, la importancia de la actividad industrial es muy variable. En comunidades pequeñas es baja y de tipo artesanal, compatible con el uso residencial; es de esperar que sus residuos no sean de características especiales. En ciudades grandes, la industria puede representar un gran sector, con amplia diversidad de giros. (SEDESOL 2001<sup>10</sup>)

## Agrícola

Colectivamente, a los desechos de diversas actividades agrícolas: cultivos (siembra, plantación, cosecha, etc.), producción de leche, crianza de animales, y a la operación de ganadería intensiva se les denomina residuos agrícolas. Actualmente la recolección de estos residuos no es responsabilidad de la mayoría de los servicios de limpieza municipales; sin embargo, en muchas zonas el manejo del estiércol animal se ha convertido en un problema crítico, especialmente en la ganadería intensiva y en centros lecheros. (SEDESOL 2001<sup>10</sup>)

En las tablas V.1, V.2, V.3 Y V.4, se muestran, en forma resumida, los métodos más utilizados para el tratamiento y manejo de los residuos sólidos en general.

TABLA V.1	<b>PRINCIPALES METODOS FISICOS USADOS          PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>
<p><b><u>Separación (manual o mecanizada)</u></b></p> <p>Es muy usada para la recuperación de papel, cartón, vidrio, metales y otros productos que son sujetos de comercialización como materias primas para diversas industrias. La separación manual se practica en las fuentes generadoras, en los camiones recolectores de residuos sólidos y en los tiraderos de residuos sólidos que operan “a cielo abierto”. La separación magnética se utiliza a nivel industrial para separar materiales ferrosos. En Mérida, Yucatán y en la Ciudad de México existen plantas procesadoras de residuos con separación mecanizada.</p>	
<p><b><u>Trituración</u></b></p> <p>Es un proceso por medio del cual se reduce el volumen de los residuos para disminuir el costo del transporte. Forma parte del método de tratamiento por microondas de los residuos infecto-contagiosos. Se utiliza en las plantas productoras de composta. En países desarrollados existe la practica de utilizar un sistema de trituración en los rellenos sanitarios, con el propósito de alcanzar una mayor eficiencia en la compactación de los residuos sólidos para ampliar la vida útil de los sitios.</p>	
<p><b><u>Compactación</u></b></p> <p>Este método se utiliza principalmente en los rellenos sanitarios para el confinamiento definitivo de los residuos. La compactación se hace con maquinaria pesada en rellenos que disponen más de 40 toneladas por día. El grado de compactación óptima en un relleno sanitario es de 700-800 kg/m<sup>3</sup>. Para ciudades de menos de 50,000 habitantes se puede emplear equipo más sencillo o</p>	

inclusive puede hacerse la compactación en forma manual. La compactación también se utiliza en los sistemas de recolección y transferencia de residuos sólidos, con el objeto de bajar los costos en el transporte.

(SEDESOL 2001<sup>11</sup>)

TABLA V.2	<b>PRINCIPALES PROCESOS QUIMICOS EMPLEADOS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>
-----------	--

### Composteo

Este método es utilizado para procesar la parte orgánica de los residuos sólidos municipales que, generalmente, representa el 40-60% del volumen total. Consiste en la fermentación controlada y acelerada de los residuos utilizando el contenido microbiano presente. El resultado es un producto estabilizado que se emplea como abono orgánico o mejorador de suelos, sin llegar a nivel de fertilizante.

Las primeras plantas de composta producida a partir de residuos sólidos datan de los años 1925 a 1930 en la India y Holanda. Los países que más usan esta tecnología actualmente son España, Francia y Suecia. En México se han instalado aproximadamente 10 plantas industriales de composteo pero no han sido proyectos exitosos debido a problemas de mercado, debido a la falta de estudios técnicos orientados a determinar su viabilidad en la región de interés.

Una variante de este proceso es el Vermicompostaje que consiste en producir composta aprovechando la actividad metabólica de la lombriz roja de California. En la actualidad existe experiencia en nuestro país.

### **Digestión Anaerobia**

Es el proceso natural por medio del cual se degrada la materia orgánica, como en el caso de los rellenos sanitarios. La fermentación ocurre en forma lenta y en ausencia de oxígeno, liberándose un gas que contiene aproximadamente un 60 % de metano, por lo que se puede emplear como una fuente de energía no convencional.

Existe también la posibilidad de llevar a cabo este proceso a nivel de planta, utilizando reactores en condiciones controladas, logrando mayores eficiencias en la producción de metano en el menor tiempo posible.

(SEDESOL 2001<sup>11</sup>)

TABLA V.3

### **PRINCIPALES PROCESOS BIOLÓGICOS EMPLEADOS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

#### **Hidrólisis**

Es un proceso mediante el cual se rompen los enlaces moleculares de los residuos agregando reactivos que pueden ser ácidos, bases, o enzimas. Los productos de la molécula rota pueden ser inocuos o bien requieren ser tratados posteriormente y con más facilidad para reducir su toxicidad. Este método se utiliza para el tratamiento de residuos peligrosos

#### **Oxidación**

Esta tecnología está basada principalmente en el uso de agentes oxidantes tales como Peróxido de Hidrógeno, Ozono o Hipoclorito de Calcio para oxidar la materia orgánica. La oxidación con aire húmedo (wet air oxidation) es un tratamiento que rompe enlaces presentes en los



compuestos orgánicos e inorgánicos oxidables, se realiza a altas temperaturas y presiones y se desarrolló originalmente para tratar lodos residuales.

### **Vitrificación**

El tratamiento de vitrificación térmica es usado para inmovilizar los componentes peligrosos de los residuos y transformar su comportamiento químico y físico. Se emplea para destruir residuos peligrosos en una cámara de reacción a altas temperaturas y sin oxígeno (termólisis). Los contaminantes se funden junto con la masa vítrea (silicosa).

### **Polimerización**

La polimerización utiliza catalizadores para convertir monómeros o polímeros de bajo grado en compuestos particulares de alto peso molecular que pueden "encapsular" en su matriz diversos tipos de residuos.

(SEDESOL 2001<sup>11</sup>)

TABLA V.4	<b>METODOS TERMICOS EMPLEADOS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>
-----------	---

### **Incineración**

Es una tecnología compleja y costosa pero efectiva para hacer el tratamiento de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos (municipales).

La incineración exige que los residuos tengan un poder calorífico superior a 1,200 KCal/Kg y las plantas incineradoras incluyen los sistemas de recuperación de energía en forma de vapor y electricidad. Este método genera gases contaminantes, por lo que además del costo del sistema, deberá considerarse una inversión adicional para cumplir con los estándares de

emisión a la atmósfera. Los países que más emplean esta tecnología son Japón, Suiza, Suecia, Alemania, Francia y Estados Unidos de Norteamérica. También hay plantas incineradoras en Italia, España, Canadá y Gran Bretaña. En el caso de América Latina, la incineración se ha orientado principalmente al control de los residuos biológico infecciosos.

#### **Pirólisis**

Este método se utiliza para el tratamiento de materiales orgánicos con alto valor calorífico como son llantas, aceites, telas y cartón contaminados con aceite, madera, etc. Su nombre científico es termólisis y consiste en la descomposición térmica de la materia en ausencia de aire, transformándola en hidrocarburos limpios y/o carbón. El proceso no genera gases contaminantes.

#### **Microondas**

La tecnología de microondas se emplea en sistemas modernos de tratamiento de los residuos infecto-contagiosos provenientes de hospitales y clínicas. Los residuos son triturados y se les inyecta vapor, después son triturados y expuestos continuamente a microondas. La desinfección se hace al aumentar la temperatura hasta 95 °C durante 30 minutos.

#### **Esterilización**

Es el proceso típico de tratamiento térmico de los residuos que se realiza empleando calor seco o bien vapor. Se emplea para la desinfección de residuos infecto-contagiosos.

(SEDESOL 2001<sup>11</sup>)

### V.3.- NORMAS ECOLÓGICAS MEXICANAS

Es necesario considerar la normatividad ambiental mexicana vigente aplicable para el proyecto en específico, dentro de esta normatividad podemos considerar las siguientes NOM, que no necesariamente excluyen la consulta de otras leyes y reglamentos aplicables al cada caso en particular.

NOM-001-ECOL-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
NOM-052-ECOL-1993	Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-053-ECOL-1993	Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-056-SSA1-1993	Que establece los requisitos sanitarios del equipo de protección personal
NOM-083-ECOL-1996	Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los R.S.M.
NOM-084-ECOL-1998	Que establece los requisitos para el diseño, construcción operación y monitoreo de un R.S.
NOM-AA-15-1985	Que establece la metodología para el método de cuarteo
NOM-AA-16-1984	Que determina los parámetros de humedad en los residuos sólidos

NOM-AA-18-1984	Que determina los parámetros de cenizas en los residuos sólidos
NOM-AA-19-1985	Que establece el peso por unidad de volumen de los residuos
NOM-AA-21-1985	Que determina los parámetros de M.O en los residuos sólidos
NOM-AA-22-1985	Que establece el porcentaje en peso de cada uno de los subproductos que componen la muestra de los residuos sólidos
NOM-AA-24-1984	Que determina los parámetros de nitrógeno en los residuos sólidos
NOM-AA-25-1984	Que determina los parámetros de pH en los residuos sólidos
NOM-AA-52-1985	Que establece las condiciones para la preparación de muestras para su análisis en laboratorio.
NOM-AA-61-1985	Que establece la metodología para determinar la generación de residuos
NOM-AA-68-1986	Que determina los parámetros de hidrogeno en los residuos sólidos
NOM-AA-90-1986	Que determina los parámetros de oxigeno en los residuos sólidos
NOM-AA-92-1984	Que determina los parámetros de azufre en los residuos sólidos
Normas Técnicas Mexicanas	Se refiere a la terminología, generación, muestreo-método de cuarteo, peso volumétrico, selección y cuantificación de subproductos, preparación de muestras, determinación de humedad, pH, y cenizas.

## VI.- PROBLEMÁTICA ACTUAL

La problemática que prevalece en los sistemas de aseo público de las ciudades a propiciado la presencia de los tiraderos a cielo abierto antiguos o recientes afectando los subsistemas bióticos, abióticos, perceptuales, además del sociocultural en donde se afecta el aspecto económico de las sociedades. A continuación se describe la problemática actual de los sistemas de aseo público

### VI.1.-PROBLEMÁTICA DE LOS SISTEMAS DE ASEO PÚBLICO.-

El manejo de los residuos sólidos por los sistemas de aseo urbano está integrado generalmente por el almacenamiento, la recolección, el barrido, la transferencia, el tratamiento y la disposición final de los residuos. A continuación se describe de manera general la situación prevaleciente en cada una de las fases citadas.

#### *VI.1.1.- Almacenamiento.*

El almacenamiento es la acción de retener temporalmente los residuos sólidos hasta que se recolecten para su posterior transporte a los sitios de transferencia, tratamiento y/o disposición final.

El almacenamiento dentro de las diversas fuentes (viviendas, unidades habitacionales, comercios, etc.), en la mayoría de los casos, no reúne las condiciones mínimas de higiene, seguridad y operación adecuadas; por lo que se propicia la generación de malos olores y la proliferación de fauna nociva.

Cabe destacar que un problema común del almacenamiento, se presenta en los mercados, los establecimientos industriales y en los depósitos tolerados, en donde se estimula la creación de tiraderos clandestinos; fenómeno que generalmente se presenta en la periferia de las ciudades. Debido a que en estas zonas, usualmente no hay un servicio

regular, la población acostumbra colocar sus residuos en lotes baldíos o en la vía pública, lugares de donde los recogen camiones dedicados esporádicamente a este tipo de actividad. (SEDESOL, 2001<sup>12</sup>)

#### *VI.1.2.- Recolección.*

La recolección consiste en tomar los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento, para depositarlos dentro de los equipos destinados a transportarlos a los sitios de transferencia, tratamiento y/o de disposición final.

La recolección de residuos sólidos a nivel nacional, en términos generales, puede decirse que aproximadamente engloba una cobertura del 70%; es decir, que de los residuos sólidos totales que se generan en nuestro país, el 30% se halla concentrado en patios, lotes baldíos, vías públicas, ríos, etc. o simplemente, son residuos que permanecen por alguna razón en las casas-habitación. (SEDESOL, 2001<sup>12</sup>)

#### *VI.1.3.- Barrido.*

Para el barrido de calles se utilizan dos métodos específicos: el manual y el mecánico. En el primero, se emplea extensivamente la mano de obra, situación que dadas las condiciones actuales de carencias de empleo, es favorable para muchas personas. En el segundo, se utilizan máquinas, por lo regular importadas, que se adaptan a las necesidades y a las condiciones locales de servicio y operación de cada ciudad y, por lo general son utilizadas en las vialidades primarias.

Dentro de los vicios más comunes del barrido manual, destaca la preferencia de la recolección de los residuos a domicilio, ya que a cambio se reciben gratificaciones y, en consecuencia, se descuida el barrido en bastas zonas de la ciudad.

Otro problema con relación a la limpieza de las calles, es la insuficiencia de depósitos en las vías públicas, así como el mal uso que se les da cuando éstos existen. (SEDESOL, 2001<sup>12</sup>)

#### *VI.1.4.-Transferencia.*

La transferencia es la acción de trasladar los residuos sólidos de las unidades vehiculares de recolección, a camiones de mayor capacidad conocidos como vehículos de transferencia, con el propósito de transportar una mayor cantidad de residuos a costos menores.

Esta etapa en la actualidad no es muy usada en el país, excepto en las grandes zonas metropolitanas, en donde su aplicación resulta indispensable para hacer más eficiente y económico el transporte de residuos sólidos hacia los sitios de disposición final.

En términos generales, se puede decir que el problema que enfrenta esta etapa, es el rechazo de los habitantes del lugar a que se ubique una unidad de transferencia en su zona, así como el costo de adquisición del terreno, para el establecimiento de la infraestructura que se requiere. (SEDESOL, 2001<sup>12</sup>)

#### *VI.1.5.- Tratamiento.*

El tratamiento es el proceso que sufren los residuos sólidos para convertirlos en reutilizables y/o eliminar su peligrosidad. El tratamiento de residuos sólidos en nuestro país, prácticamente no ha tenido el éxito que se esperaba. En primer lugar, porque los costos de tratamiento de residuos sólidos resultan muy altos, si se comparan con los correspondientes al sistema de relleno sanitario.

Por lo que se refiere al proceso de incineración, éste se ha utilizado exclusivamente en pequeños incineradores para residuos especiales: hospitales e industrias. En relación a la producción de composta a gran escala, no se han logrado las ventajas que aparentemente

sus promotores ofrecieron a las autoridades municipales, primordialmente en el aspecto de recuperación de utilidades. Adicionalmente, la tecnología adquirida con las plantas de incineración y de composta, concretamente, no ha resultado la más adecuada a las condiciones existentes del país, o bien, la apropiada para las características de los residuos sólidos generados.

Aunado a lo anterior, el fracaso rotundo de estos sistemas se ha dado por los siguientes aspectos:

Falta de personal capacitado.

Carencia de programas de mantenimiento preventivo.

Falta de control de calidad en los procesos.

Cambios frecuentes de administración a nivel municipal.

Falta de promoción.

En el caso del reciclaje, éste es amplio y lucrativamente ejercido en nuestro país. Básicamente, se lleva a cabo mediante la separación de componentes, que se da desde la recolección hasta la disposición final. Se estima que la separación de residuos sólidos en los sitios de disposición final es de un 2.36%, en tanto que para la fase de recolección no se cuenta con los elementos para dar un dato apegado a la realidad.

Igualmente, es importante señalar que si bien se está realizando el reciclamiento de materiales, esta actividad se efectúa de manera insalubre e inadecuada. Durante la recolección, la recuperación de materiales ocasiona la baja eficiencia del servicio, traduciéndose en una disminución en la cobertura y, en un incremento en los costos de operación. Dentro de la disposición final, en la mayoría de los casos, se establece un régimen de explotación por parte de los líderes o representantes de los grupos de



pepenadores, además de que la pepena se hace en condiciones insalubres y las familias de éstos viven en una total marginación.

Ahora bien, la separación de materiales en las fuentes de generación de residuos sólidos, que representa una alternativa viable, no ha tenido el impulso requerido por parte de las autoridades. (SEDESOL, 2001<sup>12</sup>)

#### *VI.1.6.-Disposición final.*

La disposición final de residuos sólidos corresponde a la última fase del proceso que siguen éstos después de su generación. Esta se ha orientado al depósito incontrolado de los residuos sólidos en lugares inapropiados, tales como barrancas y cauces de ríos, lagos y lagunas, minas abandonadas, zonas pantanosas, áreas geológicamente inestables, etc.

Se estima que, de la disposición final total de los residuos sólidos municipales generados a nivel nacional, un 73.18% se depositan en tiraderos a cielo abierto, y el resto 26.82%, al sistema de relleno sanitario. (SEDESOL, 2001<sup>12</sup>).

Estas cifras muestran que en la mayoría de las localidades aún no se cuenta con una infraestructura adecuada para el depósito de residuos sólidos.

La inadecuada disposición final de residuos sólidos municipales obedece básicamente al desconocimiento de las técnicas de disposición final, negligencia, control del sitio por parte de los diferentes grupos de pepenadores, falta de recursos financieros.

Para la utilización de tiraderos a cielo abierto, obviamente no se lleva a cabo un estudio preliminar, por lo que son creados de manera arbitraria.

La inconsciente disposición final de los residuos sólidos ha provocado problemas de contaminación del agua, aire y suelo, así como la proliferación de fauna nociva. A éstos se adiciona la problemática social de los grupos de pepenadores, debido a las condiciones inadecuadas en que viven y realizan sus actividades. El temor a perder su única fuente de

trabajo, provoca que estos grupos se opongan a cualquier alternativa encaminada a mejorar las técnicas de disposición final y/o a la clausura y saneamiento de los tiraderos a cielo abierto.

Por lo anterior, es de esperarse que la solución a esta situación dentro de la fase del sistema de aseo urbano, deba involucrar acciones de tipo social; ya que no hay que olvidar el papel que juegan dichos grupos en la recuperación de subproductos extraídos de los residuos sólidos, lo que constituye una opción viable bajo otro contexto. (SEDESOL, 2001<sup>12</sup>)

#### V.I.2.- PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

El conocimiento de la relación que existe entre los tiraderos, el ambiente y la salud humana, constituye la parte medular para establecer la metodología de saneamiento de éstos, así como los controles y medidas de mitigación pertinentes para "remediar" los efectos presentes y evitar los que dañen al entorno a futuro.

Para comprender la interrelación que hay entre la inadecuada disposición final de los residuos sólidos municipales, el ambiente y la salud humana, es preciso asentar un Modelo Conceptual General del Sitio de Disposición Final, que permita visualizar y determinar las diferentes fuentes y tipos de contaminación, así como los mecanismos de transporte de los mismos hacia las áreas circundantes y el hombre.

##### *VI.2.1.- Contaminación de las Aguas Subterráneas.*

Se calcula que en la tierra existen aproximadamente 1'385,000,000 km<sup>3</sup> de agua de los cuales el 97% es salada, el 2.08 % se encuentra congelada en los polos y sólo una pequeña parte esta efectivamente disponible para nuestras necesidades. La renovación natural del recurso se realiza a través de ciclo hidrológico. Por precipitación cae el 28% del agua a la tierra y el 72% en el mar. Del agua que cae a la tierra el 7% se percola a los

acuíferos, el 8% va al mar por escurrimiento y el 13% restante, regresa a la atmósfera por evaporación de los cuerpos de agua superficiales y la evotranspiración de la cubierta vegetal. (Jiménez, 2001<sup>13</sup>).

La disponibilidad del agua depende no sólo de la cantidad, sino también de su calidad, ya que si esta se encuentra contaminada o en una condición tal que no sea acorde con el uso que se quiere dar, su empleo se limita. El agua a diferencia del aire tiene una composición precisa ( $H_2O$ ) y por lo tanto es fácil identificar los compuestos ajena a ella. Sin embargo, la definición de cuáles son contaminantes es difícil.

Se considera como contaminante al exceso de materia o energía (calor) que provoque daño a los humanos, animales, plantas y bienes, o bien, que perturbe negativamente las actividades que normalmente se desarrollan cerca o dentro del agua. De esta forma no existe una división precisa entre las aguas contaminadas y las no contaminadas, este calificativo se atribuye a las funciones del uso, las exigencias higiénicas y el grado de avance de la ciencia y tecnología para determinar los efectos y medir los contaminantes. (Jiménez, 2001<sup>13</sup>).

Tomando en consideración que en la mayoría de los casos los tiraderos a cielo abierto carecen de una cubierta de material (impermeable), suele presentarse, por consiguiente, un medio altamente permeable que permite la fácil entrada del agua de lluvia a los estratos de residuos que se encuentran en el interior del sitio, provocando por ello la saturación del medio y la percolación hacia el fondo; efectuándose, a la vez, en este trayecto la disolución de sustancias y la suspensión de partículas contenidas en los residuos sólidos. Simultáneamente, existen otras sustancias que son solubles al agua y generadas como producto de los procesos de descomposición biológica de la materia orgánica incluida

en los residuos sólidos, produciendo finalmente un líquido altamente contaminante conocido como lixiviado. Ver imagen VI.1. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Los lixiviados pueden migrar hacia las aguas subterráneas o superficiales, lo que está en función de las condiciones topográficas y geohidrológicas del sitio, generando de esta forma la degradación de la calidad de agua, y poniendo en peligro la salud de la población cuando es utilizada como fuente de abastecimiento o para uso recreativo o pecuario.

El riesgo que puede tener el ser humano, radica en la ingestión del agua contaminada por los lixiviados de la basura, que puede tener contacto directo con acuíferos, lagos y ríos, y finalmente, en la bioacumulación de algunas sustancias existentes en los lixiviados como los metales pesados (plomo, cadmio, etc.) tanto en peces como en cualquier otro organismo de consumo humano que esté en contacto con agua mezclada con los multi mencionados lixiviados.

#### *VI.2.2.- Contaminación del Aire.*

La disposición de los residuos sólidos a cielo abierto, origina graves problemas a la atmósfera, así como olores desagradables y problemas a la salud de la población circundante, a través los incendios y/o la quema de residuos sólidos, la combustión de biogás, suspensión de polvos y partículas por el viento. Ver imagen VI.2.

Los diversos materiales combustibles depositados en los tiraderos a cielo abierto ocasionan incendios, por factores naturales o inducidos. Dentro de los primeros, se cuentan diferentes causas que carecen de respaldos técnicos, tales como el efecto de lupa que pueden provocar los vidrios o cristales, durante días calurosos, sobre materiales como cartón y papel, la presencia de sustancias o materiales de origen industrial que llegan a entrar en combustión, bajo ciertas condiciones de temperatura y humedad. En los segundos,

básicamente las de incendios de los tiraderos a cielo abierto, que son provocados conscientemente por los individuos que directamente están involucrados con las actividades realizadas en dichos lugares. Dentro de las situaciones más comunes que originan incendios, se tienen la quema de los residuos sólidos de manera intencional en algunos tiraderos, con la finalidad de aumentar la capacidad volumétrica del sitio y/o controlar de forma errónea la proliferación de roedores e insectos nocivos. Así como la quema incontrolada de materiales plásticos o de hule que presentan metales con algún valor comercial, tales como las llantas, los cables eléctricos, entre otros, por parte de los pepenadores; o bien la práctica de fogatas por éstos mismos, para diversos fines.

Con relación a los efectos sobre la atmósfera, se tiene que los principales componentes del biogás, tales como el metano, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico, contribuyen al incremento de los siguientes problemas:

- ⇒ Al deterioro de la capa de Ozono que cubre a la tierra.
- ⇒ Al efecto de invernadero, que consiste en el incremento de la temperatura de la tierra.
- ⇒ A la lluvia ácida, propiciada por la presencia de ácido sulfhídrico.

Otro efecto importante que contribuye al impacto del aire y causa molestias a la población, es la generación de olores, los cuales son provocados por:

- ⇒ Descomposición biológica de la parte orgánica de los residuos sólidos.
- ⇒ Compuestos orgánicos volátiles arrastrados por el biogás.
- ⇒ Animales en estado de descomposición

Finalmente es importante destacar, que en un tiradero existe una gran cantidad de microbios patógenos, quistes de amibas, olores y gases tóxicos para los seres vivos. Al quemarse los residuos de manera incontrolada, se produce una gran turbulencia del aire, por

lo que la contaminación alcanza varios kilómetros a la redonda y este efecto es gobernado por la acción de los vientos. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

#### *VI.2.3.- Biogás.*

La degradación biológica a que están sujetos los residuos que se encuentran en estratos bajos, y la descomposición de los residuos orgánicos en ausencia de oxígeno (descomposición anaerobia), producen el biogás, el cual está constituido por bióxido de carbono y gas metano, así como por ácido sulfhídrico y elementos orgánicos a nivel traza.

Los elementos traza, integrados en el biogás, son los responsables de los olores desagradables que caracterizan a los tiraderos a cielo abierto, además de ser elementos que causan daños potenciales a la salud, cuando el hombre se expone a éstos por tiempo prolongado (inhalación).

Cuando se presentan incendios en los tiraderos, el biogás es el responsable de avivar y mantener el fuego por sus características combustibles; además de hacer más difíciles las labores de control en este tipo de siniestros.

Los mecanismos de transporte del biogás hacia la población colindante, se dan básicamente a través del viento y suelo, en éste último es posible por medio de una migración horizontal, estimulada por las condiciones permeables del mismo.

Con relación a los efectos sobre el ambiente, se tiene que los componentes del biogás contribuyen al incremento de los siguientes problemas:

Al deterioro de la capa de ozono que cubre a la Tierra.

Al efecto de invernadero, que consiste en el incremento de la temperatura de la tierra.

A la lluvia ácida, propiciada por la presencia de ácido sulfhídrico.

#### *VI.2.4.- Deterioro del paisaje.-*

La presencia de un sitio de disposición final, sin ningún control ambiental o sanitario, muestra en primera instancia un deterioro de la imagen de su paisaje, debido a que ocurre un cambio en la morfología, en los tonos, en la visibilidad y en la vegetación. El impacto visual negativo que ocasiona la presencia de los residuos sólidos a cielo abierto y su dispersión en su entorno, influye directamente en el rechazo de la población. Además de la presencia de residuos, el deterioro del paisaje se ve incrementado por la presencia de polvos, humos, materiales ligeros suspendidos por los vientos, así como por la existencia de pepenadores y animales domésticos, los cuales contribuyen al desorden del sitio. Ver imagen VI.3. y VI.4.

El deterioro del paisaje no sólo se limita al área que ocupa propiamente el sitio de disposición final, sino que se extiende en una superficie mayor ya que por la acción del viento se dispersan papeles y bolsas de plástico a distancias considerables. El impacto ambiental negativo causado por estos sitios sobre el paisaje es mayor cuando se localizan cerca de las carreteras, caminos vecinales y asentamientos humanos.

#### *VI.2.5.- Contaminación de las aguas superficiales.-*

La descarga directa de los residuos sólidos a los ríos, arroyos y lagunas, incrementa la concentración de materia orgánica y en consecuencia aumenta la demanda de oxígeno disuelto, lo cual repercute en una importante deficiencia de oxígeno para las especies vivas que habitan en los cuerpos de agua superficial. Esto puede ocasionar la muerte de peces y otras especies acuícolas y en general la degradación del cuerpo acuático. Los cuerpos de agua superficiales también se contaminan con los líquidos que genera los residuos sólidos (lixiviados) y con la presencia de materiales plásticos, de vidrio o de metal que se acumulan en el fondo de éstos sistemas acuáticos.

La contaminación de los cuerpos de agua superficiales por los sitios incontrolados de disposición final de residuos sólidos, son una muestra de las proporciones que se pueden alcanzar por la falta de ordenamientos y acciones concretas que limiten el funcionamiento de estos sitios.

#### *VI.2.6.- Flora y fauna*

Los lixiviados contienen un gran número de elementos y sustancias tóxicas como son metales pesados, detergentes, plaguicidas y plastificantes, cuyas concentraciones varían de acuerdo con diversos factores como son la distancia recorrida por el lixiviado, temperatura, acidez, precipitación pluvial y tipo de suelo. Estas sustancias pueden producir efectos adversos en la flora y la fauna silvestres que van desde la bioacumulación de algunas de ellas, hasta la muerte por intoxicación aguda en numerosas especies. Así por ejemplo, se sabe que la presencia de arsénico en los lixiviados puede producir la muerte de varias especies de peces y una disminución en la reproducción y el crecimiento del plancton en los ecosistemas acuáticos alcanzados por los lixiviados.

Otro tipo de afectación a la flora y fauna es el provocado por sustancias sintéticas como los plaguicidas halogenados y los plastificantes, que aunque sus concentraciones en los lixiviados son bajas, debido a su hidrosolubilidad son potencialmente peligrosos para los seres vivos silvestres.

De acuerdo con varios estudios científicos realizados, los organismos pueden acumular grandes cantidades de estas sustancias en sus tejidos a través de las cadenas alimenticias, provocando serios efectos tóxicos a largo plazo. Entre los efectos adversos observados en los organismos acuáticos y aves se encuentran trastornos en la reproducción y desarrollo, inhibición en las tasas de crecimiento y pérdida de la coordinación, entre



otros. Estos efectos dependen de la susceptibilidad de cada especie, de la concentración de la sustancia en el medio y de sus características toxicológicas.

### VI.3 DAÑOS A LA SALUD

Según la Universidad de Guadalajara (1994) el riesgo como el calculo de la probabilidad de que una cierta amenaza se manifieste y cuyas consecuencias dependerán de la susceptibilidad que presente la comunidad como elemento en riesgo. Por lo tanto el Riesgo es igual a Amenaza por Vulnerabilidad ( $R=A \times V$ ). (U d G, 1994<sup>14</sup>)

Donde la vulnerabilidad se considera como la susceptibilidad o predisposición intrínseca de la sociedad y/o el ambiente a sufrir un daño o una pérdida. Esta generalmente expresada en términos de daños o pérdidas potenciales que se espera se presenten de acuerdo con el grado de severidad o intensidad del fenómeno ante el cual esta expuesto. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

Amenaza es la fuente de peligro asociada a un fenómeno que puede manifestarse, produciendo efectos adversos sobre la salud humana, sus bienes y al medio ambiente. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

#### *VI.3.1.-Generación de biogás.-*

Como se mencionó anteriormente, las capas inferiores de cualquier tiradero a cielo abierto constituyen un medio propicio para que exista la generación de biogás, el que se caracteriza por ser un hidrocarburo combustible.

Cuando el gas metano alcanza una concentración del 5 al 15%, se corre el riesgo de que se dé la combustión de manera inesperada; además de que, en lugares cerrados (casetas de control, viviendas, fosas, etc.) es latente el riesgo de asfixia, ello porque el bióxido de carbono es más pesado que el aire, por lo que este componente desplaza al aire. Ahora bien,

los aspectos, antes mencionados, representan un mayor riesgo cuando existen asentamientos humanos en los alrededores del sitio de disposición final.

#### *VI.3.2.-Proliferación de fauna nociva.*

Dentro de la fauna nociva suelen considerarse dos grupos: los roedores y los insectos; dentro de estos últimos tanto los voladores (moscas, mosquitos, etc.), como los rastreros (cucarachas).

Los roedores son transmisores de enfermedades mortales, tales como: leptosperosis, peste bubónica, tifus murino, rickettsiosis vesiculosa, disentería, enfermedades diarreicas, fiebre de Harverhi y rabia. Asimismo, dañan la propiedad y contaminan los alimentos. Los insectos voladores y rastreros, muchas de las veces, son transmisores de gérmenes de enfermedades como la fiebre tifoidea, disentería basilar, amibiasis, encefalitis, entre otras. La mosca común es vector de fiebre tifoidea, salmonelosis, shigelosis, disentería, diarrea infantil. La cucaracha es vector del cólera, fiebre tifoidea, lepra, intoxicación alimenticia, disentería, infecciones intestinales, gastroenteritis. Los mosquitos de paludismo, dengue, tripanosomiasis, encefalitis viral, fiebre amarilla.

#### *VI.3.3.- Efectos sobre la salud*

Los efectos negativos de los residuos, sobre la salud de la población pueden ser directos o indirectos.

##### *VI.3.3.1.- Efectos directos*

En este caso los daños se presentan cuando las personas tienen un contacto directo con los residuos. Las personas más expuestas son los recolectores y los pepenadores. En todas estas personas se ha encontrado un mayor número de parásitos intestinales en comparación con la población en general. Además, presentan mas lesiones en las manos y en los pies, debido a la presencia de microorganismos (bacterias y hongos principalmente).

Por esta razón es recomendable que el personal que interviene en el servicio de limpieza pública utilice el equipo de protección necesario (guantes, overol, mascarilla y goggles). También hay una gran incidencia de enfermedades de tipo respiratorio y lastimaduras en la espalda en el personal de limpieza pública, por el contacto con los residuos sólidos urbanos.

Otro efecto directo negativo es el derivado de la contaminación a la atmósfera pues los gases y humos de los tiraderos llegan a zonas pobladas afectando a las personas que aspiran el aire contaminado. Al respecto, no hay que olvidar que dentro de los componentes del biogas existe una fracción de orgánicos volátiles a los cuales se les asocian efectos a la salud humana, adicionalmente las partículas suspendidas tienen influencia directa sobre las vías respiratorias de la población.

#### VI.3.3.2.- Efectos Indirectos

Cuando los residuos sólidos son depositados en suelos permeables, donde el nivel freático se localiza a poca profundidad, los cuerpos de agua subterráneos se contaminan fácilmente por los lixiviados. Si estos acuíferos son utilizados como fuente de agua potable, pueden ocasionar una serie de trastornos y enfermedades en las personas que la ingieran. En la siguiente tabla se muestran algunos contaminantes presentes en los lixiviados y su efecto comprobado en algunos casos y posible en otros sobre el ser humano.

Tabla VI.1.- EFECTOS SOBRE LA SALUD COMPROBADOS Y POTENCIALES EN RELACIÓN CON LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y LOS ALIMENTOS	
AGENTE CONTAMINANTE O FUENTE DE CONTAMINACIÓN	EFFECTOS COMPROBADOS (E.C.) Y EFFECTOS POSIBLES (E. P.)
Bacterias	<ul style="list-style-type: none"> <li>Epidemias y endémias de infecciones gastrointestinales (cólera, shigelosis, salmonelosis, leptospirosis, fiebre tifoidea, etc.) (E.C.)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interacción secundaria con desnutrición y con nitratos en el agua (E.C.)</li> </ul>
<b>Virus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hepatitis epidémica y otras infecciones virales (E.C.)</li> <li>• Trastornos inflamatorios de los ojos y de la piel asociados a la natación (E.P.)</li> </ul>
<b>Parásitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amibiasis, esquistosomiasis, hidatidosis y otras infecciones parasitarias (E.C.)</li> </ul>
<b>Metales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intoxicación por plomo (E.C.)</li> <li>• Intoxicación por mercurio (a través de las cadenas alimentarias) (E.C.)</li> <li>• Intoxicación por cadmio (a través de las cadenas alimentarias) (E.C.)</li> <li>• Intoxicación por arsénico (E.C.)</li> <li>• Intoxicación por cromo (E.C.)</li> <li>• Nefropatía epidémica (E.P.)</li> <li>• Enfermedad del pie negro (E.P.)</li> </ul>
<b>Nitratos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metahemoglobinemia (con interacciones bacterianas) (E.C.)</li> </ul>
<b>Factor de "blandura del agua"</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la incidencia de enfermedades cardiovasculares (E.P.)</li> </ul>
<b>Sulfatos y/o fosfatos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipermotilidad gastrointestinal (E.C.)</li> </ul>
<b>Fluoruros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluorosis dental (E.C.)</li> </ul>
SEDESOL, 2001 <sup>11)</sup> .	

## VII.- METODOLOGÍA

No existe en la literatura, alguna metodología que nos permita realizar un correcto saneamiento de terrenos en los que se proporcionó en antaño un uso de suelo errado, tal y como lo son los tiraderos a cielo abierto o basureros en aquellos lugares no aptos para el fin que se les proporcione, además sin las medidas necesarias para evitar la contaminación. Asimismo las técnicas actuales solo permiten el saneamiento del predio para al final convertirlo en un correcto relleno sanitario, pero no posibilita un uso diferente al mismo. La SEDESOL cuenta con un manual para la rehabilitación y clausura de tiraderos a cielo abierto, consistiendo principalmente esta metodología en modificar el uso actual de los confinamiento a un uso de suelo en un relleno sanitario con todas las técnicas ingenieriles necesarias y cumpliendo con la NOM-083-ECOL-1996 y la NOM-083-ECOL-1998.

Por lo anterior se vio la necesidad de modificar e implementar diferentes técnicas para modificar el uso de suelo de estos antiguos tiraderos a el uso que convenga a las necesidades de los propietarios, municipios, estados, o particulares.

La metodología consiste básicamente en 19 pasos, los cuales pueden ser adaptados según características individuales de cada proyecto.

### VII.1.- DELIMITACIÓN DEL ÁREA CON BASURA Y CUANTIFICACIÓN DEL VOLUMEN

Un método de medición directo consiste principalmente en la realización de caminamientos por el predio en estudio, en donde se estaca y delimitan las zonas en donde se localicen áreas en donde afloren los depósitos de residuos, este método solo se recomienda en casos donde estos se localicen superficialmente, es decir, en donde sea posible la delimitación física de las áreas con basura, esta medida no se recomienda en

aquellos lugares en donde se aplicó una cubierta de tierra que no permita conocer su distribución, ni en donde las cañadas, arroyos o depresiones naturales o antropogénicas oculten las verdaderas dimensiones de las áreas afectadas. Además de que no se conoce realmente la cuantificación de la basura ya que con este método se conocen las áreas mas no el volumen de los residuos.

Otro método de medición directo es por medio de sondeos, los cuales consisten en la realización de perforaciones al azar y/o en base a caminamientos por el área, en donde se seleccionan aquellos sitios en los que se considera exista basura, este método consiste en la excavación de zonas (superficie de la maquinaria con la que se cuenta para los sondeos), ya sea un traxcavo o una “mano de chango”, etc., en la cual se perfora hasta alcanzar la base natural sobre el cual se depositaron los residuos.

Para la cuantificación de los residuos por este método, se toma la altura de los depósitos y el área que abarcan los residuos conforme a el número de sondeos realizados. se promedian los resultados y se obtiene un aproximado del volumen de residuos existentes en el predio. Asimismo conforme se avance en los sondeos se delimita la zona en la que se localicen residuos.

Una manera indirecta de delimitar en un sitio un área con residuos, se realiza mediante un estudio geofísico; para efectuarlo se utiliza un equipo especial, el cual consta básicamente de un aparato de corriente continua “Atlas Copco” (SEDESOL, 2001) y su sistema Terrameter SAS, (García, 2001<sup>16</sup>) el cual consiste de una unidad básica denominada Terrameter SAS 300. un método mediante el cual se toman automáticamente lecturas consecutivas y los resultados se promedian de forma continua; esto hace que los datos obtenidos sean más confiables que los recabados con sistemas de disparo único.

El terrameter SAS-300 contiene tres unidades principales, todas alojadas en una sola carcasa: el transmisor, el receptor y el microprocesador. El transmisor, aislado eléctricamente, envía corrientes de señal reguladas y bien definidas; el receptor discrimina el ruido y mide los voltajes correlacionados con la señal transmitida (modo de inspección de la resistividad). El microprocesador monitoriza y controla las operaciones y calcula los resultados.

En el modo de estudio de la resistividad, incluye un medidor de resistividad de penetración profunda, alimentado por batería, con una salida suficiente para una separación de electrodos de corriente de 2000 m, el cociente  $V/I$ , se calcula automáticamente y se visualiza de forma digital en kilohmio, ohmio y miliohmio. Así el rango total va de 0.05 a 1999 miliohmio.

Para obtener un mejor control con los resultados obtenidos durante la realización de los sondeos en campo se ha elaborado el siguiente cuadro, en donde se señalan los datos a tomar en consideración.

Nombre del predio						
Ubicación						
Numero de sondeo	Fecha	Profundidad Mts	Volumen de la muestra en Kg.	Temperatura °C	Condición	Observaciones


## VII.2.- CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS

A partir de los residuos sólidos obtenidos durante los muestreos, se determinan una serie de parámetros que son necesarios para su caracterización. Dentro de estos parámetros se encuentra la composición física (porcentajes de cartón, papel, vidrio, lata, etc.), el peso volumétrico ( $\text{kg/m}^3$ ), la composición química (azufre, carbono, oxígeno, etc.), así como otras propiedades tales como humedad, cenizas, materia orgánica, entre otros.

La toma de muestras de residuos anteriormente descrita permite, además de establecer el volumen de generación correspondiente, contar con los propios residuos sólidos para llevar a cabo la determinación de diversos parámetros físicos y químicos. Primeramente, se determinan los parámetros que son posible establecer en campo, durante la realización del muestreo; posteriormente, se envían muestras de los residuos a laboratorio para la determinación de los parámetros que así lo requieren.

Es necesario establecer la manera en que se deberá separar una porción de los residuos muestreados con objeto de su caracterización; esta metodología se define en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-15-1985, que establece el *método de cuarteo*. (SEDESOL, 2001<sup>12</sup>)

Durante el trabajo de campo, es posible determinar el peso volumétrico y la composición física de los residuos. El primero se determina con base en la Norma Oficial



Mexicana NOM-AA-19-1985, con lo que se establece el peso por unidad de volumen de los residuos.

De la misma manera que el peso volumétrico, la composición física de los residuos se determina durante los trabajos de campo correspondientes al muestreo en las fuentes generadoras. Mediante esta actividad, que debe llevarse a cabo de acuerdo con la norma NOM-AA-22-1985, se llega a determinar el porcentaje en peso de cada uno de los subproductos que componen la muestra de residuos sólidos, tales como vidrio, papel, cartón, materia orgánica, etc. De esta manera es posible conocer el potencial de reciclaje contenido en los subproductos y, eventualmente, la disminución en la cantidad de residuos que deberá ser dispuesta en el sitio de disposición final que se visualice para los residuos.

Por otra parte, es necesaria la determinación de otros parámetros en los residuos sólidos que sólo es posible efectuar en un laboratorio. Dependiendo del objetivo que se persiga, la lista de tales parámetros puede variar, sin embargo, conviene que sea tan amplia como sea posible con objeto de aprovechar el muestreo realizado. Los parámetros a determinar son los siguientes:

PARÁMETRO	NORMA
humedad	(NOM-AA-16-1984)
cenizas	(NOM-AA-18-1984)
hidrógeno	(NOM-AA-68-1986)
nitrógeno	(NOM-AA-24-1984)
oxígeno	(NOM-AA-90-1986)
azufre	(NOM-AA-92-1984)
pH	(NOM-AA-25-1984)

materia orgánica	(NOM-AA-21-1985)
------------------	------------------

(SEDESOL, 2001<sup>12</sup>)

En la preparación de las muestras para su análisis en laboratorio deberá aplicarse la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-52-1985.

Igualmente es de suma importancia el conocer si los residuos a manejar están considerados dentro de la LGEEPA y de las Normas Mexicanas como residuos peligrosos o no peligrosos, por lo cual es necesario caracterizar la basura mediante la realización de los análisis CRETIB, los cuales tienen que cumplir los parámetros de caracterización de los residuos peligrosos y el listado de los mismos, estipulados en la norma NOM-052-ECOL-1993, y en la NOM-053-ECOL-1993, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen peligroso a un residuo por su toxicidad.

#### MUESTREO – MÉTODO DE CUARTEO

La NOM-AA-15-1985, referente a la forma de realizar un muestreo para residuos sólidos municipales, establece el método de cuarteo para las diferentes determinaciones de campo y laboratorio. El objetivo es contar con residuos de características homogéneas. (SEDESOL, 2001<sup>12</sup>)

Para realizar el cuarteo, se toman los residuos sólidos resultados del estudio de generación.

El contenido se vacía formando un montón o pila sobre un área plana horizontal de 4m por 4 m.

El montón de los residuos sólidos se traspalea hasta homogeneizarlos, se divide en cuatro partes iguales A,B,C,D y se eliminan las partes opuestas A y C o B y D, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 Kg, para selección de subproductos.

De las partes eliminadas del primer cuarteo se toman 10 kg, para análisis físicos, químicos y biológicos. Con el resto se determina el peso volumétrico.

### VII.3.- EVALUAR LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ACTUAL

Los residuos sólidos que se acumulan en un tiradero a cielo abierto, sufren una serie de alteraciones con el paso del tiempo, debido principalmente a la biodegradación de la fracción orgánica contenida en ellos, así como a la lixiviación producto de la precipitación e infiltración pluvial. Por lo anterior, se hace necesaria la realización de ciertos análisis físico-químicos en muestras de diversa índole tomadas en el sitio de disposición final, consistentes en lixiviados, biogás y agua subterránea.

El muestreo y análisis de lixiviados permitirá obtener una caracterización particular de éstos en el sitio donde fueron generados, lo cual a su vez servirá como información básica para determinar si es necesario su tratamiento y, en su caso, el tipo de tratamiento requerido.

Por su parte, la caracterización del biogás permitirá conocer la composición de éste, estableciendo los elementos y compuestos que lo conforman y, por lo tanto, el nivel de riesgo presente en el sitio debido a este elemento, incluyendo la eventual presencia de vapores orgánicos tóxicos en el biogás. Esta información es necesaria, asimismo, para definir el potencial de aprovechamiento del biogás, así como para establecer las bases de diseño de los sistemas de captación y control del mismo.

Para el agua subterránea, su caracterización estará en función de diversos factores, primeramente que exista un acuífero a una profundidad razonable como para poder llevar a cabo la toma de la muestra correspondiente. En segundo término, se requiere contar con información sobre la existencia de pozos en la zona, y adicionalmente, conocer la dirección del flujo del acuífero, de manera que la muestra de agua subterránea sea tomada aguas

abajo con relación a la ubicación del tiradero. El análisis físico-químico del agua permitirá establecer si ésta se encuentra contaminada por la presencia del tiradero a cielo abierto en la zona. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

El principal problema al realizar este tipo de muestreos es que es necesario adentrarse a diferentes propiedades privadas, (fraccionamiento, casas habitación, comercios, etc.) para la toma de muestras.

### ***VII.3.1.-Climatología y Meteorología.***

Como ya se ha mencionado, la precipitación pluvial es un factor importante en la generación de lixiviados en un sitio de disposición final. Existen además otros factores de este tipo que influyen en los efectos de las condiciones de un tiradero a cielo abierto, como pueden ser la humedad relativa, temperatura, dirección de viento, evapotranspiración, etc. Esta información es necesaria fundamentalmente para estimar los volúmenes de generación de lixiviados en el tiradero a lo largo de los años, y posteriormente, para el diseño de las obras de control de los mismos. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Los datos de precipitación se requieren para el diseño de algunas otras obras en el sitio, como es el control de escurrimientos superficiales, entre otras.

Por lo general, los datos anteriores pueden encontrarse en las delegaciones de la Comisión Nacional del Agua, obtenidos a partir de las estaciones meteorológicas operadas por esta dependencia más cercanas a la zona de estudio.

### ***VII.3.2.- Diagnóstico por la contaminación por lixiviados.***

El análisis de la contaminación ocasionada en un sitio por la descarga de lixiviados, comprende varios aspectos.

### VII.3.2.1.- Caracterización de los lixiviados.

Un paso previo a la determinación del grado de contaminación de un suelo o acuífero por lixiviados, consiste en la caracterización físico-química de éstos, de tal modo que pueda establecerse su grado de agresividad. (Mendez, 2001<sup>7</sup>) Por lo tanto, será necesario efectuar un muestreo representativo y enviar las muestras a un laboratorio para su análisis. Debido a que cada sitio guarda características con frecuencia muy particulares, no se establecen en la presente metodología los lineamientos relativos al número de muestras, puntos de muestreo, etc. Sobre este aspecto dependerá principalmente de las características del proyecto además del criterio por parte de los consultores ambientales.

Los parámetros que deberán analizarse en las muestras de lixiviados se anotan a continuación:

(DBO).*	pH. *	Cianuros (CN <sup>-</sup> ) *
(DQO). *	Turbiedad	Cadmio (Cd <sup>+2</sup> ) *
Conductancia específica *	Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	Fosfatos totales (PO <sub>4</sub> <sup>+</sup> )
Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	Arsénico (As <sup>+3,+5</sup> ) *
Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	Calcio (Ca <sup>+2</sup> )	Plomo (Pb <sup>+2,+4</sup> ) *
Nitrógeno amoniacal (como NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Cobre (Cu <sup>+2</sup> )	Cromo total (Cr <sup>+3,+6</sup> ) *
Mercurio total (Hg <sup>+2</sup> ) *	Sodio (Na <sup>+1</sup> )	Magnesio (Mg <sup>+2</sup> )
Bacterias coliformes totales (NMP/100 ml) *	Níquel (Ni <sup>+2</sup> )	Nitrógeno orgánico

Bacterias coliformes fecales (NMP/100 ml)	Potasio (K <sup>+1</sup> )	Hierro total (Fe <sup>+2,+3</sup> )
Sólidos totales	Zinc (Zn <sup>+2</sup> )	

(SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

(SEDESOL, 2001<sup>11</sup>)

Se recomienda la determinación de todos los parámetros arriba enlistados para cada una de las muestras de lixiviados. Sin embargo, de no ser esto posible, se señalan con un asterisco (\*) aquellos parámetros que deberán ser determinados como mínimo.

En el caso de que en un sitio específico se conozca de la descarga probable de residuos peligrosos, se requerirá la determinación de parámetros adicionales además de los mencionados. Dichos parámetros serán establecidos por los consultores ambientales responsables de la operación del sitio.

#### ***VII.3.2.2.- Acuífero.-***

Dependiendo de la existencia previa de información sobre calidad del acuífero en la zona, o bien de la existencia de pozos, se decidirá sobre la necesidad de efectuar perforaciones en el sitio para la toma de muestras de agua del acuífero que se supone afectado por la operación del sitio de disposición final. Esta decisión se llevará a cabo con la participación de especialistas.

#### ***VII.3.3.-Diagnóstico del riesgo potencial debido a la generación de biogás.***

La degradación (anaerobia) de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos genera como un subproducto, biogás con un importante contenido de metano; gas inflamable cuando se encuentra a determinada concentración en el aire. Por lo tanto, se considera importante efectuar un diagnóstico de la situación que guarda en particular un

sitio de disposición final desde este punto de vista. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>) (SEDESOL, 2001<sup>11</sup>)

Para lo anterior, deberán llevarse a cabo en una etapa inicial, mediciones en campo para cumplir con dos objetivos básicos. Primeramente, se hace necesario detectar la presencia del biogás, estableciendo para ello los puntos del sitio en donde existen emanaciones, especialmente en los linderos de las áreas señalizadas con presencia de residuos. Para ello, es necesaria la utilización de un explosímetro. Este aparato mide, de manera indirecta, la presencia del metano (o de otro gas o mezcla de gases explosivos) en una muestra de aire tomada en un punto, estableciendo el porcentaje del límite inferior de explosividad alcanzado por el metano en el sitio en este caso.

El explosímetro deberá ser utilizado solamente por personal capacitado para ello; como se ha mencionado, se efectuarán mediciones en los linderos del sitio, así como en estructuras que existan sobre el mismo y en las inmediaciones. Se utilizará el explosímetro en instalaciones tales como drenaje, pozos de visita, líneas de conducción eléctrica y de comunicaciones, etc. Cuando el terreno en el sitio presente características de alta permeabilidad, se efectuarán mediciones en algunos puntos del suelo natural circundante al sitio, de preferencia en zanjas, oquedades o pozos existentes. Se reportarán los resultados utilizando un plano, en el que se indicarán los puntos de medición y los resultados correspondientes.

En segundo término, se considerará la toma de muestras de biogás para determinar su composición química. Esta actividad se llevará a cabo cuando exista al menos una de las dos situaciones siguientes:

10. Cuando se desee realizar la explotación del biogás de manera formal (con fines comerciales, de investigación, etc). En este caso, se deberán determinar los siguientes

parámetros: metano (CH<sub>4</sub>), nitrógeno (N<sub>2</sub>), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), oxígeno (O), ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), así como la humedad del gas.

2o. Cuando existan evidencias de que en el sitio se han dispuesto residuos industriales peligrosos, se efectuará, además de las anteriores determinaciones, el análisis correspondiente a compuestos orgánicos volátiles, y en base a este análisis, se establecerá la necesidad de efectuar otros adicionales. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

La toma de muestras con estos fines deberá llevarse a cabo en campo por una empresa o institución especializada, para posteriormente efectuar la determinación de los parámetros mencionados, en un laboratorio certificado. Los resultados deberán ser reportados por el laboratorio responsable del análisis.

#### *VII.3.4.- Análisis de otras afectaciones al entorno y a la salud pública.*

La existencia de un tiradero a cielo abierto en donde se han dispuesto residuos sólidos conlleva la afectación de otros elementos, además de los que han sido mencionados en los anteriores apartados, los cuales se detallan a continuación:

##### *VII.3.4.1.- Fauna nociva.*

Los R.S.M. constituyen un elemento importante para la alimentación de diversas especies animales nocivas, además de proveerles de abrigo y sitio propicio para su reproducción. Desde este punto de vista, el diagnóstico correspondiente deberá incluir un reporte de la presencia de animales tales como ratas, ratones, cucarachas, moscas, etc., estimando en la medida de lo posible el grado de esa presencia. En caso de que se cuente con algún programa para el control de fauna nociva en el sitio, se describirá este programa, mencionando en forma breve las actividades que se realizan, las especies objeto de control, así como los productos y/o equipos utilizados. (RREA, 2001<sup>15</sup>)



#### *VII.3.4.2.- Olores.*

La existencia de los confinamientos en donde se depositen R.S.M. puede generar olores desagradables, debido principalmente a la degradación de la materia orgánica. Adicionalmente, la ubicación del sitio y la orientación de los vientos dominantes pueden ocasionar que los olores sean percibidos por la población que habita los asentamientos cercanos.

Se mencionará en este apartado si existen quejas de la población por la presencia de malos olores originados en el sitio de disposición final.

#### *VII.3.4.3.- Otros.*

En caso de que en el sitio particular existan otras afectaciones al entorno, salud pública, molestias a la población, etc., se mencionarán en este apartado; comprendiendo aspectos como ruido, afectaciones por el tránsito de camiones recolectores, etc.

### VII.4.- ANÁLISIS DEL POSIBLE RECICLAMIENTO Y/O TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS

En el diagrama de flujo de la figura I.3 de los residuos sólidos se muestra las diferentes alternativas que pueden ser adoptadas para un caso en particular.

#### *VII.4.1.- Reciclaje.-*

El término reciclaje, es tomado usualmente para inferir que los artículos separados son destruidos o acabados de alguna forma y reprocesados para usarse nuevamente como materia prima. Este interés reciente está enfocado a más métodos directos, para reducir de alguna forma los desechos, entre los cuales se encuentra la sustitución, la reparación y el reuso. (Valle, 1993<sup>17</sup>)

El reciclaje involucra tres etapas distintas, representadas por las tres flechas del símbolo tradicional de reciclaje: (1) la recolección y el procesamiento de los materiales

reciclables, (2) la manufactura del material en nuevos productos y (3) la compra y el uso de productos reciclables. (SEDESOL, 2001<sup>18</sup>)

El reciclaje de los materiales que se encuentren en los desechos sólidos municipales involucra en realidad cuatro fases, 1) la recuperación de materiales del torrente de desechos, 2) procesos intermedios, como la clasificación y la compactación, 3) transportación y 4) procesamiento final, para proveer materia prima para manufactura o producto final. El beneficio primario de reciclaje es la conservación de los recursos naturales y la rehabilitación del espacio de suelo; sin embargo, la recolección y el transporte de materiales requiere de cantidades substanciales de energía y esfuerzo. Los requerimientos para el éxito del programa son: la gran demanda que existe para recuperar materiales y que el valor comercial de los materiales sea suficiente para pagar los costos de la recolección y el transporte. (SEDESOL, 2001<sup>18</sup>)



Los programas de reciclaje incluyen artículos desechados, la reparación y venta de componentes electrónicos o eléctricos, y los materiales de desecho que son aplicables o destinados para usarse en otras actividades, tales como el composteo de materiales orgánicos.

Para las instituciones públicas y privadas, así como algunos industriales generadores de desechos sólidos, el reciclar es una oportunidad para reducir los costos de disposición final y beneficiar al ambiente, reduciendo la explotación de la materia prima.

El primer paso para conocer acerca del reciclaje, es identificar todos los materiales disponibles para el reciclaje potencial. Para esto, debemos conocer algo acerca de la anatomía de la corriente de los residuos sólidos depositados en las áreas de estudio. Sólo comprendiendo claramente la diversidad de los materiales, en una corriente de desechos, se

puede indicar la solución más efectiva para su disposición. En primera instancia, el reciclaje es frecuentemente la primera elección para tratar el problema de los desechos. El reciclaje tiene una gran ventaja, el poder obtener una gran variedad de materiales de los desechos sólidos. Un programa de reciclaje comprensible involucra a seis, ocho o diez materiales distintos, los cuales serán cuidados de las fluctuaciones de precios del mercado, en la misma forma en que se reduce la diversidad de riesgo en el mercado, en una cartera de inversión. (SEDESOL, 2001<sup>18</sup>)

La iniciativa para comenzar un plan de reciclaje, es observar cuidadosamente la anatomía de la corriente de los desechos, es decir, primero se debe determinar cuidadosamente la cantidad de cada material de desecho, cómo y a qué costo será introducido al mercado, sin perder de vista que esto puede variar según la oferta y la demanda.

Al realizar el análisis del posible reciclaje de los R.S. se debe considerar el mercado de recuperación de materiales, la infraestructura de recolección y sobre todo los costos que esto representa. Los mercados de recuperación de materiales existen sólo cuando los fabricantes o procesadores necesitan de éstos o cuando pueden usar éstos como sustituto económico de sus materias primas, por lo tanto, el mercado depende de la calidad de los materiales, de la capacidad de la industria y de los costos de competencia de las materias primas. En muchos casos, los materiales recuperados son de calidad inferior a los materiales vírgenes, de tal forma, que el precio de mercado es atractivo para los compradores. Los mercados también han creado reglas que desarrollan una demanda a largo plazo y genera avances en la tecnología. (SEDESOL, 2001<sup>18</sup>)

#### *VII.4.2.- Tratamiento.*

El tratamiento de los R.S.M. puede definirse como el conjunto de procesos mediante el cual se modifican las características físicas, químicas o biológicas de los residuos. Los objetivos del tratamiento pueden ser de distinta índole, sin embargo, pueden reducirse a alguno o más de los siguientes: (Valle, 1993<sup>17</sup>)

- ⇒ recuperación y reciclaje de subproductos.
- ⇒ eliminación de peligrosidad de los residuos.
- ⇒ recuperación de energía.
- ⇒ preparación de los residuos para un post-tratamiento.
- ⇒ reducción de volumen.
- ⇒ facilitar el manejo de los residuos.

Existen diferentes tipos de tratamiento para los R.S.M., tales como la compactación, el molido o desmenuzado, la separación (en la fuente o posterior), la incineración, la producción de composta, la producción de combustibles (RDF) y la pirólisis. (Valle, 1993<sup>17</sup>)

#### *VII.4.3.- Productos reciclables.*

Debido al proceso de reciclamiento bajo sus diversas modalidades (prepepena, pepena o mecanizado), existen actualmente diversos subproductos que se comercializan y reintegran a procesos industriales, entre ellos se encuentran el papel y cartón, trapos, chatarra, vidrio, hueso, madera, plásticos, etc.

### VII.4.3.1. Papel y cartón

Es la materia prima (subproducto) para las fábricas de empaques, costales de cemento, láminas de cartón y otros embalajes. El papel proviene de hogares y oficinas se utiliza en la industria elaboradora de cartoncillo, cartón gris, etc.

Tabla VII.4.1.- Especificaciones para reciclado de papel y cartón

Número de grado	Clase	Descripción	Materiales prohibidos <sup>a</sup> %	Total de papel tirado <sup>b</sup> %
1	Papel mezclado	Mezcla de varias calidades de papel.	2	10
6	Nuevo	Consiste de periódico embalado con menos del 5 % de otros papeles.	0.5	2.0
7	Nuevo especial	Consiste de periódicos recientes, libres de otros papeles nuevos, no contiene más del porcentaje normal de rotograbado y secciones coloreadas.	No permitido	2.0
11	Corrugado	Consiste en contenedores corrugados, contenedores que tienen líneas de prueba o kraft.	1.0	5.0
38	Libros en color	Consiste de hojas impresas o sin imprimir, recortes de color, escritos y otros papeles que tengan similar, este grado debe estar libre de tratamiento, cobertura o impresiones gruesas.	No permitido	2.0
40	Libros en blanco	Consiste hojas impresas o sin imprimir, libros guillotados, y recortes en blanco.	No permitido	2.0

<sup>a</sup> Materiales que dañan el equipo de procesamiento

<sup>b</sup> Papel indeseable para consumo por el grado de especificación.

42	Papel computadora	Consiste de formas de papel manufacturadas para máquinas procesadoras, este grado puede contener color de impresión de la computadora. Debe ser in tratar y sin cubiertas.	No permitido	2.0
----	----------------------	--	--------------	-----

(SEDESOL, 2001<sup>18</sup>)

*VII.4.3.2.- Trapo*

Se encuentra mezclado en los residuos, pero es de distintas clases. Se clasifica en diferentes tipos según sus componentes: algodón, casimir, estambre, fibras sintéticas y trapo gris. El algodón se utiliza previo lavado para la limpieza de maquinaria de imprentas, vehículos, barcos, aviones, etc. Los estambres, casimir y las fibras sintéticas son utilizadas como materia prima en las fabricas que elaboran estos productos. El trapo gris se utiliza como materia para hacer borra, relleno de colchones y muebles de baja calidad.

*VII.4.3.3.- Chatarra*

Es el conjunto de materiales metálicos que se encuentran en los residuos, que al seleccionarse se usan como materia prima por las industrias siderúrgicas y de fundición para fabricar fierro colado, lámina etc.

*VII.4.3.4.- Vidrio.-*

Se funde nuevamente para elaborar vidrio y cristal, así como fibra de vidrio. Se encuentra como envase o pedacería. Los envases pueden ser, en general, de dos tipos: los que tienen valor como tales (que entran en un proceso industrial simple de lavado y se trasladan a otras industrias para ser reutilizados) o como vidrio. Este material se clasifica según sus colores: blanco, ámbar, revuelto.

#### *VII.4.3.5.- Hueso.-*

Por su alto contenido de calcio y potasio es utilizado por las industrias para la elaboración de alimentos para animales. Además, sirve como ingrediente en la elaboración de grenetinas y como enriquecedor de suelos.

#### *VII.4.3.6.- Madera.-*

Se utiliza para la fabricación de cimbra, cerillos y palillos.

#### *VII.4.3.7.- Aluminio.-*

El aluminio reciclado procedente de los R.S.M. provee a los recicladores una fuente doméstica de aluminio estable, tomando en cuenta que mucha de la bauxita que se requiere para producir nuevo aluminio, debe ser importada y se requieren cuatro libras de bauxita, para producir una libra de metal. (SEDESOL, 2001<sup>18</sup>)

La energía requerida para producir una lata de aluminio de material reciclable, es menor del 5 % de la energía que se requiere, para hacer una lata de material virgen. (Jiménez, 2001<sup>13</sup>)

Las latas recicladas son de composición conocida y uniforme, y las impurezas son removidas rápidamente. El reciclaje permite manufacturar latas de aluminio para competir favorablemente con el vidrio y los contenedores hechos de bimetálico. Virtualmente, todos los contenedores metálicos de cerveza y el 93 % de las latas metálicas de refresco, son de aluminio. (Jiménez, 2001<sup>13</sup>)

Las latas de aluminio son fácilmente separables, fáciles de manejar y se encuentran raramente contaminadas, están hechas de un material sencillo y tienen un alto valor en el mercado. Los costos de transportación son reducidos debido a que son compactados. Los contenedores de bebidas hechos de aluminio, frecuentemente son los primeros artículos clasificados para un programa de reciclaje.

Otro tipo de elementos, como son las hojas de aluminio o alambres, también pueden ser reciclados, además del aluminio pesado, los bloques de máquinas y cuadros de motocicletas, así como estructuras de sillas que tienen buen potencial para el reciclaje.

*VII.4.3.8.- Plásticos.-*

Dentro de los residuos que se recolectan, se encuentran los plásticos sólidos y de película. Los primeros se clasifican en: P.V.C., polietileno de alta densidad, poliestireno y polipropileno que son utilizados en la fabricación de envases, cubetas, juguetes, etc. El plástico sólido es molido para convertirse, en materia prima de algunos artículos de segunda calidad, El plástico en película es el polietileno de baja densidad que generalmente se utiliza en la fabricación de bolsas.

Tabla VII.4.1.- Uso de plásticos por tipo de resina, antes y después del reciclaje

	<b>USO TÍPICO</b>	<b>USO POTENCIAL DESPUÉS DEL RECICLAJE</b>
LDPE	Bolsas de plástico y envolturas de alimento	Maderos plásticos no estructurales, botes de basura
HDPE	Envases de plásticos para leche, detergentes aceite, bajo voltaje, aislantes de alambre, tanques de gasolina para automóvil.	Maderos plásticos no estructurales, botes de basura, piezas para closets de habitación.
PP	Partes de automóvil, contenedores para almacenar alimentos, carpetas industriales.	Auto partes
PS	Contenedores, empaques,	Aislamiento de espuma para casas.



	audiocintas, vasos transparentes.	
PET	Botes de bebidas carbonatadas, dacrón, audio y video cintas.	Envases de refrescos, fibras aislantes para telas.
PVC	Tubos de agua y drenaje, botellas transparentes flexibles, cubiertas de piso vinílico, alambres y cables.	

(SEDESOL, 2001<sup>18</sup>)

La tasa de reciclaje para plásticos, es muy baja comparada con la del aluminio, papel y vidrio. Existen varias razones para esto, pero una de las más importantes es el bajo valor comercial con respecto a su volumen. Esto implica que los costos de transportación, aplastarán la ganancia potencial de la reventa del material separado. En resumen, la industria del plástico ha mostrado recientemente, su interés por reusar sus materiales reciclados. El desarrollo reciente de los equipos de procesamiento para densificar los desechos plásticos, así como para fragmentar, granular o emprender el reciclaje, es mucho más atractivo. Los plásticos densificados, requieren de un almacenamiento substancial. Sin embargo, desde que se reciclan los plásticos, generalmente se compran en el centro de acopio. El almacenamiento al aire libre, después de procesados ofrece una solución potencial de bajo costo, para el problema del almacenamiento de plásticos.

#### *VII.4.4.- Ganancias económicas por reciclaje*

De acuerdo al tipo de material, las ganancias por el reciclaje pueden ser clasificadas como:

Ganancias significativas, por artículos como: Latas de aluminio, desechos de basura, pedazos de metal no ferroso, artículos reusables (libros, juguetes, ropa usada, etc.).

Ganancias regulares: Por varios tipos de papel, vidrio varios plásticos, estaño, pedazos de hierro, desechos alimenticios, etc.

Ganancias bajas: Por ciertos plásticos (contenedores de multiresinas), latas de bimetal, llantas, aparatos usados, muebles, chatarras, desechos de demolición. Productos Reciclables (SEDESOL, 2001<sup>18</sup>)

## VII. 5.- IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS Y RIESGOS AMBIENTALES

En esta sección se evalúan los impactos y riesgos ambientales que generará el proyecto de saneamiento, aun cuando si se considera necesario, es posible realizar el estudio de impacto y riesgo actual generado con la presencia del tiradero a cielo abierto, lo anterior para justificar el saneamiento del predio.

### VII.5.1.- Impacto Ambiental

La LGEEPA nos dice que el impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre. Asimismo otros autores (Jiménez, 2001<sup>13</sup>, Conesa, 1995<sup>19</sup>) definen el termino impacto como los cambios iniciales en el ambiente que resultan de un proyecto. Igualmente se define el término “efecto” como las consecuencias debidas a estos cambios. En general, dentro de los estudios de impacto ambiental se utilizan indistintamente los términos impacto ambiental o efecto ambiental, como la alteración (favorable o desfavorable) del ambiente por una acción.

Por consiguiente el impacto ambiental se entiende como la alteración o modificación que una acción o actividad produce sobre el medio ambiente o en alguno de

sus componentes. Este efecto es de magnitud variable y puede ser positivo o negativo, aceptable o rechazable en función de diversos criterios. (Jiménez, 2001<sup>13</sup>, Conesa, 1995<sup>19</sup>)

#### *VII.5.1.1.- Evaluación del impacto ambiental*

Se entiende por evaluación de impacto ambiental el estudio encaminado a identificar, predecir e interpretar, así como a prevenir las consecuencias o los efectos que las acciones o proyectos pueden causar a la salud, al bienestar humano o al ambiente. La evaluación de impacto ambiental tiene la doble misión de concienciar a los responsables de las decisiones y a la sociedad acerca de los efectos que sobre el ambiente tiene un proyecto así como de su importancia, además de proporcionar información que se pueda ponderar en el proceso de decisión.

Como resultado de una Evaluación de Impacto Ambiental el responsable de la decisión tiene varias posibilidades tales como el autorizar y llevar a cabo el proyecto tal y como esta planeado, el añadir medidas de protección y prevenir (medidas de mitigación), el modificar el proyecto para mitigar o evitar los efectos negativos identificados (incluso con la elección de otro sitio para su ejecución) y finalmente renunciar al proyecto. (Urias, 2001<sup>20</sup>)

#### *VII.5.1.2.- Formatos oficiales.-*

Para la amplitud y complejidad de los estudios del medio ambiente, la LGEEPA opta por un sistema estructurado que incluye tres formatos o modalidades:

⇒ Modalidad General

⇒ Modalidad Especifica

⇒ Modalidad Intermedia

(LGEEPA-1999<sup>26</sup>)

### *VII.5.1.3.- Contenido básico del Estudio de Impacto Ambiental*

- ⇒ Datos generales
- ⇒ Descripción de las obras y actividades
- ⇒ Descripción del medio natural y socioeconómico
- ⇒ Vinculación con las normas y regulaciones del uso del suelo
- ⇒ Identificación de impactos ambientales
- ⇒ Medidas de mitigación
- ⇒ Conclusiones y recomendaciones
- ⇒ Bibliografía

(RASA, 2000<sup>21</sup>)

Descripción de las obras y actividades.-

Presupone un proceso previo de selección de la alternativa mas viable en cuanto al proceso y al sitio.

Se asume un grado avanzado en la ingeniería en la alternativa seleccionada, se cuantifica la afectación al medio ambiente por el uso de energía, materias primas y recursos naturales y por el vertido de residuales al aire, agua y suelo. Aplica para las tres etapas del proyecto: preparación, construcción – operación y abandono.

Descripción del medio natural y socioeconómico.-

Listado exhaustivo de conceptos a incluirse y especificaciones detallada de su contenido. El grado de profundidad es a criterio del consultor.

El medio natural incluye el clima, la geología, los suelos, la hidrología, la oceanografía, la vegetación, la fauna, el paisaje, los cambios posibles a estos factores.

El medio socioeconómico incluye la población, servicios, actividades económicas, cambios posibles a estos factores.

Vinculación con las normas y regulaciones del uso del suelo.-

Se revisa la compatibilidad del proyecto con los planes de ordenamiento del territorio, los planes directores de desarrollo urbano (estatal y municipal) y las áreas protegidas.

Identificación de impactos ambientales

Identificación de impactos por etapas, el formato es libre sin restricciones y a criterio del consultor.

Medidas de prevención y mitigación.-

Son las medidas generales y las medidas por etapas, en un formato libre a criterio del consultor.

#### *VII.5.1.4.- Selección de la Metodología.-*

La selección de la metodología para la evaluación de los impactos ambientales debe considerar las características del proyecto, el tipo de información que se empleará y las técnicas de identificación de los impactos ambientales para cada una de las etapas del proyecto. Asimismo la decisión de cual es la mas adecuada debe ser tomada por parte de los consultores ambientales.

Es necesario mencionar que para la evaluación de los impactos ambientales sea cual sea la técnica seleccionada, su realización tiene que ser multidisciplinaria, es decir, conformada por un grupo de expertos en las diferentes áreas ambientales.

Actualmente existen más de 50 metodologías para identificar y evaluar los impactos ambientales producidos por fases o actividades de un proyecto, pero ninguna de ellas tiene una dimensión ni un carácter universal. Así pues, aunque existe gran cantidad de modelos,

pocos son los que están sistematizados. Los métodos más comúnmente utilizados en América Latina son: (AMCRESPEC, 1998<sup>22</sup>)

- ⇒ Juicio de expertos o técnica de ad hoc
- ⇒ Metodología del banco mundial
- ⇒ Listas
- ⇒ Matrices
- ⇒ Redes
- ⇒ Superposición de mapas
- ⇒ Índices e indicadores

Juicio de expertos o técnica de ad hoc.- Este método es el más ampliamente usado; consiste en reunir en una mesa de trabajo a un grupo selecto de expertos en distintas disciplinas relacionadas con el proyecto, para que después de un análisis multidisciplinario den su fallo respecto al mismo. (AMCRESPEC, 1998<sup>22</sup>)

Metodología del banco mundial.- En esta metodología los objetivos se fijan en la identificación y medición de los efectos de los proyectos de desarrollo sobre la ecología humana y ambiental. Puede decirse que es sobre todo un método de identificación. (AMCRESPEC, 1998<sup>22</sup>)

Listas.- consiste en la elaboración de listas (unidimensionales) estandarizadas de los impactos asociados a un proyecto en particular; los cuales pueden ser negativos o positivos según sea el caso. (AMCRESPEC, 1998<sup>22</sup>)

Matrices.- A diferencia de las listas, las matrices son bidimensionales y no simétricas, en ellas se enlistan las acciones propuestas según su grado de severidad en categorías relativas. (AMCRESPEC, 1998<sup>22</sup>)

Redes.- Este es un tipo de matriz de interacción de componentes, utilizado para ilustrar los efectos secundarios de acciones (proyectos) sobre elementos del ambiente. Mediante este sistema se definen la relación causa-efecto en un diagrama. En caso de que se incluya la magnitud e importancia de cada impacto y la probabilidad de ocurrencia de éste sea conocida, se puede calcular su “gran índice final”. (AMCRESPEC, 1998<sup>22</sup>)

Superposición de mapas.- Este método es utilizado para sobreponer mapas temáticos en proyectos como líneas de alto voltaje, diseño de carreteras, zonas costeras, donde se desea un mínimo impacto ambiental. Esta técnica permite el análisis espacial del área. De contarse con fotografías aéreas de distintos años se puede realizar el análisis secuencial retrospectivo. (AMCRESPEC, 1998<sup>22</sup>)

Índices e indicadores.- Es una nueva técnica para la evaluación de impactos ambientales; este tipo de método es de aplicación directa y fácil. Esta técnica se basa en la obtención de indicadores numéricos característicos que describen los efectos que una acción determinada puede tener en el ambiente; posteriormente se afectan por un factor de peso que depende de las estrategias que se planea establecer y que sirven como punto de partida para el estudio particular de impactos que se estén llevando a cabo. (AMCRESPEC, 1998<sup>22</sup>)

#### Matriz de Importancia.

Una vez identificadas las acciones y los factores del medio que, presumiblemente, serán impactos por las acciones del proyecto, la matriz de importancia nos permitirá obtener una valoración cualitativa al nivel requerido para un estudio de impacto ambiental en las modalidades especificadas.

En esta fase del estudio de impacto ambiental se “cruzan” las dos informaciones, con el fin de prever las incidencias ambientales derivadas tanto de la ejecución del proyecto, como de su explotación y poder valorar su importancia.

Una vez identificadas las posibles alteraciones se hace preciso una previsión y valoración de las mismas. Esta operación es importante para clarificar aspectos que la propia simplificación del método conlleva. La matriz de importancia, es una herramienta fundamentalmente analítica, de investigación prospectiva de lo que puede ocurrir, por lo que la clarificación de todos los aspectos que lo definen y en definitiva de los impactos (interrelación acción del proyecto-factor del medio), es absolutamente necesaria. (Conesa 1995<sup>19</sup>)

No es válido, por tanto, pasar, tras una identificación de posibles impactos, a un proceso de evaluación de los mismos sin determinar cuales son los más importantes constatados y justificando el porqué merecen una determinada valoración.

La valoración cualitativa se efectuará a partir de la matriz de los impactos. Cada casilla de cruce en la matriz o elemento tipo, nos dará una idea del efecto de cada acción impactante sobre cada factor ambiental impactado.

Esto elementos tipo o casillas de cruce, estarán ocupados por la valoración correspondiente a siete símbolos siguiendo el orden espacial plasmando en el cuadro siguiente, a los que se añade uno más que sintetiza en una cifra la importancia del impacto en función de los seis símbolos anteriores.

Es importante señalar que la importancia del impacto no debe confundirse con la importancia del factor afectado.



Se describen a continuación el significado de los mencionados símbolos que conforman el elemento de tipo de una matriz de valoración cualitativa o matriz de importancia:

#### SIGNO.

El signo del impacto hace alusión al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados. Existe la posibilidad de incluir, en algunos casos concretos, un tercer carácter (x) que también reflejaría efectos asociados con circunstancias externas al proyecto, de manera que solamente a través de un estudio global de todas ellas sería posible conocer su naturaleza perjudicial o benéfica. (Conesa 1995<sup>19</sup>)

#### INTENSIDAD.

Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que se actúa. El parámetro de valoración estará comprendido entre 1 y 16 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y en la afección mínima. Los valores comprendidos entre esos dos términos reflejará situaciones intermedias. (Conesa 1995<sup>19</sup>)

#### EXTENSIÓN.

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto.

Si la acción produce un efecto muy localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será parcial (2) y extenso (4). (Conesa 1995<sup>19</sup>)

## MOMENTO.

El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción ( $t_0$ ) y el comienzo del efecto ( $t_1$ ) sobre el medio considerado.

Así pues cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato, asignándole un valor (4). Si el período de tiempo que va de 1 a 3 años, medio plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de 3 años, largo plazo, con valor asignado (1). (Conesa 1995<sup>19</sup>)

## PERSISTENCIA.

Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto a partir de su aparición. Si dura menos de un año, consideramos que la acción produce un efecto fugaz, asignándole un valor (1). Si dura entre 1 y 3 años, temporal (2); entre 4 y 10 años, pertinaz (4) y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, consideramos el efecto como permanente, asignándole un valor (8). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural como antrópica) le asignamos el valor (20). (Conesa 1995<sup>19</sup>)

## REVERSIBILIDAD.

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción cometida, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales si es a corto plazo, se le asigna el valor (1), si es de medio plazo (3), si es a largo plazo (4) y si es irreversible le asignamos el valor (8). (Conesa 1995<sup>19</sup>)

## MEDIDAS CORRECTORAS.

La posibilidad y el momento de introducir acciones o medidas correctoras para paliar o remediar los impactos, se testimonia de manera temporal: No existe posibilidad, lo simbolizamos con la letra mayúscula (N), en fase de proyecto (P), en fase de obra o construcción (O) y en fase de funcionamiento (F). (Conesa 1995<sup>19</sup>)

Los impactos irrecuperables imposibilitan la introducción de medidas correctoras, siendo por el contrario los recuperables, los que las hacen posibles.

#### IMPORTANCIA DEL IMPACTO.

Ya se ha apuntado que la importancia del impacto, o sea, la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental, no debe confundirse con la importancia del factor ambiental afectado. Viene representada por un número que se deduce mediante el modelo propuesto en el siguiente cuadro asignando a los símbolos considerados:

$$\text{Importancia} = \pm (3I + 2E + M + P + R)$$

SIGNO		INTENSIDAD (I)	
Impacto benéfico	+1	Baja	1
Impacto perjudicial	-1	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	16
EXTENSION (E)		MOMENTO (M)	
Puntual	1	Largo Plazo	1
Parcial	2	Medio Plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítico	≤ 8		
PERSISTENCIA (P)		REVERSIBILIDAD (R)	
Fugaz	1	Corto Plazo	1
Temporal	2	Medio Plazo	2

Pertinaz	4	Largo Plazo	4
Permanente	8	Irreversible	8
		Irrecuperable	20

#### MEDIDAS CORRECTORAS

#### IMPORTANCIA

En proyecto	P	$\pm 1 (3I + 2E + M + P + R)$
En obra	O	
En funcionamiento	F	
Sin posibilidad	N	

Presentan valores intermedios (entre, 60 y 80) cuando se dan algunas de las siguientes circunstancias:

- ✳ Intensidad total y afección mínima de los restantes símbolos.
- ✳ Intensidad muy alta o alta y afección alta o muy alta de algunos de los restantes símbolos.
- ✳ Intensidad alta, efecto irrecuperable y afección muy alta de alguno de los restantes símbolos.
- ✳ Intensidad media o baja, efecto irrecuperable y afección muy alta de al menos dos de los restantes símbolos.

#### VII.5.2.- Riesgo Ambiental

Riesgo se define como el calculo de la probabilidad de que una cierta amenaza se manifieste y cuyas consecuencias dependerán de la susceptibilidad que presente la comunidad como elemento en riesgo. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

Por lo tanto, la formula utilizada para la evaluación del riesgo es:

$$(R=A \times V).$$

Donde:

R= Riesgo

A= Amenaza

V= Vulnerabilidad

Donde la amenaza es la fuente de peligro asociada a un fenómeno que puede manifestarse, produciendo efectos adversos sobre la salud humana, sus bienes y al medio ambiente.

Vulnerabilidad se considera como la susceptibilidad o predisposición intrínseca de la sociedad y/o el ambiente a sufrir un daño o una pérdida. Esta generalmente expresada en términos de daños o pérdidas potenciales que se espera se presenten de acuerdo con el grado de severidad o intensidad del fenómeno ante el cual esta expuesto. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

#### *VII.5.2.1.- Amenazas.-*

Estas pueden ser divididas en amenazas naturales y antropogénicas y las primeras incluyen a **eventos geológicos** como son: vulcanismo, sismos, movimientos de masas, concentración de sales o gases en forma natural, en agua o aire, (metano, radioactividad, etc.) o minerales (arsénico, boro, etc.) o bien eventos **hidrometeorológicos** como ciclones, huracanes, tornados, temperaturas extremas, granizadas, sequías, precipitaciones extraordinarias, tormentas eléctricas, etc. Asimismo las amenazas antropogénicas son aquellos eventos potencialmente desastrosos producido por causa del hombre, fenómenos físico-químicos, socio organizativos y sanitarios - ecológicos. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

Podemos asignar valores a las amenazas considerando los siguientes criterios:

- a) Efectos a la salud y a la vida;
- b) Efectos al medio ambiente;
- c) Consecuencias a la propiedad;
- d) Velocidad de manifestación y

e) Probabilidad de ocurrencia

A continuación se citan en la siguiente tabla VII.5.1 los valores comparativos por gravedad de consecuencias para evaluar cualitativamente a las amenazas:

Tabla VII.5.1.- valores comparativos por gravedad de consecuencias para evaluar cualitativamente a las amenazas

<i>A) Consecuencias a la Salud y a la Vida</i>	<i>Características</i>
1 Sin Importancia	Desalojados.
2 Limitadas	Desalojados y menos de 20 heridos.
3 Serias	Desalojados y más de 20 heridos.
4 Muy Serias	Desalojados, menos de 200 heridos, de 4 a 20 muertos.
5 Catastróficas	Desalojados, más de 200 heridos y más de 20 muertos.
<i>B) Consecuencias al Medio Ambiente</i>	<i>Características</i>
1 Sin Importancia	Sin contaminación y efectos localizados
2 Limitadas	Contaminación simple y efectos localizados
3 Serias	Contaminación simple y efectos diseminados
4 Muy Serias	Contaminación grave y efectos localizados
5 Catastróficas	Contaminación muy grave y efectos diseminados.
<i>C) Consecuencias a la Propiedad</i>	<i>Características</i>
1 Sin Importancia	Menos de 0.5 millón de US \$
2 Limitadas	0.5 a 1 millón de US \$

3 Serias	1 a 5 millones de US \$
4 Muy Serias	5 a 20 millones de US \$
5 Catastróficas	Más de 20 millones de US \$
<i>D) Velocidad de Manifestación</i>	<i>Características</i>
1 Sin Importancia	Efectos localizados sin daño
2 Limitadas	
3 Serias	Efecto pequeño y con alguna distribución.
4 Muy Serias	
5 Catastróficas	Efectos ocultos hasta que están completamente manifiestos.
<i>E) Probabilidad de Ocurrencia</i>	<i>Características</i>
1 Sin Importancia	Menos de una vez cada 1000 años.
2 Limitadas	Una vez por cada 100 a 1000 años.
3 Serias	Una vez por cada 10 a 100 años.
4 Muy Serias	Una vez por cada 10 años.
5 Catastróficas	Más de una vez por año.

(U d G, 1994<sup>14</sup>)

#### Nivel de valoración de las Amenazas Naturales

Muy bajo	< 5
Bajo	5.1 – 10
Medio	10.1 – 15
Alto	15.1- 20
Muy alto	> 20

(U d G, 1994<sup>14</sup>)

Los parámetros citados anteriormente para evaluar amenazas en un área específica considerando a la sociedad como elemento de estudio, evidentemente no son aplicables para otros elementos de estudio como la flora, o infraestructura en donde los parámetros a considerar son específicos.

El nivel de detalle, estará de acuerdo al detalle de información que se quiera obtener, en la valuación de las amenazas existentes es necesario determinar el valor relativo de cada una de ellas áreas dentro del área estudiada. Si existen varias amenazas se hará una sumatoria pero los valores obtenidos de cada uno de los parámetros referidos en la tabla anteriormente señalada, se promedian.

Finalmente el aplicar esta metodología no es complicado, lo realmente importante e interesante es el criterio a usar, por el grupo multidisciplinario que se conforme para realizar la investigación, para determinar cuando un elemento de estudio esta sujeto a una amenaza, dado que en ocasiones dentro del área objeto de la investigación no existe o bien esta puede incluso situarse a kilómetros de distancia como puede ser el caso del epicentro de un sismo, un aparato volcánico, una tormenta, una ladera próxima a sufrir un deslizamiento y provocar una inundación, un cambio en la composición química del agua, etc.

#### *VII.5.2.2.- Vulnerabilidad*

Se considera que la vulnerabilidad de la población es la resultante de relacionar demanda (D) con la oferta (O). (U d G, 1994<sup>14</sup>)

$$V = D/O$$

De igual forma se consideran diversos factores para valorar cada uno de estos elementos de estudio como son:



- A) Demanda definida como las necesidades de servicios de salud que presentan la población en situaciones de desastre, requiere de valorar: (U d G, 1994<sup>14</sup>)
- a) Estructura de la población según edad,
  - b) Ingreso económico familiar,
  - c) Densidad de la población e
  - d) Infraestructura de la Población.
- B) Oferta definida como la capacidad que tiene los servicios de salud para actuar en caso de un desastre requiere del conocimiento de los siguientes aspectos relativos a la organización de los servicios de salud como son: (U d G, 1994<sup>14</sup>)
- a) Niveles de atención,
  - b) Número de Unidades de Salud,
  - c) Número de camas y recursos humanos,
  - d) Planes de emergencia hospitalarios,
  - e) Sistemas de vigilancia epidemiológica.

#### *Análisis de demanda.-*

Las necesidades de servicios de la población en situaciones de desastre están dadas a partir de las características específicas de los grupos de población con respecto a parámetros demográficos y de infraestructura existentes en la zona. Los aspectos a considerar en este análisis son: (U d G, 1994<sup>14</sup>)

#### *Características de la población.-*

Estructura según la edad

Para definir el grupo de habitantes más vulnerable se consideraron los grupos etáreos menores de cinco años y mayores de sesenta y cinco. Estos datos fueron obtenidos del Censo General de Población realizado por el INEGI en el año de 1990, sistematizados

en el programa denominado Sistema para la consulta de Información censal. (SCINCE). (UdG, 1994<sup>14</sup>)

El nivel de vulnerabilidad otorgado para esta variable de la población se determino a partir de la sumatoria de los individuos totales pertenecientes a ambos grupos asignándoles los siguientes valores:

GRUPOS ETAREOS (Nº de habitantes >65 y < 5 años)	PUNTAJE
< 500	1
500-1000	2
1000-1500	3
1500-2000	4
> 2000	5

#### Ingreso económico familiar

Esta variable se calcula a partir de los trabajos realizados por el Instituto Nacional de Estadística Metropolitana de Guadalajara por estados socioeconómicos cuya unidad de estudio es el área básica (AGEB). En este trabajo se establecen las siguientes categorías, a las cuales corresponde un valor específico que se muestra a continuación. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

ESTRATO SOCIOECONOMICO	PUNTAJE
Alto	1
Medio	2
Bajo	3
Marginado	5

### Densidad poblacional urbana

En base a los datos de población total y superficie por AGEB, se calcula la densidad de población por kilómetro cuadrado y se hace una relación de la proporción de cada AGEB incluido en el cuadrante base de estudio de un kilómetro cuadrado. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

Los rangos considerados fueron:

DENSIDAD DE POBLACION (Hab/km <sup>2</sup> )	PUNTAJE
< 5000	1
5000 - 10000	2
10000 - - 20000	3
20000 - 30000	4
> 30000	5

Finalmente los valores de demanda total están dados por la suma de los puntajes obtenidos de las características de población consideradas anteriormente, estos valores obtenidos van de un valor mínimo de 1 a un valor máximo de 25; para los cuales se crearon 5 rangos que se describirán posteriormente.

### Infraestructura de la población

#### Concentración de las viviendas

Se calcula a partir de los Censos de Población y vivienda realizados por el INEGI, en las cuales se expresa el numero total de viviendas habitadas por AGEB, relacionando la proporción de AGEB o AGEB's incluidos en un cuadrante de base de estudio y sumando las cifras obtenidas de viviendas habitadas. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

Una vez conocidos estos valores, se establecen los rangos de viviendas totales habitadas, correspondiendo a cada uno un puntaje que a continuación se señala.

## Vías de comunicación

La presencia de vías rápidas de transporte es importante para facilitar los procesos de evacuación de la población en caso de una emergencia, así como para realizar un transporte efectivo de los materiales y el equipo que se requiere para atenderla. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

Posteriormente se asignó un valor de acuerdo a la presencia de estas vías según el siguiente criterio:

CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN	PUNTAJE
Zonas que no cuentan con vías de alta capacidad de flujo vehicular o que están ubicadas en zonas aisladas	5
Zonas con vías de mediana capacidad y sin vías alternas	3
Zonas con vías rápidas y de alta capacidad.	1

## Análisis de la oferta

Para calcular la oferta se requiere información sobre la organización de los servicios de salud y el total de la población de cada uno de los municipios de estudio. Esta información se obtiene por la Secretaría de Salud, del Instituto Mexicano del Seguro social, ISSSTE y Hospitales privados. Los hospitales de segundo y tercer nivel son aquellos donde se realizan actividades de especialidades básicas y cirugía general y los de primer nivel son los que prestan los servicios básicos. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

Organización de los servicios de salud.-

Nivel de atención

El nivel de atención de los servicios de salud involucra una infraestructura donde los recursos son acordes a los niveles de complejidad de dichos servicios. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

De acuerdo a estas consideraciones se asignaron los siguientes valores:

NIVEL DE ATENCIÓN	PUNTAJE
Poblaciones que no cuentan con unidades de salud	0
Poblaciones que cuentan con al menos un puesto asistencial, que no tiene recursos e infraestructura mínima de servicios de salud como médicos. Enfermeras, camas y ambulancias.	1
Poblaciones que cuentan con servicios de salud de primer nivel, con al menos un programa de vigilancia epidemiológica y que no contemplan planes de emergencia	2
Poblaciones que cuenten con hospitales de segundo y tercer nivel de atención, sistemas estructurales de vigilancia epidemiológica, para situaciones normales y de desastre y que cuentan con planes de emergencia hospitalarios internos y externos.	3

#### Números de unidades de salud

Aquellas comunidades que no cuentan con un número suficiente de unidades de salud que comprenden los niveles más complejos de atención (como las catalogadas de segundo y tercer nivel). Tendrán menos posibilidades de atender a la población de una manera más oportuna y eficiente en caso de presentarse un desastre. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

NUMERO DE UNIDADES DE SALUD	PUNTAJE
Poblaciones sin unidades de salud	0
Poblaciones con al menos un puesto asistencial	1
Poblaciones con unidades de salud de primer nivel	2
Población con unidades de salud de segundo y tercer nivel.	3

### Numero de camas

Es necesario que las poblaciones dispongan de un número de camas proporcional a un número determinado de habitantes, que permita estar preparado para casos de emergencia. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

NUMERO DE CAMAS	PUNTAJE
Poblaciones con 1 cama/1000 habitantes o más	0
Poblaciones con 1 cama/750-999 habitantes	1
Poblaciones con 1 cama/749 habitantes o menos.	2

### Recursos humanos – médicos

Durante la ocurrencia de un desastre, el número de médicos disponibles para atender a la población afectada es decisivo, pues la pronta atención implica una reducción en el número de víctimas. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

NUMERO DE AMBULANCIAS	PUNTAJE
Poblaciones sin ambulancias	0
Poblaciones con al menos 1 para > 40,000 hab.	1
Poblaciones con 1 ambulancia por cada 39,999 hab. o menos	2

### Recursos humanos-enfermeras

La cantidad y disponibilidad de este recurso humano es decisivo para una adecuada y oportuna atención a la población afectada. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

NUMERO DE ENFERMERAS / HABITANTES	PUNTAJE
Poblaciones con 1 enfermera/4000 o más habitantes	0
Poblaciones con 1 enfermera/3999 – 2000 habitantes	1
Poblaciones con 1 enfermera/ < 2000 habitantes	2

### Planes de emergencia hospitalarios

En caso de ocurrencia de desastres de grandes magnitudes, donde se rebase la capacidad de respuesta del Estado, se activa el plan de emergencia denominado DN-III, en el cual se integran las instituciones del sector salud. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

PLANES DE EMERGENCIAS HOSPITALARIOS	PUNTAJE
Instituciones sin planes de emergencia	0
Instituciones con al menos un plan de emergencia externo o interno	1
Instituciones con planes de emergencia externo e interno que realizan simulacros periódicos.	2

### Sistema de vigilancia epidemiológica

La implementación de estos sistemas son un apoyo importante que nos permite establecer un diagnostico de los factores que pueden propiciar la aparición de ciertas enfermedades, tanto en condiciones normales como en situaciones de desastre. (U d G, 1994<sup>14</sup>)

SISTEMA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA	PUNTAJE
Poblaciones sin un sistema de vigilancia epidemiológica	0
Poblaciones que cuenten con un sistema de vigilancia epidemiológica	1
Poblaciones con un sistema estructurado de vigilancia epidemiológica para situaciones normales, de emergencia y desastre.	2

### VII.5.2.3.- Riesgo

Finalmente para valuar los riesgos a la población se sintetiza mediante la formula:

$$R = AV$$

En donde el nivel de valoración es de:

MUY BAJO	< 5
BAJO	5.1 - 10
MEDIO	10.1 - 15
ALTO	15.1 - 20
MUY ALTO	> 20

(U d G, 1994<sup>14</sup>)

## VII.6.- IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LOS IMPACTOS Y RIESGOS ENCONTRADOS.

En esta etapa se ponen en marcha las medidas de mitigación a los impactos y riesgos encontrados, por medio de la realización de un cronograma de implementación de dichas acciones.

Como medidas de mitigación se encuentran las del control de la contaminación (equipos), las medidas de manejo y el monitoreo las cuales están enfocadas a: (RREA, 2000<sup>21</sup>)

- ⇒ Evitar el impacto,
- ⇒ Reducir o eliminar el impacto, y
- ⇒ Rectificar el impacto al rehabilitar o restaurar el ambiente afectado.

Una vez identificadas, se procede a analizar su factibilidad técnica y económica para seleccionar aquéllas que el proyecto pueda afrontar.

## VII.7.- ELABORACIÓN, APLICACIÓN Y SEGUIMIENTO DE UN PROGRAMA EPIDEMIOLÓGICO Y SALUD LABORAL

El plan de trabajo es un elemento para el servicio médico ya que establece las directrices de las acciones a seguir para alcanzar los objetivos propuestos. Con el fin de



satisfacer las necesidades específicas de cada proyecto, se elaboro una guía que servirá de base para que el trabajo del medico pueda ser monitoreado y evaluado de acuerdo a los beneficios que proporcione su labor.

#### *VII.7.1.- Guía medica.-*

##### *VII.7.1.1.- Objetivos*

Los objetivos generales que debe contener la guía medica son:

- ⇒ Reducción de los casos de arrastre pasados a cero
- ⇒ Tener un mínimo de días de incapacidades reales al año
- ⇒ Reducir el promedio de días de incapacidad por accidente
- ⇒ Implantar exámenes médicos de admisión y exámenes periódicos
- ⇒ Implantar una campaña permanente de fomento a la salud
- ⇒ Implantar un programa exhaustivo de seguridad preventiva
- ⇒ Prevenir enfermedades y accidentes de trabajo.

(RREA, 2001<sup>15</sup>)

##### *VII.7.1.2.- Estrategias*

Las estrategias son líneas, generales de acción que describen como van a alcanzar los objetivos. De aquí deberán definir su programa de trabajo. Las estrategias propuestas son las siguientes:

- 1.-Revisión de todos los casos pendientes de alta por el IMSS
- 2.-Diagnostico general de la empresa y de los empleados
- 3.-Elaborar los procedimientos, formatos e instructivos de llenado que se requieran, tanto para acciones preventivas como correctivas.
- 4.-Impartir cursos de seguridad para todo el personal

5.-Sistematizar la aplicación de exámenes médicos de admisión y periódicos

6.-Establecer las acciones de seguridad preventiva en forma sistemática

(RREA, 2001<sup>15</sup>)

Revisión de todos los casos pendientes de alta por el IMSS

- ⇒ Tener el reporte de accidentes enviados al IMSS de acuerdo al formulario para autodeterminación del grado de riesgo.
- ⇒ Verificar que se encuentran documentados todos los casos enviados al IMSS
- ⇒ Comprobar información con nominas
- ⇒ Determinar el número de éasos de arrastre por registro patronal
- ⇒ Determinar la prima de registro patronal para el año que corresponda
- ⇒ Elaborar el pronostico de prima para cada registro patronal para el año que continúe al presente.

(RREA, 2001<sup>15</sup>)

Elaborar los procedimientos, formatos e instructivos de llenado que se requieran, tanto para acciones preventivas como correctivas.

- ⇒ Procedimiento para investigación y reporte de accidentes
- ⇒ Procedimiento para el pase médico interno y externo
- ⇒ Reporte mensual de accidentes (con fines estadísticos mas preciso)
- ⇒ Manual para el uso de equipo de protección personal
- ⇒ Procedimiento para realizar inspecciones periódicas
- ⇒ Formatos para exámenes médicos de admisión y periódicos.

(RREA, 2001<sup>15</sup>)

### Impartición de cursos de seguridad para todo el personal

El médico dará curso de inducción al personal, integrando cuantos grupos sean necesarios.

### Sistematizar la aplicación de exámenes médicos y periódicos

- ⇒ Realizar sistemáticamente exámenes médicos de admisión
- ⇒ Establecer convenios con el IMSS para aplicar exámenes periódicos al personal con riesgos laborales
- ⇒ Realizar aleatoriamente exámenes médicos al resto del personal una vez al año.

(RREA, 2001<sup>15</sup>)

### Establecer las acciones de seguridad preventiva en forma sistemática

- ⇒ Implantar las inspecciones periódicas
- ⇒ Integración del comité de seguridad y la comisión mixta de seguridad
- ⇒ Campaña permanente de fomento a la salud
- ⇒ Aplicar el procedimiento para uso del equipo de protección personal
- ⇒ Establecer un esquema de acción para corregir condiciones inseguras

(RREA, 2001<sup>15</sup>)

#### *VII.7.1.3.- Examen medico.-*

A continuación se presenta un formato de examen medico general, por lo que es necesario recalcar que los formatos a utilizar son a criterio de los médicos que participe, ya que estos se pueden mejorar y extender según las necesidades específicas de cada proyecto.

Tabla VII.7.1.- Examen medico

Nombre					Fecha
Edad	Fecha y lugar de nacimiento				
Estatura mts	Peso kg	Grupo sanguineo	Sexo	Escolaridad	Señas particulares
Domicilio:					
Calle		Numero	Colonia	Ciudad	
Teléfono					
Inmunizaciones					
Completas		Incompletas		Ultima de tétanos	
Fuma (SI) (NO)	Bebe (SI) (NO)		Diario	c/semana	
Has utilizado alguna droga (SI) (NO)			Cual		
Utilizas anteojos (SI) (NO)			Motivo		
Problemas en los oídos (SI) (NO)			Cual		
Comezón frecuente en la piel (SI) (NO)			En que partes		
Descamación (SI) (NO)			En que partes		
Moretes o manchas (SI) (NO)			En que partes		
Uñas quebradizas (SI) (NO)			Con cambios de color (SI) (NO)		
Ha tenido hongos en alguna parte de su cuerpo (SI) (NO)			En que lugar		
Calambre (SI) (NO)		Altralgias (SI) (NO)		Edema en pies o manos (SI) (NO)	
Diseña (SI) (NO)		Sud. Nocturna (SI) (NO)		Antecedentes pulmonares (SI) (NO)	
Fiebre frecuente (SI) (NO)		Disfagia (SI) (NO)		Fam. Con tos de + de 15 días (SI) (NO)	
Nauseas (SI) (NO)		Eructos (SI) (NO)		Gases frecuentes (SI) (NO)	

Hemorroides (SI) (NO)	Diarrea, pujo o tenesmo en el ultimo mes (SI) (NO)	Ultima fecha de desparasitación
Expulsión de parásitos (SI) (NO)	Comezón anal frecuente (SI) (NO)	Dolor de estomago frecuente (SI) (NO)
Sufre de insomnio (SI) (NO)	Mal aliento (SI) (NO)	Falta de apetito (SI) (NO)
Es corajudo (a) (SI) (NO)	Hematopegalis (SI) (NO)	Esplenomegalia (SI) (NO)
Circuncisión (SI) (NO)	Reflejo cremasteriano (SI) (NO)	Ha tenido hernia (SI) (NO)
Enf. Venereas (SI) (NO)	V.D.R.L. (SI) (NO)	Campos pulmonares ventilados (SI) (NO)
Se para de puntas (SI) (NO)	Flexión (SI) (NO)	Extensión (SI) (NO)
Abducción (SI) (NO)	Malformaciones (SI) (NO)	Tiene alguna incapacidad física (SI) (NO)
Comentarios		

Nombre del medico: \_\_\_\_\_

Registro: \_\_\_\_\_

## VII.8.- DEFINICIÓN DE LA MAQUINARIA A UTILIZAR

La maquinaria o equipo mecánico se divide en tres grupos dependiendo de sus características y funciones a desarrollar dentro de las operaciones de saneamiento del sitio.

(SEDESOL, 2001<sup>11</sup>)

- ⇒ Equipos adaptados para el manejo de residuos sólidos.
- ⇒ Equipo diseñado expresamente para el manejo de residuos sólidos.
- ⇒ Equipos de apoyo.

### *VII.8.1.- Descripción de los Equipos Mecánicos.*

#### *VII.8.1.1.- Equipos adaptados para el manejo de residuos sólidos.*

Estos equipos son los utilizados comúnmente para el movimiento de tierras, pero adecuados para el manejo de los residuos sólidos. Las características de cada uno de ellos son: (SEDESOL, 2001<sup>11</sup>)

#### Traxcavo

Está formado por dos elementos, un tractor y un cucharón. El tractor es una máquina móvil, con un bastidor que soporta a un motor diesel y un asiento. Su desplazamiento lo realiza por medio de carriles (orugas). El cucharón es un recipiente de placas de acero tratado al calor y con refuerzos, el cual se une al tractor por medio de dispositivos llamados "brazos". Los movimientos del cucharón así como los de levantamiento, se realizan por medio de cilindros hidráulicos.

Las funciones que desarrolla el traxcavo son:

- ⇒ Excavar o abrir zanjas.
- ⇒ Acarreo de material suelto, a una distancia menor de 90 m.
- ⇒ Cargar o depositar el material sobre camiones de volteo.

Además puede esparcir, compactar y triturar los residuos sólidos y el material de cubierta, por lo que se le considera como el equipo de mayor utilidad en las operaciones de manejo de residuos sólidos.

Los accesorios mínimos del cargador de carriles o traxcavo, son:

Desgarrador.

Contrapesos.

Cinturón de seguridad.

Ventilador reversible.

Cabina de mandos.

Juego de herramientas.

Protección para volcaduras.

Los accesorios complementarios son:

Rastrillo para desmontar.

Rastrillo para abrazadera.

Sistema de luces.

Protector para la caja del radiador.

Bulldozer

Este equipo está formado por un tractor y una hoja topadora. La hoja topadora se encuentra fabricada por varias placas de acero, las cuales forman una hoja de secciones variadas, excepcionalmente fuerte. Esta hoja topadora está apoyada generalmente en los bastidores de los rodillos de los carriles, ya que son los que resisten las fuerzas de empuje y de torsión.

Existen diferentes tipos de hojas; tales como: recta, curva en "U", "Balderson", entre otras más.

Al acoplamiento de la hoja topadora con el tractor se le conoce como tractor de orugas o carriles, o también comúnmente conocido como Bulldozer.

Las funciones que desarrolla el Bulldozer son:

Despalme y nivelación del terreno.	Excavaciones y movimiento de tierras.
Empuje y compactación de residuos sólidos.	Construcción de caminos de acceso.
Empuje, esparcido y compactación del material de cubierta	

Los accesorios mínimos Bulldozer para las operaciones de saneamiento son:

Desgarrador.	Asiento con suspensión.
Cinturón de seguridad.	Protector en caso de vuelco.
Ventilador reversible.	Juego de herramientas.
Cilindro de inclinación de la hoja.	

Los accesorios complementarios son:

Sistema de luces.	Protector de la guía de carriles.
Gancho delantero para remolque.	Protector del núcleo del radiador.
Protector del cárter.	

#### *VII.8.1.2.- Equipo diseñado expresamente para el manejo de residuos sólidos.*

Dentro de los equipos fabricados exclusivamente para el manejo de los residuos sólidos, se encuentra el "compactador especial". (SEDESOL, 2001<sup>11</sup>)

Compactador especial.

Este equipo está formado por una hoja topadora especial para residuos sólidos y el tractor con un sistema de tracción a base de rodillos dentados. La característica principal de este compactador se encuentra en el sistema de rodillos o cilindros dentados, ya que lo hace más resistente a la abrasión, además de tener la particularidad de desmenuzar los residuos sólidos al mismo tiempo que los va compactando. Estas características repercuten en la reducción de vacíos, permitiendo la compactación de un mayor volumen de residuos dentro



de una área definida; de esta forma se aumenta la capacidad volumétrica y la vida útil del sitio, y se reducen los costos por tonelada del material de cubierta. Las funciones que desarrolla el compactador especial son:

Empuje, compactación y trituración de los residuos sólidos.

Empuje, esparcido y compactación del material de cubierta.

Los accesorios básicos con los que debe contar el compactador especial son:

Cabina de control protegida.	Sistema de limpiadores.	Cinturón de seguridad.
Asiento para el controlador.	Sistema de luces.	Juego de herramientas.

Accesorios complementarios:

Indicadores de temperatura y presión de aceite.	Aire acondicionado.
Sistema de alarma.	Extintor.

#### *VII.8.1.3.- Equipos de Apoyo.*

Durante las operaciones de clausura del sitio, es necesario realizar algunas actividades u obras complementarias, que son indispensables para lograr la correcta disposición de los residuos y consecuentemente el saneamiento del lugar. Por tal motivo, es necesario seleccionar el equipo mecánico que apoye a los demás equipos en la realización de operaciones tales como: excavaciones profundas, acarreo de materiales, nivelación y compactación de superficies, carga de material producto de las excavaciones a los camiones, etc. Los tipos y características de los equipos de apoyo más utilizados, son: (SEDESOL, 2001<sup>11</sup>)

Retroexcavadora.

La retroexcavadora o también llamada zanjadora, es un equipo para excavaciones profundas, útil por su facilidad de adaptación a condiciones difíciles de cualquier terreno. Puede encontrarse de dos tipos:

⇒ Montada sobre orugas.

⇒ Montada sobre neumáticos.

Las retroexcavadoras se destacan tanto por la rapidez de intercambio de sus múltiples cucharones, como por el fácil desplazamiento de la máquina. Se mencionan a continuación los tipos más comunes de cucharones utilizados para diferentes condiciones de trabajo.

Cucharón de almeja.

Es usado en excavaciones angostas y muy profundas, existiendo diversos anchos hasta para lograr una excavación de 1.70 m de ancho por 4.50 m de profundidad.

Cucharón de limpieza.

Se usa para recoger material suelto; su capacidad varía desde 0.25 a 0.55 m<sup>3</sup>.

Cucharón retro.

Es utilizado para excavaciones con profundidades de hasta 5.50 m y con una altura de volteo de 6.0 m; su capacidad varía de 0.43 a 0.85 m<sup>3</sup>.

Cucharón frontal.

Este cucharón sirve para cargar rápida y eficientemente el material producto de las excavaciones a los camiones. Su capacidad varía de 0.43 a 0.85 m<sup>3</sup>.

Todos los tipos de cucharón mencionados, están contruidos a base de chapas laterales de acero reforzado y la cuchilla, con portadientes de acero moldeado. Los dientes con que van implementados estos cucharones son removibles y por su gran variedad de forma y tamaño, pueden adaptarse a todo tipo de terreno.

Traillas.

Son equipos muy prácticos para el acarreo y transporte de material a gran velocidad dentro del sitio. También se emplean para efectuar las operaciones de excavación de

material y de cobertura, ya que pueden tender el material de cubierta sobre los residuos sólidos y dejarlo en capas uniformes. Este equipo requiere de un tractor para su tracción y poder realizar así su autocarga.

Motoconformadoras.

Este equipo es usado para nivelar y alzar terrenos, para abrir zanjas pequeñas, construir taludes y para empujes laterales. La motoconformadora está compuesta por las siguientes partes:

Bastidor.- Se encuentra apoyado sobre muelles independientes, teniendo la función de recibir el peso del motor y a la vez fijar los neumáticos a la máquina.

Motor.- Utiliza combustible diesel, variando su potencia desde 100 HP hasta 225 HP en el volante.

Cabina.- Es donde se encuentra ubicado el control de mandos.

Cuchilla.- Fabricada de acero, va montada sobre un plato que permite que se realicen giros de  $200^{\circ}$  aproximadamente en el sentido horizontal y de  $20^{\circ}$  en el vertical.

Rastra.- Se usa para escarificar el terreno. Esta compuesta de 8 a 10 dientes de acero, unidos por un soporte el cual puede bajar o subir a voluntad del operador, lo cual permite aflojar la capa superficial del terreno y, posteriormente, con la cuchilla levantar y acamellonarla.

Compactadores cilíndricos.- Los compactadores cilíndricos o de rodillos se utilizan para la compactación del material utilizado para la cubierta final de los residuos sólidos, así como para algunas otras actividades de compactación dentro de las operaciones de clausura y saneamiento del sitio. Existen varios tipos de compactadores cilíndricos o de rodillos,

pero se pueden clasificar, en forma general, en dos que son: Estáticos y Vibratorios, los que se describen a continuación.

**Compactadores estáticos.** - Los compactadores estáticos están formados por uno, dos o tres rodillos metálicos soportados en un bastidor. Son usados generalmente para dar la compactación final comúnmente llamada planchado; ya que por la textura misma del rodillo deja una superficie lisa.

A continuación se mencionan algunos compactadores estáticos:

- ⇒ Rodillos tándem estáticos (8,640 - 11,113 kg).
- ⇒ Rodillos con neumáticos de goma (8,160 - 12,160 kg).
- ⇒ Rodillos de doble efecto (1,815 - 7,565 kg).

**Compactadores vibratorios.** Estos compactadores se caracterizan por la vibración del rodillo de compactación, el cual produce impactos sobre el terreno que pueden variar de 10 a 20 ton dependiendo de su tamaño y potencia. Comparando con los compactadores estáticos, los rodillos vibratorios logran una mejor compactación en capas de mayor espesor. Dentro de los compactadores vibratorios existen varios tipos y tamaños, dependiendo de la marca de fabricación. Entre los más usuales se tienen:

Rodillos vibratorios de un eje autopropulsados de tambor liso (4,525 - 17,415 kg).	Rodillo vibratorio manual de un eje (461 kg).
Rodillos vibratorios de un eje autopropulsados "pata de cabra" (5,040 - 17,800 kg).	Rodillo vibratorio manual doble (840 - 1,005 kg).
Rodillos vibratorios remolcables de tambor liso (5,840 - 16,000 kg).	Rodillos vibratorios tándem (1,377-10,005 kg).
Rodillos vibratorios remolcables "pata de cabra" (6,740 - 16,350 kg).	

### VII.8.2.- Selección del equipo mecánico.

Como se mencionó anteriormente, la selección del equipo a utilizar para el saneamiento de los tiraderos a cielo abierto, dependerá del tipo y cantidad de basura a mover por jornada, del tipo de superficie sobre la cual se va a trabajar, del método de operación a emplear y del tipo de material de cobertura a utilizar, en cada caso en particular.

Adicionalmente, es fundamental considerar la disponibilidad del equipo, su costo, la facilidad de conseguir repuestos y refacciones así como el servicio de atención mecánica para su reparación y mantenimiento.

Para una mayor claridad en cuanto a la determinación y selección del equipo mecánico, se muestran a continuación las tablas, que indican las funciones y usos de cada tipo de máquina y, las características de potencia necesaria con base en la cantidad de residuos por mover, respectivamente.

Tabla VII.8.1.-Tipos, funciones y usos de equipos mas empleados en rellenos sanitarios.

TIPO DE EQUIPOS	BASURAS		MATERIAL DE COBERTURA			
	EMPUJE	COMPACTACIÓN	EXCAVACIÓN	COLOCACIÓN	COMPACTACIÓN	TRANSPORTE
TRACTOR DE ORUGAS	E	B	E	E	B	NA
TRAXCAVO DE ORUGAS	B	B	E	B	B	L
COMPACTADOR ESPECIAL	E	E	L	B	E	NA
RETROEXCAVADORA ORUGAS	NA	NA	E	L	NA	NA
TRACTOR DE NEUMATICOS	E	B	L	B	B	NA
TRAILLAS	NA	NA	B	E	NA	E
TRAXCAVO DE NEUMATI-COS	B	B	L	B	B	L

Nomenclatura: E= excelente; B= bueno; L= limitado; NA= no aplicable.

(SEDESOL, 2001<sup>11</sup>)

Tabla VII.8.2.- Selección de equipo en función de cantidad de residuos a mover.

RESIDUOS SÓLIDOS A MANEJAR  (TON/8 Hr)	TRAXCAVO		BULLDOZER		TRAXCAVO SOBRE NEUMATICOS	
	POTENCIA (H.P.)	PESO (lb)	POTENCIA (H.P.)	PESO (lb)	POTENCIA (H.P.)	PESO (lb)
	0-20	< 70	< 20,000	< 80	<15,000	< 100
20-50	70 a 100	20,000 a 25,000	80 a 110	15,000 a 20,000	100 a 120	20,000 a 22,500
50-130	100 a 130	25,000 a 32,500	110 a 130	20,000 a 25,000	120 a 150	22,500 a 27,500
130-250	150 a 190	32,500 a 45,000	150 a 180	30,000 a 35,000	150 a 190	27,500 a 35,000

(SEDESOL, 2001<sup>11</sup>)

## VII.9.- OBTENCIÓN DE PERMISOS DE LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES

En esta sección de la metodología es necesario realizar la tramitación de permisos y autorizaciones por parte de las autoridades correspondientes, es decir, por la naturaleza del proyecto se solicitan los permisos a ecología del estado, o a ecología de los municipios, o si se trata de un área federal o los análisis CRETIB nos indican que los productos a trabajar son residuos peligrosos corresponde la tramitación a la Federación.

Posterior a la definición de las autoridades correspondientes para autorizar el proyecto, es necesario entregar a las dependencias los siguientes estudios para la obtención de los permisos:

- ⇒ Generalidades del lugar a sanear.- En donde deberá incluir la ubicación del sitio, antecedentes, problemática ambiental generada por la presencia de los residuos.
- ⇒ Estudio de la cuantificación y caracterización de los residuos, incluyendo los resultados de los análisis CRETIB.
- ⇒ El análisis del posible reciclamiento de los residuos y los clientes potenciales

- ⇒ Estudio de impacto ambiental.- La dependencia seleccionara la modalidad del mismo, así como la documentación requerida para el mismo.
- ⇒ Estudio de riesgos ambientales.
- ⇒ El proyecto del plan epidemiológico y salud laboral

#### VII.10.- DEFINICIÓN DEL SITIO DONDE DEPOSITAR LOS RESIDUOS NO RECICLABLES O NO COMERCIALIZABLES.

La definición del sitio en donde se realizara la confinación final de los residuos sólidos no útiles en el saneamiento de la zona en estudio, deberá realizarse conforme a las características individuales de cada proyecto, es decir, según sean las características de los residuos conforme se explico en los capítulos VII.1 y VII.2. respectivamente

Asimismo dependiendo de las características de los residuos existen las diversas alternativas, de las cuales los consultores ambientales deberán de elegir las mas convenientes para el proyecto. (RREA, 2001<sup>15</sup>)

- ⇒ Transportar los residuos tratados o no tratados a el relleno sanitario municipal mas cercano a la localidad.
- ⇒ Transportar los residuos tratados o no tratados a el relleno privado mas cercano a la localidad
- ⇒ Crear un relleno sanitario propio en donde se cumplan las siguientes normas:
  - NOM-083-ECOL-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los R.S.M.
  - NOM-084-ECOL-1998, que establece los requisitos para el diseño, construcción operación y monitoreo de un R.S. Ver imagen VII.10.1 en

donde se muestra un bosquejo de un típico relleno sanitario por el método Mixto de trinchera y pirámide.

⇒ Trasladar los residuos a una industria incineradora de residuos.

⇒ Trasladar los residuos a una planta en donde se realicen procesos pirolíticos

## VII.11.- EXTRACCIÓN DE LOS RESIDUOS DE SU CONFINAMIENTO, SEPARARLOS, EMPACARLOS, TRITURARLOS O CRIBARLOS.

En este apartado de la metodología se presenta algunas opciones para lograr la reducción del volumen y facilitar el manejo de los residuos.

### *VII.11.1.- Separación.-*

La separación se emplea para clasificar los desechos de acuerdo con los materiales presentes, existe una gran variedad de técnicas las cuales se pueden utilizar en forma individual o combinadas con las técnicas de empaque, de trituración o de cribación.

Las principales técnicas de separación son:

Técnica	Material separado
Separación manual	Papel, metales ferrosos y no ferrosos y madera
Separación con aire	Material combustible
Separación inercial	Material combustible
Flotación	Vidrio
Separación óptica	Vidrio
Separación electrostática	Vidrio
Separación magnética	Material ferroso



(Jiménez, 2001<sup>13</sup>)

#### *VII.11.2.- Empaque.-*

Desde hace mucho tiempo el empaqueo es la forma más simple y barata de manejo y transporte de sólidos en agricultura, ahora bien, el empaqueo se utiliza con frecuencia para materiales homogéneos, de los que se conoce su composición potencial, sin embargo la basura es heterogénea y varía de acuerdo al tiempo y lugar. El empaqueo reduce en forma importante los problemas de insectos, roedores, fuego y olores.

El tiempo para prensar cada paca fluctúa entre 90 y 120 segundos, se usan empacadoras similares que se utilizan para prensar chatarra, con 3,000 psi de presión de trabajo. Este método también puede utilizarse individual o combinado con las técnicas mencionadas.

Si los residuos se trituran y después se empaqa, se logra un aumento en la densidad de las pacas del 5 al 10%. Pero si el contenido de agua es alto, la descompresión después del prensado será mayor.

#### *VII.11.3.- Trituración.-*

Aquí se separan los subproductos y se trituran los residuos sólidos sobrantes, remitiéndolos al sitio de disposición final compactados adecuadamente. Este método reduce considerablemente el volumen de los residuos que se van a enterrar en los rellenos sanitarios, además ahorra costos y tiempo. El tamaño del material es de 1 a 6 pulgadas aproximadamente. Este método también puede utilizarse individual o combinado con las técnicas mencionadas.

Ahora bien, es diverso el comportamiento de los plásticos con respecto a la molienda de los desechos. Los molinos de martillo rompen, sin problemas piezas de

poliestireno y otros plásticos duros, pero los plásticos blandos como el PVC o el polietileno de baja densidad, frecuentemente se enredan en las piezas del molino y lo atascan.

#### *VII.11.4.- Cribación.-*

Este método puede ser utilizado individualmente o combinado con las técnicas mencionadas. La maquinaria consiste principalmente, en una criba vibratoria con diversos grosores de malla, lo que hace que se separen los residuos por tamaño debido a la granulometría de la malla, la cual es conectada a una serie de bandas que conducen los residuos ya separados a un extremo específico de la zona de trabajo.

#### *VII.11.5.- Fases de trabajo.-*

En esta fase se especifican los movimientos a seguir por medio de los siguientes pasos: (RREA, 2001<sup>15</sup>)

1. Habilitación de zonas de acceso al predio
2. Despalme de material vegetal para facilitar la circulación de maquinaria por el lugar.
3. Señalización de las áreas de circulación de la maquinaria, por medio de estacas blancas, cal, colorantes o algún otro medio visual.
4. Instalación de caseta de vigilancia en los accesos al predio, para evitar el ingreso de personal no autorizado
5. Capacitación del equipo a utilizar y las rutas de los circuitos internos y externos que deberán seguir el personal a laborar en el proyecto
6. Instalación de vestidores y área de regaderas 1 por cada 5 trabajadores.
7. Instalación de letrinas 1 por cada 15 trabajadores
8. Instalación de los comedores lejos del área de trabajo y de la basura
9. Instalación del equipo de trituración, separación, y/o cribación.

10. Entrega del equipo de seguridad para los trabajadores, el cual debe de constar de uniformes, casco, guantes, mascarillas, botas, goggles, entre otros.
11. Primeras pruebas del equipo instalado
12. Implementación-Aplicación –Seguimiento del programa epidemiológico y salud laboral (capitulo VII.7)
13. Señalización de las áreas de almacenamiento de los diferentes productos a extraer posterior al separamiento, empaquetamiento, trituración o cribación. (área de almacenamiento de plásticos, llantas, vidrio, composta-suelo, material de rechazo, material grande como baterías, metales, etc.)
14. Selección de desinfectantes según caracterización de los residuos (capitulo VII.2)
15. Extraer los residuos de su confinamiento
16. Transportar los residuos a las áreas de separación, trituración o cribación
17. Después del proceso de separación, trituración o cribación se procede a depositar estos en las áreas seleccionadas para su almacenamiento
18. De acuerdo a la caracterización de los residuos, desinfectar los mismos por los procedimientos seleccionados.

#### VII.12.- SANEAMIENTO DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS ÚTILES E INÚTILES .

En esta sección se procede a la desinfección bacteriológica de los productos obtenidos según los resultados de la caracterización de los residuos el cual se vio en el capitulo VII.2. Si los resultados de la caracterización de la basura nos indican que los residuos son peligrosos entonces el tipo de tratamiento mas adecuado es la incineración, la pirolisis, entre otros. Ver figura I.3.

Existen numerosas sustancias y técnicas en el mercado que nos permiten realizar una adecuada desinfección bacteriológica de nuestros productos.

Una técnica económica bastante utilizada y con buenos resultados es cuando se expanden los residuos al ser extraídos de su confinamiento, en capas no mayores de medio metro y se exponen unos días a los rayos directos del sol, esta técnica sirve además para secar la basura ya que si esta se encuentra humedecida dificulta su manejo al momento de separarla, empacarla, triturarla o cribarla, sea el método que se seleccione para el proyecto en particular. (RREA,2001<sup>15</sup>)

Otras técnicas utilizadas es el uso de sustancias desinfectantes, de las cuales existe una gran variedad en el mercado, dichas sustancias adelantan su efecto bactericida en tiempos a comparación de la aireación y secado al sol, ya que según el producto los resultados suelen ser inmediatos. Una desventaja del uso de estas sustancias son los elevados costos económicos. (RREA,2001<sup>15</sup>)

Para la implementación de estas sustancias bactericidas se recomienda que se expanda los residuos en capas de 30 cm de alto, el largo puede ser el que se considere el mas adecuado dependiendo en gran parte del área que se tenga para maniobrar la maquinaria, el ancho no deberá de ser de mas de 2.5 metros, ya que un ancho mayor dificultaría la aspersión de la(s) sustancias por el método de riego por pipa. (RREA,2001<sup>15</sup>)

#### VII.13.- ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL ÚTIL

Posterior al proceso de tratamiento de los residuos definido en el capítulo VII.11 y VII.12, se procederá por medio de la maquinaria seleccionada a mover los residuos útiles a las áreas específicas de almacenamiento previamente delimitadas y señalizadas. Es muy importante que una vez que se halla tratado a los residuos estos no se revuelvan de nuevo.

Una vez almacenados y con un volumen considerable será mas practico realizar el movimiento de maquinaria para transportar los materiales útiles al destino final proyectado para tal fin o en su caso para que el comprador de los mismos tenga facilidad de adquirir los productos. (RREA,2001<sup>15</sup>)

#### VII.14.- COMERCIALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS RECICLABLES RECUPERADOS

Una vez almacenados los elementos útiles, se llamara a los clientes potenciales que compraran los productos, en donde se deberá explicar las condiciones actuales de cada elemento, así como las condiciones actuales de cada producto y si se les dio un tratamiento especial de saneamiento con algún bactericida deberá señalizarse a las compañías recicladoras el procedimiento utilizado y probablemente las sustancias utilizadas en los productos. Asimismo las compañías mandaran expertos para analizar la composición de los elementos y posiblemente se llevaran muestras para analizarlos en sus laboratorios para verificar que cumplan con las características especificas que necesitan para cada producto a reciclar.

#### VII.15.- TRANSPORTE DE LOS ELEMENTOS NO ÚTILES A RELLENOS SANITARIOS

Cuando se compruebe que los elementos tratados no tienen un valor comercial útil o no es posible reciclarlos o en su caso que no exista cerca de la localidad alguna compañía recicladora y por lo tanto no sea costeable el traslado, se deberá transportar los elementos inútiles a los sitios específicos seleccionados para su confinamiento final, la selección de los sitios se tienen contemplado en el capítulo VII.10.

## VII.16.- DEFINICIÓN DE LOS ESTUDIOS DE SUELO, AGUA Y GASES NECESARIOS A REALIZAR PARA CERTIFICAR EL SANEAMIENTO EN EL PREDIO.

Al realizar un diagnóstico ambiental de la situación actual del sitio en estudio, se está en posibilidades de establecer las medidas de control y mitigación de los efectos al ambiente y a la salud de la población. Asimismo, este diagnóstico sirve de base para el reporte final que se entregara a las autoridades correspondientes.

Estas obras se conocen también como Obras de Control Ambiental y son aquellas que forman parte del saneamiento de un sitio de disposición final de residuos sólidos, y tienen la finalidad de controlar todos los posibles efectos al ambiente y a la salud de la población, provocados por los productos finales de la degradación de los residuos sólidos que se generan después de que estos han sido cubiertos, así como por la influencia de las condiciones ambientales. La comprensión de los procesos que se presentan durante dicha descomposición es de suma importancia para el diseño y la localización de estas obras.

Dentro de estas obras se tienen considerados los siguientes sistemas de control: (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Sistema de Control de Biogás.

Sistema de Control de Aguas Pluviales.

Sistema de Control de Lixiviados.

Sistema de Monitoreo Ambiental.

### VII.16.1.- Biogás.-

#### VII.16.1.1.- Sistema de Control de Biogás.

La presencia de biogás y la carencia o deficiencia del control del mismo en tiraderos a cielo abierto, es una fuente de problemas potenciales para el ambiente y la salud de la población. Las condiciones de mayor peligro se presentan cuando el metano, componente

básica del biogás, se llega a combinar con el aire de tal modo que alcanza concentraciones explosivas. Además, el bióxido de carbono en solución con el agua subterránea, puede producir condiciones ácidas que propician la disolución de los metales pesados en el agua subterránea. La presencia de otros compuestos en el biogás, pueden causar mal olor, daños a la vegetación o problemas por emisiones a la atmósfera. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Por las causas anteriores, se requiere del control efectivo y el manejo apropiado del biogás que se genere en los sitios clausurados y que están en proceso de saneamiento, para minimizar los riesgos potenciales y molestias a la población.

Con base en lo anterior, esta sección describe las condiciones de generación del biogás, sus características y problemas potenciales, así como la tecnología disponible para el control del mismo.

#### *VII.16.1.2.- Generación del Biogás.*

Las condiciones que prevalecen en los confinamientos a cielo abierto que han sido clausurados y saneados, constituyen un excelente ambiente para la producción del biogás; siendo su velocidad de generación dependiente del contenido orgánico, temperatura, humedad, contenido de oxígeno, tamaño de partícula, compactación y pH; factores que se describen en la siguiente tabla. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Por lo anterior, puede decirse que la generación de biogás se presentará con diferentes velocidades de producción, siendo la más desfavorable cuando se tiene un tiradero a cielo abierto, dado que existirá un alto contenido de oxígeno en algunas zonas de los estratos existentes.

### VII.16.1.-Factores que influyen en la producción de biogás

FACTOR	DESCRIPCIÓN
Materia Orgánica	El contenido de materia orgánica es directamente proporcional a la generación de biogás.
Tiempo	La velocidad de la descomposición dependerá del tiempo en que se hayan cubierto los residuos sólidos.
Temperatura	Las bacterias requeridas para la descomposición de los residuos sólidos son sensibles a la temperatura.
Humedad	El bajo o alto contenido de humedad disminuyen la velocidad de la descomposición.
Tamaño de Partícula	Las partículas más pequeñas tienen mayor área de contacto provocando una rápida descomposición de los residuos.
Compactación	La alta compactación influye en una baja descomposición de los residuos.
pH	El pH óptimo es de 7 y de 6 a 8 es el intervalo típico para la producción del metano.

(SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Después de la cubierta de los residuos sólidos, la composición del biogás 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: anaeróbica, anaeróbica no metanogénica, anaeróbica metanogénica inestable y anaeróbica metanogénica estable. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

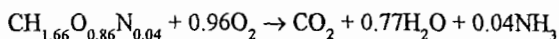
En la primera fase, los residuos sólidos están compactados y cubiertos, teniéndose un medio muy poroso. Por lo tanto, los huecos existentes están llenos de aire; lo que implica que se tiene aproximadamente un 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de



trazas de otros gases. La fase inicial de la descomposición microbiana de los residuos, toma lugar en una atmósfera rica en oxígeno, por lo que solamente existe la actividad de microorganismos aeróbicos y facultativos. Bajo estas condiciones, los residuos sólidos son oxidados a bióxido de carbono, amoníaco y agua, con liberación de energía (calor), como se muestra a continuación. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

MATERIA ORGÁNICA + OXIGENO → METANO + AGUA + AMONIACO + E

Para una composición típica de residuos sólidos la reacción tendrá la siguiente estequiometría:



Por lo que respecta a la generación de calor, éste se pone de manifiesto por la elevación de la temperatura en el sitio de disposición final, alrededor de los 68°C.

Esta fase se caracteriza por las grandes cantidades de bióxido de carbono, alcanzando concentraciones del 90% en volumen.

El oxígeno es consumido durante el proceso de descomposición aeróbica; sin embargo, dependiendo de las condiciones de la cobertura final, se tiene una mayor entrada de aire (O<sub>2</sub>) hacia los estratos superiores de residuos sólidos en el interior del confinamiento. El proceso de digestión aeróbica cesará eventualmente y, la digestión anaeróbica iniciará. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

La transición de esta fase a la de digestión anaeróbica metanogénica inestable en un sitio clausurado es gradual, y puede tomar desde unos cuantos meses hasta un año, dependiendo de las condiciones ambientales y físicas del sitio; sin embargo, es relativamente rápida comparada con las diferentes fases anaeróbicas que se presentan posteriormente.

En la segunda fase (anaeróbica no metanogénica), prevalecen las condiciones anaeróbicas y el oxígeno ha sido consumido, produciéndose bióxido de carbono e hidrógeno únicamente.

La digestión anaeróbica es llevada a cabo por muchas clases de bacterias. Asimismo, la materia orgánica insoluble con altos pesos moleculares, es convertida en materiales muy simples y solubles en agua, por ejemplo:

Celulosa → Glucosa

Proteínas → Aminoácidos

Grasas → Glicerol y Ácidos Grasos

Se estima que esta fase puede darse en un período de cuatro meses.

La tercera fase (anaeróbica metanogénica inestable), se caracteriza por la presencia de metano y la disminución del bióxido de carbono, así como por el consumo del hidrógeno. Esta fase toma lugar simultáneamente con la segunda fase; la producción de metano comienza después de que todo el oxígeno ha sido removido. Las bacterias que forman metano son necesariamente anaeróbicas. El oxígeno en cualquier cantidad inhibe su actividad, sin embargo, dichas bacterias forman esporas y cuando se restablecen las condiciones anaeróbicas iniciales, recuperan nuevamente su actividad. (GOMCO, 1998<sup>23</sup>)

En ausencia del oxígeno, las bacterias que forman metano convierten a los ácidos orgánicos en 50% dióxido de carbono y 50% metano aproximadamente. También se presentan pequeñas cantidades de ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) y nitrógeno ( $N_2$ ). Las bacterias metanogénicas son también capaces de generar metano a partir de dióxido de carbono e hidrógeno, cuando ambos están presentes. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

MATERIA ORGÁNICA → METANO + DIÓXIDO DE CARBONO + ENERGÍA

DIÓXIDO + HIDROGENO → METANO CARBONO + DIÓXIDO DE CARBONO+ ENERGÍA

Muy poca energía es perdida durante el proceso de conversión de la materia orgánica a metano, permaneciendo el 90% de la energía en éste. Por lo tanto, se genera menos calor que cuando la descomposición aeróbica se completa.

En la cuarta fase (metanogénica anaeróbica en estado estable), las condiciones de producción y composición del biogás se acercan a un estado estable. Las concentraciones de gas metano se estabilizan en un rango de 50 a 60% en volumen y, el dióxido de carbono se encuentra entre 40 y 50% en volumen. También están presentes trazas de otros gases (por ejemplo, ácido sulfhídrico, algunos compuestos orgánicos volátiles, etc.), los cuales son las principales fuentes de olor en los sitios de disposición final.

El tiempo requerido para la estabilización del metano, varía de pocos meses a varios años, dependiendo de los factores que afectan la producción del mismo. El tiempo de la generación del biogás en los sitios de disposición final es muy difícil de calcular. Se han desarrollado modelos sofisticados basados en conceptos teóricos y pruebas de laboratorio que posiblemente pueden predecir la duración en la producción del biogás en un sitio de disposición final; pero esto dependerá de la representabilidad de la información utilizada con respecto a las condiciones reales. De acuerdo con observaciones en sitios antiguos, se sabe que la mayor parte del volumen de biogás se generará durante los primeros 10 a 15 años. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

#### *VII.16.1.3.- Características del Biogás.*

Los principales componentes del biogás 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.

Tabla VII.16.2.- Composición típica del biogás en un relleno Sanitario en función del tiempo

INTERVALO DE TIEMPO MESES	VOLUMEN (%)		
	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	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

(SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

Tabla VII.16.3.- Composición y características típicas de biogás de un relleno sanitario

COMPONENTE	% DEL COMPONENTE (volumen, base seca)
Metano	47.5
Bióxido de carbono	47.5
Nitrógeno	3.7
Oxígeno	0.8
Hidrocarburos Aromáticos y Cíclicos	0.2
Hidrógeno	0.1
Acido Sulfhídrico	0.01
Monóxido de Carbono	0.1
Compuestos Trazas	0.5
Temperatura (En la Fuente)	41
Capacidad Calorífica	300 - 550
Gravedad Específica	1.04
Contenido de Humedad	Saturado
Hidrocarburos Parafinicos	0.1

(SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

El metano presenta las siguientes propiedades: (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

Es incoloro, es más ligero que el aire, tiene baja solubilidad en el agua.

Es altamente explosivo en concentraciones entre 5% -15% por volumen en el aire.

Una chispa puede originar una explosión.

En un relleno sanitario puede alcanzar una concentración entre 45% y 65 % en volumen.

El dióxido de carbono, tiene las siguientes propiedades:

Es incoloro.

Es más pesado que el aire.

Es altamente soluble en agua (forma soluciones de ácidos débiles corrosivos).

No es flamable.

Es potencialmente peligroso (una concentración del 10% de CO<sub>2</sub> en una atmósfera pura de oxígeno puede causar, un envenenamiento involuntario).

La concentración en sitios de disposición final varía de 30 - 60 %

Por lo que respecta a los compuestos a nivel traza, éstos provienen de dos posibles fuentes: Los generados por el proceso de biodegradación natural que se presenta en los sitios de disposición final. En esta fuente tienen a los siguientes grupos: (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

⇒ Compuestos oxigenados.

⇒ Compuestos de azufre.

⇒ Hidrocarburos.

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.

Tabla VII.16.4.- Compuestos orgánicos identificados en el Biogás generado en rellenos sanitarios.

TIPO DE COMPUESTO	COMPUESTOS COMÚNMENTE IDENTIFICADOS
Compuestos Orgánicos Traza carcinogénicos	Benceno
	Tetracloruro de Carbono
	Cloroformo
	1,2- Dicloroetano
	Dibromuro de Etileno
	Cloruro de Metileno
	Tetracloruro de Etileno
	1,1,2-Tricloroetano
	Tricloroetano
	Cloruro de vinilo
Compuestos Orgánicos Traza No carcinogénicos	Bromometano
	Clorobenceno
	1,1-Diclorobenceno
	Etil Metil Cetona
	Tolueno
	Xileno

(SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

Los compuestos incluyen bióxido de azufre, benceno, tolueno, cloruro de metilo, percloroetileno y sulfuro de carbono en concentraciones arriba de 50 ppm.

#### VII.16.1.4.- Necesidad del Control.

El control del biogás deberá ser considerado en las situaciones siguientes:

Cuando existan viviendas y/o edificios (o planes para su construcción) en las áreas circundantes o cercanas al perímetro de la zona en estudio.

Cuando los residuos sólidos depositados tengan un alto contenido de materia orgánica (por ejemplo: residuos de mercados, residuos agroindustriales, residuos de alimentos, etc.).

Cuando en los planes de uso futuro del sitio se tenga considerado el acceso al público (por ejemplo: un parque recreativo, área habitacional, etc).

Cuando las emisiones de biogás pongan en peligro la salud de la población, debido a sus características fisicoquímicas ( por ejemplo: la presencia de cloruro de polivinilo).

Cuando el sitio produzca intensos olores desagradables para la población circundante.

Cuando la presión del biogás sea tal que se ocasione una fuerte migración lateral y/o se afecte a la vegetación que rodee al sitio. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

De las situaciones mencionadas, el problema de mayor trascendencia es la migración lateral del biogás, dado que este fenómeno puede ser el origen de las otras condiciones descritas.

Una vez que se lleva a cabo la cubierta de los residuos sólidos que se encuentran a cielo abierto, se acelera el proceso de estabilización de la materia orgánica contenida en éstos, produciéndose el biogás, el cual se moverá hacia las zonas que ofrezcan menor resistencia. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

#### *VII.16.1.5.- Migración del Biogás*

El problema fundamental que se puede originar cuando un tiradero a cielo abierto ha sido clausurado, es la migración descontrolada del biogás, (al entrar en proceso de degradación anaeróbica los residuos sólidos debido a la carencia de oxígeno), propiciada

por el desplazamiento del aire que existía dentro de los estratos de basura, ocasionado por el gas que se produce. Cuando existen asentamientos humanos cercanos a los sitios recién clausurados, es necesario establecer las medidas de evaluación y control inmediatamente.

#### *VII.16.1.6.- Mecanismos del movimiento del biogás.*

Los mecanismos del movimiento del biogás a través de los residuos sólidos y el suelo son extremadamente complicados. El biogás tiende a migrar del sitio de disposición final en la dirección que ofrezca menos resistencia. Ahora bien, el movimiento del biogás es gobernado por dos factores: El primero, es el fenómeno de convección, debido a los gradientes de presión y, el segundo, por la difusión, en donde el movimiento se da desde las áreas de alta concentración hacia las de menor concentración. Estos factores suelen presentarse simultáneamente en el sitio de disposición final; sin embargo, cuando el gas alcanza una presión por encima de 15 cm de columna de agua de presión, prevalece la convección y, en el caso contrario, predomina la difusión. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

Existe una infinidad de condiciones y características en los sitios actuales de disposición final, que motivan la migración del biogás, entre las cuales destacan:

#### Tamaño del poro del suelo en las áreas circundantes.

La porosidad del suelo que rodea a los sitios de disposición final, es determinante para que se de el movimiento a través de los estratos del suelo. El flujo de biogás será mayor en materiales con grandes espacios vacíos como los lentes de arena y o grava, mientras que en suelos poco permeables ( arcillas, aluviones, etc.) el flujo será más bajo.

#### Aguas subterráneas.

El metano es relativamente insoluble al agua, de modo tal que si el sitio de disposición final se encuentra inmerso en un cuerpo de agua, es difícil que se dé la migración de biogás, a menos que aumente la presión dentro del sitio.



### Características del biogás.

Dependiendo de las concentraciones de los gases, se determinarán las características de flujo por gradientes de concentración y de presión.

### Tipo de material de cubierta.

Dependiendo de los espesores y tipo de la cubierta final, se restringe la migración vertical del biogás y se incrementa la migración horizontal.

### Condiciones climatológicas.

Las condiciones climatológicas tienen un mayor impacto sobre el movimiento del biogás.

#### Precipitación.

Durante la temporada de lluvias, el agua que se infiltra en el sitio clausurado estimula la producción de biogás, y al mismo tiempo satura el material de cubierta reduciendo sus espacios vacíos; lo que ocasiona un fuerte incremento en la migración horizontal del biogás.

#### Presión barométrica.

La velocidad de migración del biogás se ve afectada por las condiciones climáticas: cuando la presión barométrica baja, el biogás tiende a salir por la cubierta superior y por las paredes del material nativo que puedan rodear al sitio de disposición final; cuando la presión barométrica se eleva, el biogás será retenido hasta que se establezca un nuevo balance.

#### Temperatura.

El incremento de la migración lateral del biogás se ha encontrado en épocas de alta temperatura; sin embargo, hasta el momento se desconocen los mecanismos que provocan dicho fenómeno.

### Conductos naturales y hechos por el hombre.

Además de la porosidad del suelo, existen alteraciones naturales en los suelos, tales como fracturas, fallas, oquedades y bancos de grava o arena, que son conductos muy favorables para que se presente la migración.

Por otra parte, existen otros conductos hechos por la mano del hombre que pueden promover migraciones y acumulaciones a gran distancia, incrementando el riesgo de explosiones más serias. Dentro de estos conductos, se tienen las alcantarillas, drenes para captación de lixiviados, líneas de diversos servicios (agua, gas natural, cableado subterráneo para electricidad y teléfonos), minas y túneles.

Ahora bien, la dirección del movimiento del biogás estará determinada por las características geohidrológicas y la preparación del sitio, así como por el método utilizado para la clausura y el saneamiento. Se puede decir que prácticamente la dirección y el alcance de la migración, estará sujeta a las condiciones del terreno circundante. Existen evidencias de que en terrenos con alta permeabilidad, la migración de biogás puede alcanzar distancias de 150 a 380 m fuera del sitio.

(SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

#### *VII.16.1.7.- Problemas asociados con la migración del biogás.*

Los principales problemas asociados con la migración del biogás pueden resumirse como sigue.

- ⇒ Desplazamiento del aire de los poros que se forman entre las partículas de suelo, dificultando el desarrollo de la vegetación circundante.
- ⇒ Incremento de la flamabilidad, principalmente dentro de espacios cerrados.

- ⇒ Acumulación de biogás en lugares cerrados (no necesariamente conteniendo alta concentración de metano), la cual puede causar asfixia.
- ⇒ Generación de olores y un posible riesgo a la salud humana, por la presencia de compuestos carcinogénicos.
- ⇒ La emisión del biogás a la atmósfera sin ningún control, contribuye al efecto de invernadero y a la generación de oxidantes fotoquímicos (contaminantes del aire).

(SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

#### *VII.16.1.8.-Identificación de la migración de biogás.*

En la revisión preliminar para determinar el potencial de migración de biogás en un sitio de disposición final, deben considerarse las características del sitio, el tipo de suelo y la geología. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

La información básica será la siguiente:

- ⇒ La profundidad y edad del sitio de disposición final.
- ⇒ Las características de los residuos sólidos.
- ⇒ La geología del estrato envolvente de los residuos sólidos.
- ⇒ El perfil del suelo (existencia de capas de alta y baja permeabilidad).
- ⇒ Las características y clasificación del suelo que colinda con el sitio de disposición final.

Por otra parte y tomando en consideración que cuando se cubran los residuos sólidos depositados a cielo abierto, empezará el proceso de generación de biogás y consecuentemente el incremento de la presión interna, existe la posibilidad de que se presente la migración del mismo dependiendo de las condiciones estructurales del sitio.

En ese caso, es recomendable efectuar pruebas para detección de la presencia de biogás en los estratos del suelo o preferentemente la construcción de sistemas de monitoreo en los límites del sitio de disposición final, que permita la identificación oportuna de la migración de biogás, así como la evaluación de los sistemas de control que se construyan para evitar dicho problema.

#### VII.16.1.9 Selección del Sistema de Control.

Para el control del biogás en los sitios clausurados, existen actualmente tres modalidades: el "no control", el "control pasivo" y el "control activo". (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

El "no control" del biogás, se justifica siempre y cuando se tengan las siguientes situaciones:

Que exista en el área perimetral una importante zona de amortiguamiento, que el biogás se difunda a través del material de cubierta, y no alcance concentraciones riesgosas en los límites de las poblaciones cercanas.

Cuando el sitio es relativamente pequeño y se encuentra fuera de zonas pobladas.

Cuando las emanaciones del sitio no ponen en riesgo la salud y la seguridad de la población circundante. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

El "no control" del biogás puede ser atractivo para pequeños municipios y zonas rurales en donde los recursos son limitados, siempre y cuando sus sitios reúnan las condiciones antes mencionadas.

Por el contrario, la construcción de los sistemas *pasivo* y *activo* tienen la finalidad de manejar y controlar adecuadamente el movimiento del biogás que se genera en cualquier sitio de disposición final, cuando éste ha llegado a su etapa final o bien, cuando el ambiente está siendo afectado por dicho gas. Un Sistema Pasivo funciona mediante el principio de presión natural y el mecanismo de la convección, para favorecer el movimiento del biogás a

través de los estratos de residuos sólidos confinados. El Sistema Activo, controla el movimiento del biogás mediante una presión negativa inducida (vacío), de tal modo que el gas es extraído del sitio de disposición final. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

El sistema pasivo no es muy efectivo para la remoción del biogás, y cuando éste no es removido, puede provocar daños a la cubierta vegetal por efecto de los componentes del biogás sobre las raíces y el follaje, y por consiguiente, originar la erosión de la cubierta final del sitio. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

La falla de los sistemas pasivos es generalmente atribuida a que la presión del biogás en realidad es muy baja, dentro de los estratos de residuos, para alcanzar los dispositivos de venteo. Otro problema de estos sistemas es que con la variación de alta a baja presión barométrica, o viceversa, se provoca la entrada de aire.

Por lo que respecta a los sistema de control activos, éstos utilizan la succión del gas con ayuda de un soplador; logrando con ello un control efectivo de la migración lateral. Asimismo, esta forma de extracción es ideal para el establecimiento de un sistema de aprovechamiento del biogás, principalmente como una fuente no convencional de energía.

En conclusión, los sistemas pasivos se recomiendan para áreas en donde el riesgo es mínimo, y por lo tanto no se justifica hacer una fuerte inversión para el control del biogás; mientras que los sistemas activos, se justifican desde un punto de vista de riesgo a la población o simplemente cuando existen planes de aprovechamiento del biogás, independientemente de los costos que estas acciones representen. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

#### *A) Sistema pasivo. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)*

Dentro de los sistemas de venteo pasivo, se tienen los siguientes tipos:

- ⇒ Zanjas de grava.
- ⇒ Pozos de venteo pasivos.

⇒ Barreras.

⇒ Sistema de colección a nivel superficial.

### Zanjas de grava.

Este sistema se construye alrededor del sitio de disposición final, y consiste en una zanja de 60 cm de ancho y 1 m de profundidad rellena de grava. Este sistema puede ser abierto o cerrado. El primero considera únicamente el relleno de grava o puede combinarse con geomembranas de polietileno de alta densidad. El segundo contempla un sello superior con material impermeable, además de estar equipado con tubería ranurada, a lo largo de la zanja, para la captación del biogás y tubos verticales para el venteo a la atmósfera. La capa impermeable que se coloca en este último caso, asegura un adecuado venteo y, al mismo tiempo, evita la infiltración del agua de lluvia.

Este sistema es utilizado especialmente para controlar la migración lateral de biogás, principalmente en aquellos lugares en donde la migración del biogás es limitada por el nivel freático o una formación impermeable. Si la zanja se puede construir hasta el nivel de dichos elementos, el control de la migración será efectivo.

El sistema de zanja abierta, como una forma pasiva de controlar la migración del biogás, no asegura un control efectivo; sin embargo, es más atractiva su utilización si se coloca con un material geosintético; siempre y cuando este último no sea menor a 3 mm. Asimismo, hay que considerar que cuando se pone en contacto un geosintético con la grava, se corre el riesgo de que el primero se perfora o se dañe con el tiempo.

Estos sistemas no se recomiendan cuando el control de la migración es un punto crítico dentro de las actividades de saneamiento.

### Pozos de venteo pasivos.

Los sistemas más utilizados para el venteo de biogás en nuestro país, son los pozos de venteo pasivos; debido a que relativamente son más fáciles de construir que el sistema de zanja o trinchera. Son construidos frecuentemente durante el depósito de los residuos sólidos en el sitio de disposición final, con el propósito de ahorrar en su construcción; sin embargo, durante las operaciones se corre el riesgo de que dichos pozos sean dañados y, por consiguiente, no sean confiables para el venteo de los gases una vez que el sitio ha sido clausurado. En la mayoría de los tiraderos a cielo abierto, no existen dispositivos para el control de los gases, por lo cual es relativamente sencillo perforar los pozos de venteo una vez que se ha logrado conformar el sello final del sitio.

Estos sistemas funcionan prácticamente debido a los gradientes de presión que se establecen cuando son construidos. El efecto que tienen sobre la migración del biogás es mínimo, por lo que se recomienda ubicarlos cerca de los límites del sitio clausurado en combinación con barreras naturales o artificiales, con el objeto de asegurar el control de dicho problema. Asimismo, para el uso de este sistema, es recomendable la utilización de quemadores de biogás para el control de olores y minimizar el daño a la salud del personal encargado del control y mantenimiento del sitio, una vez que éste haya sido clausurado.

Los pozos de venteo pasivo consisten en una perforación de 40 a 60 cm de diámetro, a una profundidad máxima del 75% del espesor de residuos sólidos, en la cual es colocado un tubo de PVC o de Extrupack, de un diámetro de 10 cm (4") y empacado con grava o tezontle de un diámetro controlado de 2" como mínimo. En la parte superior del pozo se coloca un sello con arcilla, bentonita, mezcla de suelo cemento o cualquier otro material impermeable que evite la salida descontrolada del biogás y/o la entrada de agua hacia el interior del pozo, siendo este último aspecto desfavorable para el adecuado venteo del gas, además de que se favorece la generación de lixiviados. Por lo que se refiere a la

perforación de los pozos, se deberán tomar en consideración las siguientes recomendaciones:

El personal encargado de esta actividad deberá protegerse con mascarillas con filtro de carbón activado, para evitar la inhalación de los gases que se desprenderán durante la perforación de los pozos. Además, deberá estar estrictamente prohibido entrar dentro de los pozos, ya perforados, debido a la falta de oxígeno.

El equipo recomendado para este tipo de trabajos es del tipo CALDWELL rotatorio.

Se deberá verificar una completa verticalidad del equipo antes de iniciar la perforación.

Se iniciará la perforación vertical con broca helicoidal tipo AUGER de 60 cm de diámetro y 1 m de longitud como máximo.

Una vez perforados los primeros cinco metros con la broca AUGER, se procederá a rimar el pozo con el bote CALDWELL de 40 cm de diámetro, y así sucesivamente hasta la profundidad que indique el proyecto.

Una vez terminada la perforación se deberá tener habilitada la tubería para facilitar las maniobras y evitar que el pozo se azolve.

Cuando se encuentren llantas en el proceso de rimado, deberá de utilizarse la broca AUGER para recuperar la llanta.

Si durante la perforación inicial se encuentran rocas o fragmentos de concreto, se utilizará la cuña del barretón.

Para el retiro de los materiales producto de la perforación, se recomienda un traxcavo, o si se lleva a cabo de forma manual, se recomienda que el manejo de dichos productos sea con un biello.



Se deberán colocar señales preventivas de 0.60 x 0.60 m de lámina con las leyendas "Peligro Excavación Profunda" y "No Fumar", equidistantes a la perforación.

Se empleará ademe metálico recuperable cuando así se requiera.

El radio de influencia de los pozos de venteo, normalmente depende del grado de compactación y, del tipo de residuos sólidos (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 mismos, 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 para 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  $7,500 \text{ m}^3$  de residuos sólidos.

A continuación se describen las ventajas y desventajas de este sistema:

#### Ventajas.

Es adecuado para pequeños sitios, en donde no existe el riesgo de migración de gases.

Algunas veces puede ser efectivo para el control de la migración del biogás.

En el largo plazo, los costos de operación y mantenimiento son muy bajos.

En caso de ser necesario, puede adaptarse fácilmente a un sistema de succión para incrementar su eficiencia.

#### Desventajas.

La ubicación de ciertos pozos puede ser inadecuada y por lo tanto no tener un correcto venteo del biogás, además de los costos que éstos representan.

Se requiere de la adaptación de quemadores de biogás para el control de los malos olores, así como para minimizar el efecto a la salud de la población cercana al sitio.

No es tan efectivo para el control de la migración del biogás como el sistema activo.

El costo de instalación de varios pozos pasivos puede ser mayor que un sistema activo, el cual requiere pocos pozos.

### Barreras

Este tipo de sistemas de control, normalmente son utilizadas en conjunto con las zanjas de grava y pozos de venteo pasivos.

Las barreras consisten en la colocación de materiales impermeables en la parte lateral de los sitios de disposición final. Los materiales que se utilizan son los siguientes:

Materiales plásticos o geomembranas sintéticas (PVC, Hypalon, polietileno de alta y/o baja densidad, etc.), asfalto, mezcla de suelo con bentonita, como impermeabilizante, mezcla de suelo cemento, como impermeabilizante.

### Ventajas.

La colocación adecuada de estos sistemas detiene efectivamente la migración lateral del biogás.

Los costos de operación y mantenimiento son mínimos.

### Desventajas.

Es muy difícil la instalación sin fallas.

La identificación y reparación de fallas es muy difícil y costosa.

La instalación de estos sistemas es muy cara en sitios de disposición final clausurados.

### Sistema de Colección a Nivel Superficial.

Este sistema exclusivamente se utiliza en los países desarrollados, principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica. Consiste en la colocación de tubos de PVC ranurados en una capa de grava, exactamente en la parte superior de los residuos sólidos, antes de la cubierta final. El colector horizontal es conectado a tubos de venteo verticales

#### Ventajas.

Solamente este sistema es efectivo, si el sitio es totalmente encapsulado con material impermeable (base, lados y superficie).

Es menos costoso que el sistema de zanjas.

El escape del biogás en el sitio puede ser muy fácilmente controlado.

#### Desventajas.

No es efectivo para la migración lateral del biogás, debido a que los residuos sólidos en los sitios de disposición final son tres veces más permeables en sentido horizontal que vertical.

Este sistema no puede ser utilizado para el aprovechamiento del biogás, debido a que existe una alta posibilidad de intrusión de aire.

No es posible adaptarlo a un sistema de control activo.

### *B) Sistema activo. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)*

Como se comentó anteriormente, el Sistema Activo consiste en el control del movimiento del biogás mediante una presión inducida (vacío), con ayuda de un soplador; de tal modo que el biogás es extraído del sitio de disposición final.

Es conveniente su utilización en los casos en donde existe el riesgo potencial de migración lateral o, en su caso, para controlar el problema cuando la migración está presente.

Para el control activo existen dos sistemas básicos: pozos de extracción o zanjas de extracción y pozos o zanjas de inyección de aire. La primera opción es usada normalmente, mientras que la segunda se aplica para ciertos casos específicos, por resultar la más costosa.

### Pozos de Extracción

Los pozos de extracción de biogás (activos), tienen las mismas características que los pozos pasivos, excepto que el espesor del material de sello es mayor y la parte ranurada o perforada del tubo para la captación del biogás, se encuentra a una mayor distancia de la superficie, además de que éste se encuentra conectado a una red principal para su captación. Las diferencias señaladas obedecen a la necesidad de evitar la intrusión de aire al sistema, debido a que el sistema estará bajo presión. Cabe destacar que la grava que se coloca en el pozo tiene el objetivo de reducir la velocidad de entrada, así como permitir la distribución uniforme del vacío a lo largo del tubo.

### Zanjas de extracción.

Este sistema es generalmente usado en sitios en donde existe un bajo espesor de residuos sólidos y/o el nivel de lixiviados es alto; sin embargo tiene la desventaja de que muy fácilmente se presenta intrusión de aire, requiriéndose por consecuencia un monitoreo cuidadoso para evitar dicho efecto.

Las zanjas de extracción están constituidas por una trinchera de 60 a 90 cm de ancho rellena con grava, en la cual se tiene un tubo horizontal ranurado de PVC. La interfase de grava-cubierta final es separada por un geotextil, con el propósito de evitar que las partículas finas provenientes del material de cobertura penetren y la azolven.

Descripción del sistema de pozos de extracción de biogás.

Este sistema consta de una serie de pozos activos instalados a lo largo del perímetro del sitio de disposición final. Los pozos son conectados por medio de un tubo colector

principal, el cual a su vez está conectado a un sistema de succión. El biogás extraído es posteriormente venteado o quemado.

El sistema de pozos de extracción del biogás es recomendado en sitios de disposición final que tengan una espesor mínimo de 7.5 m, o cuando la distancia sea pequeña entre el límite de los residuos sólidos y el área que se desee proteger.

Para verificar la efectividad del sistema, es necesario instalar un sistema de monitoreo de biogás. La información que arroje dicho monitoreo servirá de base para ajustar el gasto de extracción óptimo y así lograr el control deseado.

## VII.16.2.- Lixiviados

### *VII.16.2.1.- Sistema de Control de Lixiviados.*

Lixiviación es la acción de exponer una sustancia sólida a la acción de un solvente para separar sus componentes solubles. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

Cuando este término se aplica al caso de los residuos sólidos se dice que el lixiviado, es el líquido que atraviesa los estratos de dichos residuos y extrae, disuelve o suspende diversos materiales, provenientes ya sea de los residuos como tales o bien derivados de la degradación química o biológica de los mismos.

Los tiraderos a cielo abierto son sitios que por las condiciones en que se manejan y por su ubicación, comúnmente generan una problemática ambiental diversa, entre la que podemos mencionar la generación de líquidos contaminantes, técnicamente denominados como lixiviados o líquidos percolados.

En las áreas donde el material geológico existente entre los estratos de residuos sólidos y el agua subterránea es permeable, se posibilita el movimiento de los lixiviados hasta la zona de saturación, pudiendo llegar a contaminar además del subsuelo, los cuerpos

de agua cercanos, ya sea superficiales o subterráneos, modificando su régimen de explotación e inclusive llegando a impedirla en algunos casos.

En México, se ha comenzado a desarrollar el interés por el estudio del fenómeno denominado como lixiviación en el campo de los residuos sólidos, existiendo actualmente sólo unos cuantos trabajos relativos principalmente a la tratabilidad biológica de los mismos, entre estos encontramos los trabajos de Cruz, 2001<sup>9</sup>, Flores, 2001<sup>4</sup>, Gonzalez, 2001<sup>8</sup>, entre otros.

Es por eso, que aún cuando el estudio profundo de los fenómenos de lixiviación o percolación es muy complejo y requiere la contribución de numerosas disciplinas como la química, la biología, la física, la geología, y la ingeniería sanitaria entre otras, se considera conveniente, además de estudiar sus posibilidades de tratamiento, atender otros aspectos como el diseño y construcción de sistemas de colección que permitan interceptar los lixiviados antes de que se conviertan en un problema por la contaminación del subsuelo o bien de las aguas subterráneas o superficiales, así como el control de aquellos que ya han comenzado a infiltrarse iniciando la alteración del entorno de los cientos de tiraderos existentes en el país.

#### *VII.16.2.2.-Generación de Lixiviados*

El agua está en constante movimiento entre la atmósfera y la tierra, este líquido es conocido como *disolvente universal*, ya que casi cualquier sustancia que entra en contacto con él, puede disolverse en cierto grado. Esto trae como consecuencia que el lixiviado sea producido cuando el agua entra en contacto con la basura de algún sitio de disposición final, y extrae contaminantes, disolviéndolos o suspendiéndolos en la fase líquida, alcanzando un contenido de humedad lo suficientemente alto para generar un flujo de líquido. (Jiménez, 2001<sup>13</sup>)

Una vez que el agua ha penetrado a los estratos de basura, ésta puede saturar la capacidad de retención de líquidos de los residuos y, entonces, la humedad sobrante puede comenzar a infiltrarse a la capa de suelo que se encuentra inmediatamente debajo de esos estratos, acumularse en las zonas más bajas del fondo del sitio sobre el que se emplazó el depósito de desechos o bien escurrir hacia los lados y aflorar por los taludes del tiradero.

Comúnmente, y de manera formal, se dice que durante los primeros años, una parte del agua infiltrada a los estratos de basura será absorbida en los residuos, o bien almacenada en los espacios vacíos de la basura y que adicionalmente, parte de esa agua es consumida durante alguna etapa de la biodegradación de los residuos. Como consecuencia, se espera tener mayores tasas de producción de lixiviado conforme el sitio de disposición final envejece. Sin embargo, en la práctica se ha observado que la producción de lixiviado puede iniciarse inmediatamente después de la disposición de los residuos o bien tardar varios meses. (Cruz, 2001<sup>9</sup>)

También se sabe, por las experiencias observadas en campo, que la producción de lixiviados es mayor en sitios no cubiertos y no compactados (situación típica de los tiraderos a cielo abierto), debido a que la tasa de infiltración es mayor; mientras que en residuos altamente compactados (no cubiertos), frecuentemente se presentan encharcamientos de agua de lluvia. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Por lo anterior, la lixiviación puede ocurrir antes de que se sature la retención de humedad (capacidad de campo) de los residuos sólidos municipales; esto ha sido probado mediante muchas observaciones realizadas en excavaciones de sitios de disposición final, y ha sido explicado mediante el movimiento de los lixiviados a través de rutas caprichosas, que dependerán del tipo de residuos depositados y, de la existencia y tipo de materiales de cubierta. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Mediante los resultados de diversas investigaciones, ha podido determinarse que en general, a mayores espesores de basura, se absorben mayores cantidades de agua antes de que inicie la lixiviación, pero se producen lixiviados por un período mucho mayor de tiempo que en los sitios con espesores delgados de residuos que tienen áreas superficiales y climatología similares. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

#### *VII.16.2.3.- Factores que afectan la generación de lixiviados.*

Los volúmenes de lixiviado generados en un sitio de disposición final de residuos sólidos, dependen de una gran diversidad de factores. (SEDESOL,2001<sup>1</sup>)

Las fuentes de humedad en un tiradero a cielo abierto pueden ser las siguientes:

- ⇒ El líquido presente en la basura al momento de su disposición.
- ⇒ La precipitación pluvial que cae sobre la basura ya dispuesta en el sitio.
- ⇒ La humedad metabólica de los residuos que ya se encuentren en descomposición.
- ⇒ La penetración de agua proveniente de cuerpos superficiales (arroyos, ríos, lagos, etc.).
- ⇒ La penetración de agua proveniente de la irrigación artificial de zonas agrícolas cercanas ubicadas en niveles topográficos superiores a los del sitio de disposición final o bien, por la irrigación de las áreas ya forestadas de sitios ya clausurados.
- ⇒ La intrusión del agua subterránea (acuitardos), a los estratos de residuos.

Mientras que las pérdidas de agua en los sitios de disposición final se dan por:

- ⇒ La evaporación.
- ⇒ La evapotranspiración.
- ⇒ Las emanaciones de biogás saturado.



Por lo tanto, los principales factores que influyen en la generación de los lixiviados en un sitio de disposición final son los siguientes:

- ⇒ Existencia y tipo de materiales de cubierta sobre los residuos.
- ⇒ Pendiente superficial del material
- ⇒ Existencia y tipo de barreras entre los residuos y el agua en zonas húmedas o pantanosas.
- ⇒ Condiciones geohidrológicas.
- ⇒ Intrusión de agua subterránea o de irrigación.
- ⇒ Forma de operación del sitio.
- ⇒ Codisposición de residuos industriales o lodos.
- ⇒ Climatología.
- ⇒ Capacidad de campo del material de cubierta (en caso de existir).
- ⇒ Espesor de los residuos depositados.
- ⇒ Capacidad de campo de los residuos.
- ⇒ Existencia y tipo de vegetación.
- ⇒ Codisposición de residuos líquidos.

#### *VII.16.2.4.- Composición de los Lixiviados.*

De forma general, se sabe que las características de los lixiviados dependen de la composición de los residuos que los generan. En la última década se han realizado muchos esfuerzos por caracterizar los diversos componentes de los lixiviados y conocer su relación con las características de los residuos sólidos, así como con las condiciones de operación de los sitios de disposición final. En los últimos años se ha logrado ya el desarrollo de modelos

que describen las variaciones con respecto al tiempo de las concentraciones de los contaminantes en los lixiviados. (Flores, 2001<sup>4</sup>)

Adicionalmente al pH bajo, las aguas de lluvia también contienen sólidos disueltos y algunos microorganismos que pueden modificar la solubilidad de algunos materiales contenidos en la basura. De esta forma los residuos, que no tienen una alta solubilidad en agua destilada y, bajo condiciones de laboratorio, pueden ser extremadamente solubles en agua de lluvia. (Flores, 2001<sup>4</sup>)

Además, se sabe que el incremento en la humedad favorece la actividad microbiana en los estratos de residuos. Como resultado de esto, algunos productos metabólicos como ácidos orgánicos y alcoholes pasan a formar parte del lixiviado; todo ello conjuntamente con la formación de soluciones orgánicas e inorgánicas y la presencia de solventes y agentes tensoactivos (jabones y detergentes), puede también promover la disolución o suspensión de algunos constituyentes de los residuos, incrementando así la movilidad de los contaminantes. (Flores, 2001<sup>4</sup>) (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

#### *VII.16.2.5.- Composición físico-química y microbiológica.*

Se han realizado innumerables investigaciones sobre la calidad de los lixiviados, tanto en laboratorio como en campo, encontrándose generalmente que las concentraciones de contaminantes son entre 10 y 20 veces menores en los sistemas experimentales.

Los lixiviados también han sido comparados con las aguas residuales domésticas, encontrándose que sus concentraciones de contaminantes son comúnmente superiores en por lo menos 40 veces.

De estos estudios ha podido concluirse que la calidad de los lixiviados provenientes de residuos sólidos es altamente variable, debido a la gran dispersión estadística de los datos encontrados. (Flores, 2001<sup>4</sup>)

Estas variaciones generalmente se atribuyen a una gran cantidad de interacciones entre los diversos elementos que intervienen en la formación del lixiviado y, de éste con su entorno, así como a variaciones en los procedimientos de muestreo, manejo, almacenamiento, conservación y análisis de la muestra. Por ejemplo, se ha reportado que el lixiviado sufre cambios rápidos en parámetros como el potencial redox, turbidez, sólidos suspendidos y color, inmediatamente después de ser muestreado.

Las siguientes tablas muestran los intervalos de concentración y concentraciones típicas para algunos de los principales parámetros fisicoquímicos de los lixiviados.

Tabla VII.17.1 .- Características típicas del lixiviado.

PARÁMETRO	Valores en mg/l	
	Intervalo	Típico
DBO <sub>5</sub> (demanda bioquímica de oxígeno)	2,000-30,000	10,000
COT (carbón orgánico total)	1,500-20,000	6,000
DQO (demanda química de oxígeno)	3,000-45,000	18,000
Sólidos suspendidos Totales	200-1,000	500
Nitrógeno Orgánico	10-600	200
Nitrógeno Amoniacal	10-800	200
Nitratos	5-40	25
Fósforo Total	1-70	30
Ortofosfatos	1-50	20
Alcalinidad (CaCO <sub>3</sub> )	1,000-10,000	3,000
pH	5.3-8.5	6
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	300-10,000	3,500
Calcio	200-3,000	1,000
Magnesio	50-1,500	250

Potasio	200-2,000	300
Sodio	200-2,000	500
Cloruros	100-3,000	500
Sulfatos	100-1,500	300
Fierro Total	50-600	60

(SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Los residuos sólidos tienen la capacidad de poder albergar poblaciones microbianas en grandes cantidades, entre las que se pueden incluir algunos microorganismos patógenos, los cuales pueden pasar directamente a los elementos del ambiente como el aire, el agua y el suelo a través de su interacción con los residuos.

Sin embargo en los lixiviados, debido a que la mayor parte de los trabajos de caracterización centran su atención en las propiedades físico-químicas de los mismos, el contenido microbiano y su viabilidad han sido menos estudiados. Comúnmente, las investigaciones microbiológicas se han centrado en la detección de bacterias indicadoras de fecalismo, las cuales en caso de ser encontradas, sugieren la presencia de microorganismos patógenos en los lixiviados.

En la siguiente tabla, se presentan los principales grupos bacteriológicos indicadores de fecalismo identificados en análisis de lixiviados.

Tabla VII.17.2.- Grupos bacteriológicos identificados en lixiviados

Grupo indicador de fecalismo	Intervalo reportado	Tipo de fuente
Streptococos Fecales	0-48,000,000 NMP/100 ml	LAB, CEC, RELLENO
	0-3,000,000 UFC/ml	
	2-490,000 NMP/100 ml	
Coliformes Fecales	0-1,300,000 NMP/100 ml	LAB, CEC, RELLENO
	0-100,000 UFC/ml	
	2-94,000 NMP/100 ml	

Coliformes Totales	0-100,000 UFC/ml	LAB, CEC, RELLENO
	2-140,000 NMP/100 ml	LAB, CEC, RELLENO

NMP= Número más probable, UFC= Unidades formadoras de colonias, LAB= Columna de laboratorio (Lisímetro)

CEC= Celda experimental en campo, RELLENO= Relleno sanitario

(SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

#### VII.16.2.6.- Factores que afectan la composición de los lixiviados.

La composición de los lixiviados generados en un sitio de disposición final, puede ser afectada por una gran diversidad de factores, entre los que pueden mencionarse los siguientes: (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

- ⇒ Composición de los residuos sólidos depositados.
- ⇒ Actividad biológica.
- ⇒ Interacciones fisicoquímicas entre los residuos.
- ⇒ Edad del sitio.
- ⇒ Procesamiento de los residuos previo a su disposición.
- ⇒ Condiciones de operación del sitio.
- ⇒ Interacción del lixiviado con su entorno.
- ⇒ Tasa de infiltración de agua.
- ⇒ Temperatura de los estratos de residuos.

#### VII.16.2.7.- Acumulaciones de Lixiviados.

Los lixiviados pueden formar algunas acumulaciones tanto dentro como fuera de los estratos de residuos sólidos; dependiendo de las características de permeabilidad y compactación de los materiales que se encuentran a su paso. Lo anterior ha sido comprobado por algunas excavaciones realizadas en diversos sitios de disposición final. La extensión de estas acumulaciones depende de la velocidad de movimiento de los líquidos,

así como de los espesores y extensiones de los materiales que les dificultan el paso. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Puesto que el movimiento de los lixiviados se debe a la acción de la fuerza de gravedad, generalmente estas acumulaciones se dan en los estratos inferiores de los residuos o, en las partes topográficamente más bajas de los materiales que constituyen el suelo natural sobre el que fueron depositados los residuos, cuando dichos materiales tienen permeabilidades bajas.

Detección de las acumulaciones de lixiviados.

Es conveniente detectar si existen acumulaciones de lixiviados en los tiraderos a cielo abierto, con la finalidad de analizar la posibilidad de controlarlos mediante el drenado o extracción de tales acumulaciones.

Para ello, inicialmente puede llevarse a cabo una inspección visual del sitio, con la finalidad de identificar la existencia y ubicación de escurrimientos de lixiviado o zonas húmedas, así como de materiales impermeables que pudieran impedir el movimiento de los mismos para posteriormente realizar excavaciones o perforación de pozos que permitan corroborar la existencia de las acumulaciones previstas. Sin embargo esto último puede resultar muy costoso. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Por otra parte, puede hacerse uso de un método geofísico, que da mayor precisión en la ubicación de las zonas húmedas dentro de los estratos de basura, que los métodos visual y de mecánica de suelos. (RREA, 2001<sup>15</sup>)

#### *VII.16.2.8.- Migración de Lixiviados.*

La migración de los lixiviados demanda gran atención debido a que es la forma mediante la que generalmente éstos se ponen en contacto con el agua y el suelo y, por lo tanto, mientras mejor se comprenda el fenómeno de la migración, más elementos se tendrán

para poder instrumentar sistemas que permitan su control, o bien que impidan el movimiento de dichos líquidos hacia fuera de los sitios en donde se generan.

En general, puede decirse que la migración de los lixiviados depende de la geología del sitio y de las características del suelo.

Mecanismos de migración.

El lixiviado generalmente comienza a percibirse como un problema, hasta que queda a la vista, en los alrededores de los sitios de disposición final, o bien comienza a notarse su influencia en el deterioro de la calidad del agua subterránea o las aguas superficiales. Lo anterior es debido a que el lixiviado se mueve (migra), generalmente impulsado por fuerzas naturales como la gravedad, la tensión superficial, la presión osmótica o algunas otras de orden molecular e, inclusive, por el efecto de fuerzas inducidas por la actividad humana como puede ser el desplazamiento por la compactación de los residuos sólidos. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

De esta forma el lixiviado puede migrar desde el sitio de su generación hasta las grandes profundidades de los mantos acuíferos en explotación, o bien en forma horizontal a distancias relativamente grandes, deteriorando a su paso los suelos y cuerpos de agua superficiales, modificando e inclusive impidiendo su régimen de explotación. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

El movimiento del lixiviado puede darse en cualquiera de las siguientes formas: (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Antes de que se sature la capacidad de campo de la basura, como resultado de su canalización a través de los espacios vacíos entre los residuos.

A lo largo de taludes, pendientes o cauces de escurrimientos superficiales.

A través de vías (materiales) de menor resistencia (impermeabilidad) tanto dentro del sitio de disposición como a través de los suelos circundantes.

Siguiendo gradientes de humedad, flujos de agua superficial o subterránea, fracturas, excavación o cualquier otro tipo de anomalías en el suelo.

Una vez que los contaminantes han alcanzado el agua subterránea, no son inmediatamente diluidos y arrastrados por las corrientes a lo largo de todo el sistema, sino que pueden quedarse en la superficie del acuífero, debido a que las velocidades de flujo son muy bajas y las vías de flujo muy difíciles. Como resultado de esto, los contaminantes no tienden a dispersarse sino a formar plumas.

Las plumas de lixiviados están sujetas a varios procesos que alteran su tamaño y forma, así como su dirección y velocidad de flujo. Estos procesos están relacionados con las características hidrogeológicas del medio a través del cual se mueve la pluma, la naturaleza de los contaminantes, los patrones de flujo de agua existentes en el área de influencia, y las interacciones entre los contaminantes, el agua y la geología circundante.

Por las investigaciones realizadas en materia de migración de las plumas de lixiviados, se sabe que cuando estos líquidos logran alcanzar el agua subterránea, no se dispersan rápidamente, como suele pensarse; sino que las concentraciones de sus contaminantes varían dependiendo de la posición de la pluma dentro del acuífero subterráneo. Por ejemplo, las grandes concentraciones de lixiviado, generalmente se encuentran cerca de su fuente de generación y cerca del centro de la pluma, donde la dilución es mínima. Conforme el tamaño de la pluma y el grado de dilución de los contaminantes se incrementan, disminuye la concentración relativa de contaminantes. Sin embargo, el volumen del agua subterránea afectada también se incrementa y, por lo tanto, los costos de tratamiento para las aguas afectadas encarecen.



El tamaño de la pluma está determinado por la edad de la fuente de contaminación, la velocidad de liberación de contaminantes y por factores de tipo hidrológico. La amplitud y profundidad de las plumas es influida por la amplitud y espesor del acuífero y sus características de flujo, así como por las propiedades fisicoquímicas de los contaminantes. En la mayoría de los casos, las plumas se mueven en la dirección de flujo del agua subterránea y crecen en ese mismo sentido. Algunas condiciones hidrogeológicas, sin embargo, pueden originar patrones anómalos de desarrollo de la migración.

La forma de la pluma es un reflejo de los patrones dentro del acuífero y las características del lixiviado.

Los factores que afectan la migración de las plumas de lixiviados pueden ser agrupados en los tres siguientes grupos principales:

- ⇒ Patrones de flujo del agua subterránea.
- ⇒ Características de los lixiviados.
- ⇒ Interacciones entre el medio geológico y la pluma.

Tendencias de la migración de contaminantes.

Las tendencias que sigan los diversos contaminantes contenidos en los lixiviados dependerán de las interacciones entre éste y el suelo sobre el que fueron depositados los residuos.

Para poder entender los mecanismos de movimiento o retención de los contaminantes, debe recordarse que el suelo es un sistema física, química y biológicamente dinámico, con facultades para biodegradar algunos materiales y propiedades cromatográficas, todo lo cuál ejerce una cierta influencia sobre la migración del lixiviado y sus constituyentes. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

En principio, las sustancias inorgánicas pueden ser adsorbidas o acomplejadas por los componentes del suelo o intercambiadas por otras de las partículas del suelo superficial; mientras que las sustancias orgánicas pueden ser mineralizadas, dando como resultado sustancias inorgánicas, algunos gases inócuos y agua, o bien pueden acumularse como sustancias resintetizadas de origen microbiano o como sustancias residuales degradadas.

La atenuación o migración de los contaminantes en el sistema suelo-agua depende de los siguientes mecanismos físicos, químicos y biológicos:

Difusión y Dispersión.	Dilución.	Intercambio iónico.
Precipitación / Dilución.	Filtración.	Oxidación / Reducción.
Adsorción / Desorción.	Complejación.	Actividad Microbiológica.

Sin embargo estos mecanismos no pueden ser claramente distinguidos y evaluados en la realidad, debido a que se dan simultáneamente.

#### *VII.16.2.9.-Metodologías para el Control de los Lixiviados.*

El control de los lixiviados tiene implicaciones puramente ambientales y puede realizarse de diferentes formas, las cuales sin embargo, pueden clasificarse en dos grupos básicos.

##### Control del volumen.

El control de los volúmenes de lixiviado a generarse es una actividad prioritaria en la clausura de un tiradero a cielo abierto; ya que será la forma menos costosa para reducir o eliminar la migración de contaminantes hacia fuera del sitio.

Las mayores contribuciones de humedad hacia un sitio de disposición final, en la mayoría de los casos, provienen de la precipitación; la que puede entrar a los estratos de

residuos durante la etapa de operación a través del frente de trabajo, el cual es una área expuesta a los factores climatológicos.

El agua subterránea también puede infiltrarse durante algunas de las fluctuaciones del nivel hidráulico. Algunas actividades de la operación del sitio pueden contribuir con cantidades relativamente pequeñas de agua; como por ejemplo el riego de caminos o áreas ya cubiertas para el control de polvos.

(SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Disminución de la infiltración.

Para el caso de las aguas provenientes de la precipitación pluvial, la irrigación de las zonas ya clausuradas, o bien de los escurrimientos provenientes de las áreas circundantes que se encuentran a un nivel topográfico más alto, se puede colocar una barrera impermeable sobre la capa de residuos que impida el paso del agua hacia los estratos de basura y que, por lo tanto, reduzca los volúmenes de lixiviado que se generen en el sitio.

Dichos sistemas impermeables pueden ser artificiales (membranas plásticas, asfalto o diversos materiales a base de bentonita) o naturales (suelos arcillosos). Generalmente sobre estas barreras impermeables, suele colocarse suelo fértil que permita la "forestación" del área, sin embargo en el caso de los sistemas artificiales, se debe tener cuidado de no utilizar especies de raíz profunda que puedan perforarlos, reduciendo su eficiencia.

El uso de materiales sintéticos demandará la instalación de drenes y colectores, para permitir la extracción del agua en la superficie del sistema de impermeabilización; evitando así su acumulación.

Cuando las aguas subterráneas son las que se infiltran a los estratos de basura, se pueden utilizar las siguientes técnicas de control:

Remoción de los residuos, impermeabilización del fondo y redistribución de la basura sobre el sitio ya impermeabilizado.

Inyección a presión de materiales sellantes tales como mezclas asfalto-concreto, suelo-asfalto y materiales bituminosos.

Excavación de trincheras laterales, para desviar el flujo del agua subterránea en las inmediaciones del sitio. El material de relleno de las trincheras deberá seleccionarse cuidadosamente, dependiendo tanto de su finalidad, como de las características de los suelos del sitio.

Debe aclararse que estas metodologías pueden aplicarse tanto para impedir el ingreso del agua subterránea a las capas de residuos, como para interceptar o impedir las migraciones de lixiviado hacia los mantos freáticos. Sin embargo, debido a sus altos costos de instalación, su uso se ve limitado en países como el nuestro; por lo que generalmente se emplean los sistemas de impermeabilización en la superficie de los sitios que se clausuran.

Control de sus características.

Las características tanto fisicoquímicas como microbiológicas de los lixiviados, dependen del tipo de residuos depositados y de las condiciones climatológicas imperantes en el sitio, así como de la interacción entre ambos. Por ello, las características del lixiviado resultante pueden ser controladas mediante el control del tipo de residuos que se reciben y depositan en el sitio de interés. Sin embargo debe reconocerse que este tipo de control no se realiza en la mayoría de los tiraderos a cielo abierto y que, dadas sus condiciones de operación, se hace difícil implementar los sistemas de control que permitirían detectar y rechazar residuos industriales y hospitalarios peligrosos.

### Control de plumas de lixiviados.

En términos generales, los métodos para controlar la migración de las plumas de lixiviado pueden clasificarse dentro de los siguientes cuatro grupos:

- ⇒ Bombeo de agua.
- ⇒ Drenes subterráneos.
- ⇒ Barreras de baja permeabilidad.
- ⇒ Nuevas tecnologías.

El bombeo de agua implica la extracción o inyección de agua, a través de pozos, con la finalidad de alterar la dirección de movimiento de la pluma de lixiviado. En el bombeo del agua subterránea mediante un pozo de extracción, se forma un cono de abatimiento que origina que el agua subterránea fluya por el pozo; arrastrando con ella la pluma de lixiviado. Alrededor de los pozos de inyección se genera un fenómeno inverso, creándose una especie de "bufamiento" en el acuífero, el cual aleja el agua subterránea del pozo. Los pozos de inyección y extracción pueden ser utilizados en forma separada o bien en combinación, para cambiar el flujo del agua subterránea y así, poder confinar o remover una pluma de lixiviado.

Los drenes subterráneos son barreras permeables continuas, diseñadas para interceptar el flujo del agua subterránea. Así, estos drenes pueden ser utilizados en forma parecida a los sistemas de bombeo; el agua subterránea colectada por los drenes subterráneos fluye hacia un cárcamo en donde es colectada y, de donde puede ser enviada a algún sistema de tratamiento.

Las barreras subterráneas son conformadas por una pared vertical construida con materiales de baja permeabilidad y cuya finalidad es la de modificar el flujo del agua

subterránea. Las barreras impermeables pueden ser usadas para confinar las plumas contaminantes asociadas a sitios de disposición final de residuos, o bien pueden ser utilizadas para abatir el nivel del agua subterránea y evitar que ésta entre en contacto con los residuos.

Adicionalmente a las técnicas antes mencionadas, se están desarrollando nuevas tecnologías para controlar el movimiento de la pluma de lixiviado. Entre las principales se pueden citar el tratamiento biológico en el mismo sitio o "in situ" (biorrecuperación), tratamiento químico "in situ" y lechos permeables de tratamiento.

El método a emplear debe seleccionarse con base en el conocimiento de las características del subsuelo, la forma y dimensiones de la pluma contaminante, las características de esta última y el objetivo que se persiga (confinar la pluma o modificar su flujo). Todo esto implica el desarrollo de una serie de estudios previos, que requieren una planeación adecuada y la asesoría de expertos en campos como la geología, la geohidrología y la mecánica de suelos, entre otros.

Conviene aclarar que los costos de inversión en todos los casos son altos y que, adicionalmente, para drenes y barreras subterráneas, los procedimientos constructivos aún presentan algunas dificultades en nuestro país debido a que no son convencionalmente utilizados.

(SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

#### *VII.16.2.10.-Sistemas de Captación y Extracción de Lixiviados.*

La preocupación de la población acerca del deterioro de los acuíferos, tanto superficiales como subterráneos, a causa de los lixiviados emanados de los sitios de disposición final de residuos sólidos y, principalmente de aquellos en los que no se cuenta

con sistemas para controlar dichas emanaciones, ha crecido paulatinamente en los últimos años, haciendo obligado el desarrollo e implementación de medidas que las reduzcan.

Los sistemas de captación y extracción, generalmente consisten en capas drenantes que son diseñadas para conducir rápidamente el agua libre del relleno hasta los cárcamos de colección, y cuyo gradiente hidráulico depende principalmente de la pendiente de dichos sistemas y de las distancias entre los mismos.

Algunas de las dificultades para el diseño de los sistemas de captación y extracción de los lixiviados generados en los tiraderos a cielo abierto, se basan en el desconocimiento de los patrones que gobiernan el flujo de los mismos. Lo mismo sucede con la selección de los materiales utilizados en su construcción, debido a que en la mayoría de los casos es difícil estimar la carga, o bien los asentamientos diferenciales a los que se verán sometidos.

Los sistemas más comunmente utilizados para captar y extraer los lixiviados, son los drenes y trincheras interceptores y los sistemas de pozos.

(SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

#### Drenes y Trincheras.

Las trincheras y drenes interceptores pueden ser utilizados para capturar los lixiviados en sitios donde el acuífero es poco profundo o casi superficial. Los drenes pueden ser utilizados también para colectar los lixiviados que escurren en los pies de talud. El uso de este tipo de sistemas se ve seriamente restringido en los tiraderos a cielo abierto, a menos que los residuos sean removidos para impermeabilizar el fondo y nuevamente depositados sobre el sitio, principalmente debido a que la captación de los líquidos se lleva a cabo aprovechando exclusivamente la fuerza de gravedad.

Sin embargo, en zonas húmedas o pantanosas, es recomendable considerar este tipo de sistemas, no sin antes estudiar las condiciones geohidrológicas de la zona.

Este tipo de sistemas deben estar conectados a uno o varios cárcamos de colección y bombeo.

El biogás puede fácilmente introducirse y acumularse en estos conductos, por lo que se recomienda conectarlos a los sistemas de venteo o al sistema central de colección de gas.

#### Sistemas de Pozos.

Los pozos se utilizan con mayor eficacia para extraer los lixiviados acumulados en el fondo de los sitios de disposición final. Su ubicación se facilita con el conocimiento del contorno de dichas acumulaciones.

Se trata de baterías de pozos "poco profundos", generalmente ubicadas (mediante estudios previos) sobre las bolsas de lixiviados, o bien algunos metros corriente abajo del tiradero, cuando se conoce con precisión la geohidrología del sitio. Generalmente este tipo de pozos son protegidos con filtros de arena o grava controlada, que además conforman un medio permeable que hace mas eficiente la captación de los lixiviados.

#### Materiales para los sistemas de colección de lixiviados.

Cualquiera que sea el sistema a utilizar para la captación y colección de los lixiviados, generalmente se emplean combinaciones de materiales de origen mineral con materiales de origen sintético, tanto para las capas drenantes como para las conductoras. Entre los materiales sintéticos más comúnmente utilizados se encuentran los geotextiles, las georedes, los ductos de PVC o de Polietileno de Alta Densidad, así como varios materiales compuestos, fabricados con una parte parecida a una rejilla y otra con apariencia textil de fibra gruesa, esta última con la finalidad de impedir la entrada de partículas finas provenientes de los residuos. Aún cuando algunos autores dicen que esto no es necesario, sí resulta recomendable como medida preventiva.



Los materiales de origen mineral generalmente son granulares y preferentemente de diámetro controlado; no mayor de cinco centímetros.

En el caso de las tuberías para drenado y colección de lixiviados, se puede hacer uso desde tuberías de tipo sanitario en materiales como el PVC y el Polietileno de Alta Densidad o bien tuberías, generalmente de importación, expresamente diseñadas y construidas para tales fines, también con este tipo de materiales.

La posibilidad de inspeccionar las redes por medio de sistemas de video, disponible en años recientes, ha revelado que los principales tipos de daño son los siguientes:

Deformación debida a las altas temperaturas y a las cargas a que se ven sometidas las tuberías.

Fracturación radial o longitudinal de las tuberías enterradas.

Desplazamiento o ruptura de los tubos.

Obstrucción por sedimentación de materiales finos, formación de lodos bacterianos y recristalización de algunos elementos disueltos en el lixiviado.

La restauración de los sistemas dañados de tuberías es generalmente muy difícil, debido a las condiciones en que dichos sistemas se encuentran inmersos.

#### *VII.16.2.11.-Alternativas para el Tratamiento de Lixiviados.*

Los lixiviados se han sometido a una gran cantidad de investigaciones en todo el mundo, tomando en cuenta sus variaciones fisicoquímicas y microbiológicas, tanto regionales como estacionales, tendientes a determinar la forma más adecuada para darles un tratamiento que permita su descarga a los cuerpos de agua o bien su reutilización para fines industriales o agrícolas. Este tipo de investigaciones se incrementaron notablemente durante la década de los 70's, manteniéndose así hasta nuestros días. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Durante los primeros intentos realizados para tratar los lixiviados, se probaron los métodos convencionales para el tratamiento de aguas residuales domésticas, con resultados poco alentadores. Lo anterior se debe a que las características de los lixiviados son muy diferentes a las de esas aguas. Los lixiviados generalmente tienen concentraciones mucho más altas de materia orgánica y algunas sustancias tóxicas como metales pesados. Igualmente se ha podido determinar que los lixiviados con mayores concentraciones de materia orgánica (lixiviados de sitios jóvenes), responden mejor a sistemas de tratamiento biológico y, que los lixiviados estabilizados, es decir con bajo contenido orgánico (de sitios viejos), son más eficientemente tratados mediante los métodos físico-químicos. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Estos sistemas pueden ser instalados dentro del mismo sitio (in situ) o bien ser externos; pudiendo en este último caso ser propios o contratados.

Sin embargo, los métodos actualmente considerados como eficientes en el tratamiento de los lixiviados, se basan en los mismos principios y pueden ser clasificados de una forma similar:

*Sistemas Biológicos.	*Sistemas Físico-químicos.	*Sistemas Combinados.
·Aerobio.	·Evaporación.	·Aerobio-Anaerobio.
·Anaerobio.	·Dilución.	·Aerobio-Físico- químico.
	·Neutralización.	·Anaerobio-Físico- químico.
	·Precipitación.	·Aerobio-Anaerobio-Físico- químico.
	·Coagulación.	
	·Oxidación química.	
	·Adsorción.	
	·Osmosis inversa.	

(SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

A finales de la década de los 80's se inició el desarrollo de un sistema de recirculación de los lixiviados al mismo sitio de disposición final de residuos, utilizándose en este caso al sitio mismo como un reactor anaerobio, con lo que según las investigaciones realizadas hasta el momento, se reducen los efectos ambientales derivados del manejo de los lixiviados. (Gonzalez, 2001<sup>8</sup>)

#### *VII.16.2.12.-Monitoreo de Lixiviados.*

Debido al riesgo de afectación a la población en general, implícito en la generación de lixiviados y su posible migración desde los tiraderos a cielo abierto hacia los diferentes cuerpos de agua cercanos, y a que desafortunadamente no siempre es posible evitar ciertos eventos fortuitos o accidentales que generen contaminación, cuyos efectos son resentidos principalmente por el suelo y los mantos de agua subterránea, se considera conveniente una vez concluido el diseño y la construcción de las obras de saneamiento y control del tiradero, monitorear los diversos componentes del ambiente circundante.

Los objetivos básicos de los sistemas de monitoreo son:

Medir la efectividad de las acciones de saneamiento y control implementadas, mediante la verificación de los parámetros que representan a las emisiones que se desea controlar.

Actuar un sistema de advertencia temprana de las posibles fallas en los sistemas de saneamiento y control.

Proteger en forma preventiva a la población.

(SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Se considera que los principales pasos para el establecimiento de sistemas de monitoreo son los siguientes:

⇒ Ubicación de pozos.

- ⇒ Diseño de pozos.
- ⇒ Selección de métodos y programas de muestreo.
- ⇒ Selección de parámetros a monitorear y técnicas de laboratorio.
- ⇒ Interpretación y manejo de datos.

En esta sección se presentan algunas consideraciones básicas para la implementación de sistemas de monitoreo, tendientes a observar el comportamiento de los lixiviados tanto dentro del sitio como en sus alrededores.

#### *Ubicación de pozos.*

Un criterio que no debe perderse de vista en la ubicación de pozos, es el considerar únicamente la perforación del número mínimo de pozos requeridos, ya que en caso contrario los beneficios obtenidos no podrán compensar los elevados costos de inversión y mantenimiento; además de que un gran número de pozos es difícil de controlar e instrumentar y limita el uso final del sitio.

A continuación se hacen consideraciones tanto de los pozos para el monitoreo de lixiviados dentro del sitio de disposición final, como aquellos para conocer su movimiento dentro de los acuíferos (pozos para monitoreo de aguas subterráneas).

Para el monitoreo de los lixiviados como tales y, cuando se tiene conocimiento de la ubicación de sus acumulaciones dentro del sitio, los pozos se localizan directamente sobre dichas acumulaciones. Esto facilitará el monitoreo de las variaciones del "tirante" de los lixiviados, y correlacionarlos con las variaciones climatológicas, típicas de la zona en que se ubique el sitio.

En algunas ocasiones, el conocer el historial del sitio puede ser muy útil, ya que pueden ubicarse las zonas y profundidades en las que se colocaron materiales con

permeabilidades bajas, aquellas que recibieron una mejor compactación o bien las que estuvieron más expuestas a temporadas de lluvia intensa o prolongada. En estos casos, también podrán situarse pozos justo encima de las zonas identificadas.

Los pozos también pueden localizarse en áreas cercanas a escurrimientos temporales observados periódicamente, pero en dirección al centro geométrico del sitio. Por ejemplo, cuando se identifica un escurrimiento que aparece en el "pateo de un talud" cada año, durante la temporada de lluvias, es conveniente colocar un pozo algunos metros hacia el interior del sitio, sobre el "hombro del mismo talud" y a la altura del punto donde se observe el escurrimiento. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Cuando se conoce con precisión la geología del sitio, pueden ubicarse pozos que hagan contacto con los estratos permeables del subsuelo. Sin embargo esto puede resultar más complicado cuando el subsuelo está muy estratificado; es decir, cuando existen lentes de suelo de diferentes permeabilidades, irregularidades (fracturas), etc.

Una opción más y que es principalmente utilizada cuando no se dispone de datos suficientes ni recursos para obtenerlos, consiste en ubicar algunos pozos de inspección (generalmente no menos de tres) distribuidos de manera homogénea y simétrica sobre la configuración de la superficie del sitio ocupada por los residuos; los que posteriormente podrán ampliarse en número dependiendo de los resultados que arrojen los primeros.

Por otra parte, cuando el agua subterránea ya ha sido contaminada y se desea monitorearla, lo más conveniente es instalar un pozo corriente arriba, el que generalmente es utilizado para realizar un monitoreo de fondo, mediante el que se conocerán las características del acuífero "sin alterar"; debiendo asegurarse que está lo suficientemente alejado del sitio de disposición final como para no verse afectado hidráulicamente por este último.

En el caso de que existan los recursos suficientes, también se recomienda la instalación de otro pozo sobre el sitio de disposición final, ubicado en un punto donde se pueda detectar el contacto entre la pluma contaminante y el agua subterránea (generalmente en el centro geométrico del sitio). Este pozo también funciona como un medio para determinar la efectividad de las acciones y sistemas de saneamiento y control implementados. Si la calidad del agua no mostrara una mejoría con respecto al tiempo, significará que se requiere un mayor control, o bien una revisión de los sistemas implementados. Este pozo requerirá de una atención especial durante su construcción y sellado para evitar que los contaminantes de los estratos superiores migren hacia abajo. También se tienen que colocar uno o más pozos en dirección corriente abajo del sitio y, lo suficientemente cercanos a éste como para poder detectar a la brevedad posible los cambios en la calidad del agua. Estos pozos deberán estar ranurados o perforados en todo el espesor del acuífero para asegurar que la pluma contaminante no está pasando por encima o por abajo del sistema de monitoreo.

#### *Diseño de pozos.*

Una vez que se ha fijado la ubicación de los pozos de monitoreo (puntos de muestreo), adquiere relevancia la necesidad de instalar pozos diseñados adecuadamente para los puntos seleccionados.

La experiencia muestra que en el caso de sitios que han operado como tiraderos a cielo abierto, no se obtienen ventajas considerables al diseñar sistemas de muestreo estratificado para los lixiviados dentro del sitio; ya que generalmente en estos sitios no se tienen bien identificadas las áreas o capas que, por contener diferentes tipos de residuos, pudieran generar lixiviados con características diferentes.

Por lo anterior se recomienda el uso de pozos con tubería perforada o ranurada en el 75% de su longitud total, cuando los residuos se han colocado sobre el suelo o dentro de la zona no saturada del mismo y, el nivel máximo de los cuerpos de agua subterránea no se acerca lo suficiente a la capa de residuos como para afectar las características hidráulicas y fisicoquímicas de los lixiviados; constituyendo la principal fuente de aportación de agua la correspondiente a precipitación pluvial. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Sin embargo, cuando el tiradero a cielo abierto se encuentra ubicado dentro de la zona de saturación, inmediatamente encima de ésta, o bien existe alguna otra fuente de aportación de agua que pueda competir con la precipitación pluvial e incluso superarla, lo más recomendable es instalar baterías de pozos para muestreo a diferentes profundidades, ya que las características de los lixiviados se verán modificadas por el comportamiento hidráulico y las características del agua de intrusión. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Para monitorear el movimiento de los contaminantes en el agua subterránea, o bien la calidad de ésta última, también se puede hacer uso de criterios de diseño específicos para diferentes situaciones geohidrológicas.

Cuando se desean conocer las características originales del acuífero (monitoreo de fondo, corriente arriba) se recomienda la instalación de pozos con tubería perforada o ranurada en toda la parte que quede sumergida en la zona de saturación, aunque también pueden utilizarse pozos para muestreo estratificado, o sistemas de pozos múltiples. Los dos criterios de diseño anteriores también pueden ser utilizados para monitorear el agua corriente abajo del sitio de disposición final.

La selección de los materiales de construcción para los pozos, generalmente se realiza tomando en cuenta las características de contaminantes previamente identificados. Para los propósitos del monitoreo de lixiviados y aguas subterráneas, se prefieren las

tuberías de plástico (PVC, Polietileno de Alta Densidad "HDPE" y, recientemente, tubos de fibra de vidrio reforzada con plástico), por ser químicamente inertes; minimizando la contaminación de las muestras. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Existen diversos tipos de ranurado que pueden ser aplicados a los tubos que sirven de ademe a los pozos para el monitoreo de lixiviados. Sin embargo, en nuestro país aún no se encuentran disponibles en el mercado en todas sus modalidades. Por lo general se compra el tubo "ciego", es decir sin ranurar, y con la ayuda de un taladro se imita la configuración del ranurado simple mostrado en la figura mencionada anteriormente.

El material filtrante utilizado en la zona de captación, generalmente puede ser arena o grava controlada (grava de diámetro inferior a 5 cm). Es recomendable que estos materiales sean lavados previamente a su empacado dentro del pozo, siendo esto más importante para los pozos de aguas subterráneas, que para los pozos de lixiviados que se instalan dentro de los residuos sólidos.

En cuanto al material utilizado para sellar las bocas de los pozos y para separar las zonas de ranurado de las tuberías, también se cuenta con varias opciones que principalmente incluyen al cemento portland, la bentonita, las puzolanas, las tierras de diatomáceas, o bien mezclas de estos mismos materiales. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Los pozos que se construyen para monitorear el lixiviado en el interior de los estratos de residuos sólidos, generalmente quedan expuestos a riesgos de afectación de su estructura, principalmente debido a las maniobras de la maquinaria pesada y de los vehículos que transportan los residuos, cuando se encuentran cerca del frente de trabajo o en el interior del mismo. Aún cuando el sitio ya se haya clausurado, este tipo de infraestructura puede también ser víctima del vandalismo; siendo por esto que usualmente



se recomienda contemplar en su diseño protecciones que impidan el deterioro o el uso inadecuado de los pozos.

#### *Selección de métodos y programas de muestreo.*

Existen varias formas de extraer muestras de lixiviados o de aguas subterráneas a través de pozos de monitoreo. Las diferencias de aplicación en uno y otro caso son mínimas y su selección dependerá de la frecuencia de muestreo, el número de pozos, las condiciones físicas y climatológicas del sitio, así como de los objetivos del monitoreo.

Una de las opciones es instalar bombas permanentes en cada uno de los pozos, lo cual se recomienda únicamente cuando se trate de un monitoreo a largo plazo y, teniendo cuidado de que en el caso de monitorear lixiviados dentro del sitio de disposición final, se instale una "bomba inatascable". También se pueden utilizar bombas portátiles, teniendo cuidado de lavarlas adecuadamente, después de cada toma de muestra. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

Para el muestreo de aguas subterráneas, también se puede utilizar el método de "desplazamiento de volúmenes", utilizando gases comprimidos para forzar al agua a subir por el tubo de muestreo.

Para el muestreo de lixiviados en pozos relativamente poco profundos, se puede hacer uso de los métodos de muestreo para aguas superficiales, mediante recipientes muestreadores.

La frecuencia de muestreo en los programas de monitoreo depende de una gran cantidad de factores; tales como los propósitos del monitoreo, la calidad original del suelo y aguas subterráneas en el sitio, la cantidad y dirección de flujo de los lixiviados y agua subterránea, el equipo de muestreo utilizado, el manejo de los datos obtenidos y, las características climatológicas del sitio, entre otros.

La experiencia demuestra que los programas de monitoreo deben ser flexibles, permitiendo modificaciones de acuerdo con las condiciones físicas y climatológicas de cada sitio y en cada época del año. El monitoreo programado permite observar los cambios estacionales y otros fenómenos a largo plazo, mientras que el monitoreo no programado (aleatorio) puede ser utilizado para estudiar los fenómenos con alto riesgo de contaminación; tales como el deshielo y los ciclones.

Sin embargo, cuando no se dispone de infraestructura, información o presupuesto suficientes para el estudio de todos los parámetros que determinan la frecuencia del monitoreo, los organismos internacionales como la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos de Norte América, recomiendan una frecuencia semanal o, en su defecto, mensual. (SEDESOL, 2001<sup>1</sup>)

En el establecimiento de los puntos de muestreo, debe tenerse cuidado de seleccionar aquellos en donde la muestra pueda ser obtenida con perturbaciones mínimas o nulas (si es posible) y, tratando de que sea representativa de las condiciones en que se encuentra el lixiviado dentro del sitio.

#### VII.17.- MODELACIÓN DE LA DEPRESIÓN GENERADA AL MOMENTO DE EXTRAER LA BASURA

Posterior a la extracción de los residuos se deberá realizar la modelación de las depresiones generadas en el predio. Dicha modelación deberá realizarse conforme a lo establecido en el proyecto proyectado para el uso futuro posterior al saneamiento del sitio.

## VII.18.- INTEGRACIÓN DEL PREDIO A UNA ACTIVIDAD PRODUCTIVA

Para considerarse por finalizado el proceso de saneamiento es necesario reintegrar el predio a una actividad productiva, la cual puede ser desde un área recreativa pública, club deportivos, privados, zonas habitacionales, áreas industriales, etc.

## VII.19.- ELABORACIÓN DEL REPORTE FINAL

Tomando como base los estudios antes mencionados, se realizará el proyecto ejecutivo de saneamiento del sitio. Del cual se entregara una copia a las autoridades ambientales correspondientes, las cuales se definieron en el capítulo VII.9.

Este estudio debe incluir por lo menos los siguientes puntos:

- ⇒ Introducción
- ⇒ Antecedentes
- ⇒ Objetivos y metas
- ⇒ Justificación de la realización del proyecto
- ⇒ Diagnóstico del sitio
- ⇒ Desarrollo de la metodología
- ⇒ Diseño del saneamiento del sitio.
- ⇒ Propuesta de uso final.
- ⇒ Manual de monitoreo ambiental.
- ⇒ Especificaciones de obra.
- ⇒ Conclusiones
- ⇒ Bibliografía

## VIII.- ESTUDIO DE CASO

El estudio de caso se realizó en el Exvertedero Municipal Arrollo Milpa Alta, Zapopan Jalisco México, previo a la construcción del proyecto desarrollo habitacional Colinas Country Club.

### VIII.1.- INTRODUCCIÓN

El predio en donde se realiza la construcción del desarrollo habitacional C.C.C, fue comprado de buena voluntad, con el fin de desarrollar en el un fraccionamiento con campo de golf, sin embargo, después de comprado, se detectó en el subsuelo un volumen cercano a 300,000 m<sup>3</sup> de basura en algunas cañadas del predio, las cuales fueron depositadas durante los años 60s a 80s por parte de los Ayuntamientos de Zapopan, Guadalajara y el poblado de San Juan de Ocotán.

El Desarrollo Habitacional C.C.C., se sitúa al Noroeste de la Ciudad de Guadalajara Jalisco, sobre el periférico, aproximadamente a 2.5 km de la Av. Vallarta y a 2 km de la Av. Acueducto, teniendo como edificaciones más cercanas al noroeste la unidad de Pensiones del Estado, al este, el fraccionamiento Puerta de Hierro, al sureste Royal Country; además la totalidad del terreno C.C.C. se encuentra dividido por el periférico. Ver imagen I.1 y I.2.

No es posible pensar en realizar construcción alguna sobre este exvertedero, ya que esto a mediano plazo puede ocasionar daños a las construcciones, debido a que los procesos naturales de descomposición de la basura tienden a disminuir su volumen, lo que puede llevar a colapsamientos de los terrenos y casas, provocar la emisión de gases, incendios, generación de fauna nociva, entre otros. Por lo que es prioritario el sanear la zona antes de iniciar cualquier construcción.

La inversión necesaria a realizar es de un monto superior a los \$40'000,000.00 de pesos.

## VIII.2.- LOCALIZACIÓN

El área de estudio se localiza al sudoeste de la cabecera Municipal de Zapopan Jalisco, aproximadamente a 2.8. kilómetros del centro de esta población.

Las coordenadas geográficas aproximadas son:

Latitud Norte 20°41'10"

Latitud Oeste 103°25'30"

Altitud Media 1,625 msnm

La zona en estudio esta dentro de las microcuencas de los arroyos Milpa Alta, Las Tinajas y Ocotán; dentro de estas, se ubican los terrenos del fraccionamiento C.C.C., que ocupan una superficie de 186 has.

El fraccionamiento cuenta con los siguientes límites: al Norte con el arroyo Ocotán, al Sur con el arroyo Milpa Alta y la calle 5 de Mayo, al Este con los fraccionamientos Valle Real y Puerta de Hierro y al Oeste con el arroyo Ocotán

Ver Figura I.1 Plano de localización del predio.

## VIII.3. GENERALIDADES

El problema tuvo sus inicios cuando en el mismo se desarrollaron durante un tiempo una serie de Bancos de Material Geológico (BMG), sin ningún estudio de abandono y las depresiones que formaron estos fueron rellenadas con basura.

El tiradero a cielo abierto fue manejado en su momento por el Municipio de Zapopan, depositando en su mayor porcentaje residuos de casas habitación que en su mayoría están degradados en la actualidad, pero que representan aún un impacto visual y una molestia para los vecinos por los olores, gases que emiten y la basura que es arrastrada

en temporada de lluvias y obstruye las alcantarillas en las partes bajas, por lo que ahora cuando se quiere desarrollar un complejo habitacional, es necesario sanear el lugar antes de desarrollar el mismo. Ver imagen VIII.1.

Actualmente el arroyo Milpa Alta a erosionado algunas de las paredes que cubrían los residuos, por lo que en temporada de lluvias este mismo arroyo lleva la basura a las partes bajas provocando con esto obstrucciones en el sistema alcantarillado.

Este proyecto plantea la mecánica de extracción de la basura, para determinar los impactos y riesgos ambientales factibles de generarse durante la extracción de la misma. Y la disposición final de la basura será en un relleno sanitario privado ya existente que cumple con las normas y técnicas oficiales que se manejan actualmente, en el cual se confinara la basura extraída del predio previa trituración. Ver figura VIII.2.2 donde se muestra la fotografía aérea del área de estudio.

#### VIII.4. PROYECTO DE INTEGRACIÓN DEL PREDIO A UNA ACTIVIDAD PRODUCTIVA

El proyecto C.C.C. es un prototipo de desarrollo inmobiliario (área habitacional, club de golf, casa club y área de conservación), en el cual existirá una baja densidad de construcción y una mínima población, permitiendo espacios abiertos para interconectar las propiedades, instalaciones y servicios, lo cual evidentemente contribuirá a preservar un alto porcentaje de superficie como áreas verdes y por consecuencia, la rehabilitación y conservación del paisaje, algunas especies de fauna y flora silvestre y sus recursos naturales no bióticos.

La presencia del basurero dentro del predio destinado para el complejo habitacional, limita la realización del mismo, por lo que es necesario en principio sanear esta localidad previa construcción. Ver figura VIII.2.

Se proyecta un total de 1,199 lotes, los cuales variaran en su superficie, estos se encontraran distribuidos en 32 manzanas de uso habitacional, mas 2 de donación, 1 de servicios internos para el fraccionamiento, el cual contara con lavandería, tintorería, farmacia, papelería, cajeros automáticos, etc., así mismo se contará con un área para la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales, dando un total de 36 lotes.

C.C.C. compro la concesión de las aguas negras residuales que pasan por el predio, estas aguas serán recicladas y se manejaran en la planta de tratamiento de aguas residuales junto con las aguas del fraccionamiento mismo y con ellas se regaran las áreas verdes y el campo de golf.

La superficie total de terreno es de 1'900,454.17 mts<sup>2</sup>, encontrándose dividido de Sur a Norte por el anillo periférico. Se destinarán 888,00.37528 m<sup>2</sup>, con una densidad de 47.91 %, esto es 6.8 viviendas por Hectárea, con una superficie mínima de lotes de 500 m<sup>2</sup>.

## VIII.5.- DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

### *VIII.5.1.- Delimitación del área con basura y cuantificación del volumen*

Se realizaron una serie de 30 sondeos mediante el empleo de una maquina retroexcavadora de tipo oruga (John Deere 690 B). Ver imagen VIII.3.

La toma de muestras se realizo a diferentes profundidades tomando como referencia los resultados obtenidos de los sondeos practicados por la empresa LAINCO S.A de C.V. en 1994 para definir el espesor de la capa de residuos depositados en el sitio y la mecánica de suelos variando en profundidad de 0.50 6.0 metros.

Se localizaron tres sitios en los que se depositaron residuos los cuales denominaremos confinamiento 1, 2 y 3. Ver figura VIII.4

Para definir las características de cada uno de los sitios se tomo como base la identificación de los mismos, realizada durante el levantamiento topográfico del predio, en

este sentido podemos mencionar que en las tres áreas se realizó el depósito con la intención de rellenar cárcavas y barrancas existentes en la zona.

#### confinamiento 1.-

Se localiza en el límite este del predio, a pesar de contar con una superficie aproximada de 2.5 hectáreas en esa área en la que se concentra el menor volumen de residuos de acuerdo a las observaciones de campo y a los sondeos practicados, se comprobó que la distribución de los residuos es bastante irregular, esto se debe a que la mayor parte del área corresponde a cárcavas de poca profundidad, con excepción de una sección del sitio donde se aprecia que se realizaron extracciones de material geológico con anterioridad al depósito donde se observan cortes verticales de hasta 5 metros de altura.

Por tal motivo la práctica de los sondeos en el sitio se realizó mediante el empleo de una máquina de tipo traxcavo oruga (Caterpillar modelo 955), comprobándose que la distribución y espesor de la capa de los residuos es variable, ya que en algunos puntos es bastante somera (0.50 metros Sonda n° 5) mientras que en otros alcanza los 5 metros de espesores (sondeo 11).

Por lo que respecta a las condiciones generales del depósito, en las áreas donde se concentra la capa más gruesa, hasta la profundidad de 1.20 metros la condición de humedad es nula (seca), incrementándose el grado de humedad conforme se profundiza.

La parte superior del depósito está cubierta por una delgada capa de material en la que anualmente se reproducen especies de gramíneas y algunas compuestas (vegetación secundaria).

#### Confinamiento 2.-

Se localiza en el límite sur del predio sobre la margen izquierda del cauce del arroyo denominado Milpa Rey, alcanzando una superficie aproximada de 2.6 hectáreas.



Es el sitio donde existe el mayor volumen de residuos depositados en función de la superficie, razón por la cual se acordó practicar un mayor número de muestreos, siendo 12 en total. La toma de muestras se realizó en algunos sondeos a la profundidad de 6.0 metros (sondeos 1, 6, 10 y 12) sin llegar al piso natural del terreno, estimándose que la profundidad media del depósito alcanza los 4.5 metros.

Las condiciones generales en el sitio varían de semihúmedo a húmedo, con excepción del muestreo no. 9 que se realizó a una profundidad de 1.70 metros y donde las condiciones de humedad son nulas. Por lo que respecta a las condiciones de temperatura, la máxima registrada en el sitio fue de 48 grados centígrados, correspondiendo al muestreo no 5 donde a la profundidad de 4.90 metros se registraron emisiones de vapor.

### Confinamiento 3.-

Se localiza en el límite sur del predio y comprende una superficie aproximada de 1.5 hectáreas.

Este es el sitio en el cual se depositaron los primeros residuos por li que las condiciones generales del sitio son algo distintas respecto a los demás, sobre todo en lo referente a los materiales componentes de los residuos. Durante la toma de muestras se apreciaron en algunos puntos emisiones de humo, por lo que en algunos sondeos la presencia de vapor es evidente (sondeo 1 y 4).

El siguiente cuadro nos muestra los datos obtenidos en campo durante la realización de los sondeos.

DEPOSITO CONFINAMIENTO NUMERO 1					
No de sondeo	Prof. mts	Vol. de la muestra KG	Temperatura °C	Condición	Observaciones
1	1.2	200	72	Húmedo	Emisión de vapor y humo

2	0.7	30	36	Seco	Superficial para cobertura
3	2	300	43	Húmedo	Seco hasta 1.20
4	1.7	100	42	Seco	Ninguna
5	0.50	50	30	Seco	Superficial
6	2	200	40	Semi húmedo	Ninguna
7	2	200	30	Seco	Ninguna
8	2.3	200	39	Húmedo	Seco hasta 1.50 metros
9	3	250	39	Seco	Húmedo a mas de 2.00 mts
10	4	200	32	Húmedo	Ninguna
11	5	250	32	Húmedo	Ninguna

Deposito confinamiento No 2					
No de sondeo	Prof. mts	Vol. de la muestra KG	Temperatura °C	Condición	Observaciones
1	6.00	250	41	Húmedo	Ninguna
2	3.30	200	38	Semi húmedo	Ninguna
3	3.70	250	45	Húmedo	Ninguna
4	3.70	200	38	Húmedo	Ninguna
5	4.90	250	48	Húmedo	Emisión de vapor
6	6.00	200	42	Húmedo	Ninguna
7	3.80	200	38	Húmedo	Ninguna
8	2.30	200	38	Semi húmedo	Piso
9	1.70	200	26	Seco	Piso a 2.00 mts
10	6.00	250	47.5	Húmedo	Ninguna
11	3.70	200	48	Semihumedo	Ninguna
12	6.50	200	45	Húmedo	Ninguna

Deposito confinamiento No 3.					
No de sondeo	Prof. mts	Vol. de la muestra KG	Temperatura °C	Condición	Observaciones
1	3.20	200	42	Húmedo	Emisión de vapor
2	4.50	200	40	Húmedo	Presencia de fumarolas
3	5.00	250	40	Húmedo	Ninguna
4	5.00	250	38	Húmedo	Emisión de vapor
5	4.70	200	36	Húmedo	Ninguna
6	4.00	250	39	Húmedo	Ninguna
7	5.00	250	36	Húmedo	Ninguna

#### VIII.5.2.- Caracterización de los residuos

Para la caracterización de los residuos se contrato a la empresa GOMCO S.A de C.V. y al CIATEJ A.C. de las cuales la primera fue solicitada por el Ayuntamiento de Zapopan y la segunda empresa por parte del promovente.

Los análisis CRETIB realizados cumplen con las especificaciones de la norma NOM-052-ECOL-1993.

Tabla VIII.5.1 comparativa de resultados finales de análisis CRETIB				
CONFINAMIENTO	A) CORROSIVIDAD	REACTIVIDAD	EXPLOSIVIDAD	FLAMABILIDAD
1				
MUESTRA	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
1	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
2	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO

3	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
4	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
5	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
6	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
7	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
8	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
9	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
10	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
11	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
12	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
<b>CONFINAMIENTO</b>	<b>B) CORROSIVIDAD</b>	<b>REACTIVIDAD</b>	<b>EXPLOSIVIDAD</b>	<b>FLAMABILIDAD</b>
2				
<b>MUESTRA</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>RESULTADOS</b>
1	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
2	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
3	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
4	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
5	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
6	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
7	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
8	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
9	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
10	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
11	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
12	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO

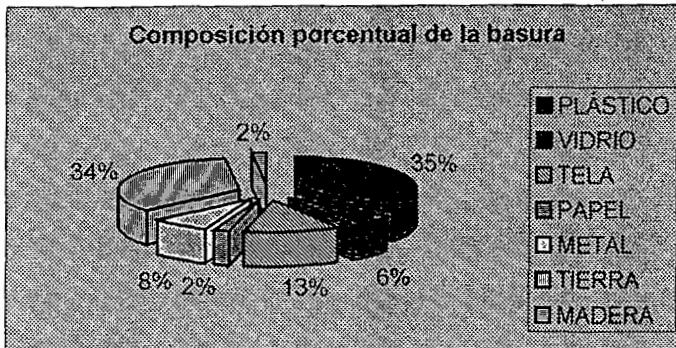


Figura VIII.12.- Composición porcentual de la basura

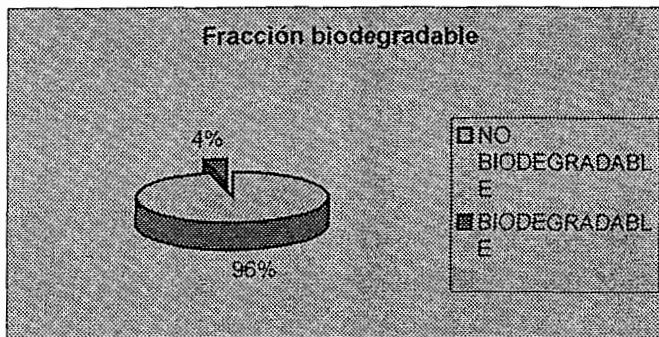
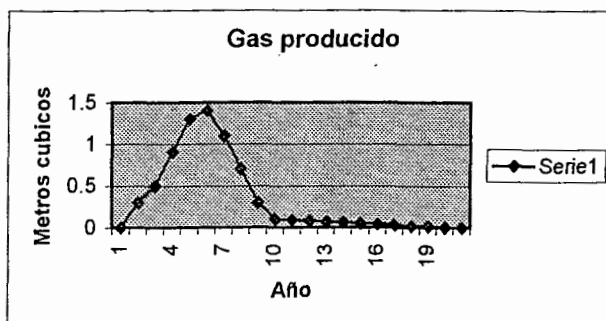


Figura VIII.13.- Fracción biodegradable



VIII.14.- Gas producido en función de tiempo

CONFINAMIENTO 3	C) CORROSIVIDAD	REACTIVIDAD	EXPLOSIVIDAD	FLAMABILIDAD
MUESTRA	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
1	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
2	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
3	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
4	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
5	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
6	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
7	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
CONFINAMIENTO 1	TOXICIDAD (As, Ba, Cd, Cr-6, Ni, Hg, Ag, Pb, Se)		BIOLÓGICO INFECCIOSO	
1	NEGATIVO		NEGATIVO	
2	NEGATIVO		NEGATIVO	
3	NEGATIVO		NEGATIVO	
4	NEGATIVO		NEGATIVO	
5	NEGATIVO		NEGATIVO	
6	NEGATIVO		NEGATIVO	
7	NEGATIVO		NEGATIVO	
8	NEGATIVO		NEGATIVO	
9	NEGATIVO		NEGATIVO	
10	NEGATIVO		POSITIVO	
11	NEGATIVO		NEGATIVO	
12	NEGATIVO		NEGATIVO	
CONFINAMIENTO 2	TOXICIDAD (As, Ba, Cd, Cr-6, Ni, Hg, Ag, Pb, Se)		BIOLÓGICO INFECCIOSO	

1	NEGATIVO	NEGATIVO
2	NEGATIVO	NEGATIVO
3	NEGATIVO	NEGATIVO
4	NEGATIVO	NEGATIVO
5	NEGATIVO	NEGATIVO
6	NEGATIVO	NEGATIVO
7	NEGATIVO	NEGATIVO
8	NEGATIVO	NEGATIVO
9	NEGATIVO	NEGATIVO
10	NEGATIVO	POSITIVO
11	NEGATIVO	NEGATIVO
12	NEGATIVO	NEGATIVO
<b>CONFINAMIENTO 3</b>	<b>TOXICIDAD (As, Ba, Cd, Cr-6, Ni, Hg, Ag, Pb, Se)</b>	<b>BIOLÓGICO INFECCIOSO</b>
1	NEGATIVO	NEGATIVO
2	NEGATIVO	NEGATIVO
3	NEGATIVO	NEGATIVO
4	NEGATIVO	NEGATIVO
5	NEGATIVO	POSITIVO
6	NEGATIVO	NEGATIVO
7	NEGATIVO	NEGATIVO

### VIII.5.3.- Evaluación de la problemática ambiental

Se evaluó la problemática ambiental que presentaba el predio, análisis para el cual se consideraron la problemática por biogás, lixiviados, fauna nociva, olores, salud pública y molestias a la población.

## BIOGÁS.-

El calculo del biogás existente en los confinamientos 1, 2 y 3 se realizo tomando en cuenta los muestreos elaborados por la empresa GOMCO S.A de C.V., CIATEJ y los sondeos hechos por el laboratorio LAINCO, así como las superficies determinadas en el estudio topográfico realizado por la empresa Topografía y Proyecto civil S.C. De igual manera se observaron los muestreos realizados y en campo observaciones directas de la caracterización de la basura.

La cantidad de gas generado depende directamente del tipo de residuos depositados, de acuerdo a estimaciones acerca de las características de los residuos confinados en los vertederos Milpa Alta, en los 3 confinamientos y en condiciones normales, la velocidad de descomposición, medida por la producción de gas, llega a su cima dentro de los primeros años y después baja lentamente, continuando en muchos casos durante periodos de hasta 25 años o mas.

Tabla VIII.5.2 Tabla Resumen de generación de biogás

Confinamiento	1	2	3	Total
Superficie (m <sup>2</sup> )	20,525	26,410	1,048	47,983
Volumen Est. (m <sup>3</sup> )	120,051	150,496	8,174	278,721
Basura depositada (TON)	200,085	250,826	13,623	464,534
Degradación rápida (DR)	86,036	117,888	7,220	211,144



Degradación lenta (DL)	114,049	132,938	6,403	253,390
Gas generado (DR)(m <sup>3</sup> ) CH <sub>4</sub>	39,568	54,374	3,379	97,321
CO <sub>2</sub>	37,253	50,375	3,090	90,718
Gas generado (DL)(m <sup>3</sup> ) CH <sub>4</sub>	17,497	94,670	4,599	116,766
CO <sub>2</sub>	37,743	65,239	3,108	106,090

De acuerdo a la distribución porcentual de los componentes orgánicos de los ex vertederos Milpa Alta, se estima que la duración de las fases individuales de producción de gas y su distribución porcentual en función del tiempo de los principales gases generados son los siguientes a partir de la clausura de los vertederos Milpa Alta.

Tabla VIII.5.3.- Tabla fases individuales de producción de gas en función con el tiempo

TIEMPO MESES	N <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (%)
0-6	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

De acuerdo a lo anterior se deduce que el volumen importante de biogás fue ya generado y arrojado a la atmósfera y que la generación de este va en franco decaimiento esperándose emisiones de gases para 10 años más para los exverederos.

#### *LIXIVIADOS.-*

Durante la etapa de la evaluación de la problemática ambiental no fue posible la realización de la estimación de generación de lixiviados, lo anterior debido a que el flujo de las aguas subterráneas tiene dirección noroeste a sureste, y nuestra área correspondiente al confinamiento de los residuos se localiza en el límite sur y sureste del predio, por lo anterior, no se realizaron los pozos de monitoreo que marca la metodología, debido a que no es posible realizar cualquier tipo de muestreos ya que esto implicaría la introducción en propiedades privadas. Ver imagen VIII.11.

#### *FAUNA NOCIVA.-*

Debido a que el predio en estudio se encuentra prácticamente asimilado por la ciudad, se ha localizado este punto como fuente de fauna nociva, ya que es un lugar ideal para que dichos organismos se reproduzcan y migren hacia las colonias vecinas, tal y como sucede en los Fraccionamientos Puerta de Hierro, Royal Country, el área correspondiente a pensiones del estado, entre otros. Es necesario mencionar que dichos fraccionamientos corresponden a zonas de alta plusvalía, por lo que las molestias a la población en este aspecto son evidentes.

Es necesario mencionar en este apartado que en los sondeos y muestreos realizados en el terreno, para la delimitación y cuantificación del volumen de residuos, se encontró que algunos de estos Fraccionamientos de alta plusvalía, fueron construidos sobre área que contenían residuos depositados en el mismo periodo de tiempo que los depositados en

**MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL**  
**SANEAMIENTO DEL CONFINAMIENTO MUNICIPAL DE MILPA ALTA, ZAPOPAN**

FASES	FACTORES AMBIENTALES IMPACTADOS	MEDIO ABIOTICO										MEDIO BIOTICO				PERCEPTUAL		MEDIO SOCIO ECONOMICO										TOTAL						
		AIRE		SUELO				AGUA		FLORA		FAUNA		PAISAJE		USO DEL SUELO	INFRAE. HUMANOS				ECONOMIA Y POBLACION						TOTAL							
		CALIDAD	NIVEL DE RUIDO	TOPOGRAFIA	COMPOSICION FISICO-QUIMICAS	PERMEABILIDAD	EROSION	USO ACTUAL Y POTENCIAL	DRENAJE SUPERFICIAL	AGUAS SUBTERRANEAS	COBERTURA VEGETAL	DIVERSIDAD FISICO	DIVERSIDAD QUIMICA	HABITAT	ABUNDANCIA	CALIDAD	ESTETICA	CAMBIO DE USO	OPINION SOCIAL	CALIDAD DE VIDA	SALUD	SEGURIDAD	EMPLEO	COMPRA - VENTA DE TERRENOS	SERVICIOS PUBLICOS	INVERSIONES	VALOR DEL SUELO	ACTIVIDADES RECREATIVAS	DEMANDA DE VIVIENDA	A	B	b	SUMA	
PREPARACIÓN	ESTUDIOS PREVIOS						B									B	b	b			B	B	B	B	B				0	0	7	2	9	
	DESPALME DE MATERIAL	a	a		a	a				a		a	a	a	a	a			b	b		B	B						0	11	0	1	12	
	HABILITACION DE ACCESOS	a	a	b	a		b			a		a							b	b	b	b							0	5	0	6	11	
	INSTALACION DE MAQUINARIA		a	b	a										a	a						b		B					0	4	1	3	8	
	PRUEBA DE MAQUINARIA	a	a																		b	b							0	2	0	2	4	
	COLOCACION DE INFRAESTRUCTURA TEMPORAL	a	a												a	a					B	B			b				0	4	2	2	8	
	DELIMITACION DE CIRCUITO INTERNO	a	a	a				b													b	b							0	3	0	3	6	
	EMISION DE POLVOS	A													a				a	a	a								1	4	0	0	5	
	RUIDO Y VIBRACIONES		a									a		a				a	a	a									0	6	0	0	6	
	INST. DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA																	B	b	b			b	b		B			0	0	2	5	7	
OPERACIÓN	EXTRACCIÓN DE BASURA	a	a	a	B	B	B	b	b				a		b	b	B	B	B			b	b		B	B			0	4	9	5	18	
	OPERACIÓN DE MAQUINARIA	a	a												a			a				b							0	4	0	1	5	
	TRITURACION DE BASURA		a																										0	1	0	0	1	
	ALMACENAMIENTO DE MATERIAL TRITURADO	a						a								a													0	3	0	0	3	
	MOVIMIENTO DE MAQUINARIA	a	a	b																									0	2	0	1	3	
	MANTENIMIENTO DEL CIRCUITO INTERNO	a	a				b		b												b	b							0	2	0	4	6	
	MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA	B																			b	b							0	0	1	3	4	
	RELLENO DE OQUEDADES	a		B	b	b	b	b	b	b					b	b					b	b		b					0	1	1	10	12	
	TRATAMIENTO DEL AGUA SUBTERRANEA							B		B										B	B	b		b	B		b	B		0	0	6	3	9
	EMISION DE POLVOS	A													a				a	a	a								1	4	0	0	5	
RUIDO Y VIBRACIONES	a	a										a		a				a	a	a								0	7	0	0	7		
ABANDONO	DESINSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA	a	a			b		b								B	B					b							0	2	2	3	7	
	DESINSTALACIÓN DE LA TRITURADORA	a	a					b								B	B					b							0	2	2	2	6	
	NIVELACIÓN	a	a	B	b	b	B	B	B							B	B					b	B						0	2	7	3	12	
	RETIRO DE ESCOMBROS Y BASURA	a	a	b	b	B	B	B	b							B	B	B	B	B	B	b	b						1	2	6	5	14	
	URBANIZACIÓN			B	b	A	B	B	B		B	B	b	b		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	1	0	19	3	23	
RESTAURACIÓN AMBIENTAL	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	0	0	28	0	28		
TOTAL	A	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	a	16	17	2	3	1	1	0	1	0	2	0	3	3	3	6	4	0	5	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	B	2	1	4	2	3	3	7	3	2	2	2	1	1	1	6	6	5	6	4	2	3	4	5	2	5	6	2	2	2	2	2		
	b	0	0	4	4	3	3	3	4	2	0	0	1	1	0	2	2	0	2	5	4	5	13	4	0	3	0	0	0	0	0	0		
	SUMATORIA	20	18	10	9	8	7	10	8	4	4	2	5	5	4	14	12	5	13	13	10	8	17	9	2	8	6	2	2	2	2	2		

A.- Adverso Alto Grado      B.- Benefico Alto Grado      a.- Adverso Bajo Grado      b.- Benefico Bajo Grado

CONFINAMIENTO MUNICIPAL DE MILPA ALTA ZAPOPAN

nuestro predio. Por lo cual, es posible que además de la reproducción de la fauna nociva en nuestro predio, en estos se reproduzca también y migren hacia zonas cercanas.

#### *OLORES.-*

Se han reportado ante las diversas autoridades de Ecología, quejas por los malos olores que se despiden del predio, aun cuando por lo antes mencionado se cree que además de los olores que genera nuestro predio, en los fraccionamientos antes mencionados se generan también dichos olores.

#### *SALUD PUBLICA.-*

Vecinos de las colonias cercanas se han quejado de mareos, dermatitis, nauseas, posibles niños con asma (no comprobado), etc., a causa de la presencia del tiradero, pero con los resultados de los sondeos realizados se cree que dichos síntomas son producto de la construcción de sus propiedades sobre un antiguo tiradero a cielo abierto además de la cercanía de sus terrenos con el nuestro.

#### *VIII.5.4.- Análisis del posible reciclamiento y/o tratamiento de los residuos*

Se considero la separación de los residuos y su posible reciclamiento, se busco en el mercado a las posibles industrias recicladoras que pudieran interesarse en los residuos ya separados y clasificados.

Con base en los resultados obtenidos en la caracterización de los residuos se opto por dos formas de tratamiento de los residuos, el primero por medio de un bactericida biodegradable denominado Simple Green, el segundo en base a la exposición de la basura a los rayos solares "Aireación y secado por medio del sol.

## VIII.5.5.- Identificación y evaluación de impactos ambientales y riesgos ambientales

### *VIII.5.5.1.- Impacto Ambiental*

En tabla VIII.5.4 se adjunta la matriz de impacto ambiental cualitativa desarrollada para el proyecto de saneamiento, y en la tabla VIII.5.6, se presentan las matriz de impacto ambiental cuantitativa o matriz de importancia, las cuales se desarrollaron para cuantificar el posible impacto generado durante la etapa de confinamiento de R.S.M. en el predio durante los años 60s – 80s, igualmente las generadas durante la fase de saneamiento, las cuales se identificaron con base a las acciones del proyecto y a través de una matriz de doble entrada, en donde en uno de los ejes aparecen las acciones impactantes y en el otro los subsistemas abiótico, biótico, perceptual y socio económico, todo esto de acuerdo a la metodología propuesta por Conesa (1995),

El proyecto desarrollara una serie de acciones impactantes, ya sean adversas en alto grado (A), adversas en bajo grado (a), benéficas en alto grado (B) o benéficas en bajo grado (b) durante las diferentes fases del proyecto. Esta forma de calificar a las acciones impactantes se utiliza en la matriz de impacto ambiental cualitativa, utilizando para las matrices de importancia los valores de intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad y las medidas correctoras.

Las fases del proyecto se clasifican como etapa de preparación, construcción y operación , mantenimiento.

Como factores ambientales impactados se consideran aquellos medios abióticos como el aire (calidad, nivel de ruido), suelo (topografía, permeabilidad, erosión, uso actual y potencial), agua (drenaje superficial, aguas subterráneas), como medio biótico se consideran la flora (cobertura vegetal, diversidad), y la fauna (diversidad, hábitat, abundancia), en el medio perceptual se analiza el paisaje (calidad, estética), y por ultimo en

el medio socio económico se evalúa la infraestructura – humanos (opinión social, calidad de vida, salud, seguridad) y la economía y población (empleo, compra-venta de terrenos, servicios públicos, inversiones, valor del suelo, actividades recreativas y demanda de vivienda)

Dentro de la fase de preparación para la matriz de impacto ambiental cualitativa se tienen como acciones impactantes las siguientes:

#### CLUB DE GOLF

- Estudios previos.
- Alteración de la cubierta vegetal
- Movimiento de tierras
- Emisión de polvos
- Encauzamiento de arroyos
- Instalación de planta de tratamiento
- Instalación de red de riego
- Instalaciones provisionales
- Uso de maquinaria
- Inversión
- Accesos viales
- Empleo
- Infraestructura

#### URBANIZACIÓN

- Rehabilitación ambiental
- Uso de maquinaria
- Movimiento de tierras

- Encauzamiento de arroyos
- Instalación de planta de tratamiento
- Emisión de polvos
- Instalaciones provisionales
- Accesos viales
- Inversión
- Empleo
- Acopio de materiales

Dentro de la fase de construcción se tienen las siguientes acciones impactantes.

#### CLUB DE GOLF

- Construcción de vialidades internas
- Implementación del campo de golf
- Instalaciones provisionales
- Emisión de polvos
- Ruido y vibraciones
- Inversión
- Normas estéticas y ambiente
- Jardines y repoblación forestal
- Empleo
- Introducción de especies exóticas

#### URBANIZACIÓN

- Movimiento de tierras
- Casa club
- Ruido y vibraciones

- Red de drenaje pluvial y sanitario
- Red telefónica
- Red eléctrica
- Vialidades internas
- Alumbrado
- Barda perimetral
- Desarrollo habitacional
- Pavimentación
- Inversión
- Áreas verdes y jardines
- Empleo
- Extracción de maquinaria
- Extracción de materiales sobrantes

Durante la fase de operación y mantenimiento se prevén las siguientes acciones

impactantes:

#### CLUB DE GOLF Y URBANIZACIÓN

- Mantenimiento club de golf
- Mantenimiento casa club
- Habitabilidad del fraccionamiento
- Mantenimiento de áreas verdes y jardines
- Utilización de abonos
- Mantenimiento general del fraccionamiento
- Descarga de aguas residuales
- Generación de basura



**MATRIZ DE IMPORTANCIA**  
**ANTES DEL SANEAMIENTO DEL CONFINAMIENTO MUNICIPAL DE MILPA ALTA, ZAPOPAN**

ACCIONES IMPACTANTES	FASES	FACTORES AMBIENTALES IMPACTADOS	MEDIO ABIOTICO																	MEDIO BIOTICO					PERCEPTUAL		MEDIO SOCIO ECONOMICO										TOTAL
			AIRE		SUELO					AGUA			FLORA		FAUNA			PAISAJE		USO DEL SUELO	INFRAE. HUMANOS				ECONOMIA Y POBLACION						Suma						
			Calidad	Nivel de Ruido	TOPOGRAFIA	COMPOSICION FISICO-QUIMICAS	PERMEABILIDAD	EROSION	USO ACTUAL Y POTENCIAL	DRENAJE SUPERFICIAL	AGUAS SUBTERRANEAS	COBERTURA VEGETAL	DIVERSIDAD	DIVERSIDAD	HABITAT	ABUNDANCIA	Calidad	ESTETICA	CAMBIO DE USO	OPINION SOCIAL	Calidad de Vida	Salud	Seguridad	Empleo	COMPRA - VENTA DE TERRENOS	SERVICIOS PUBLICOS	INVERSIONES	VALOR DEL SUELO	SUMA								
	PREPARAC	SELECCIÓN DE CAÑADAS Y DEPRESIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	-3	-3	-5	0	0	0	0	0	-20										
		PREPARACIÓN DE CAMINOS INTENOS	-12	-12	-25	-14	-10	-19	-3	-12	-4	-18	-18	-10	-10	-10	-12	-12	4	0	0	0	7	13	0	0	13	0	-164								
		CIRCULACION DE VEHICULOS	-6	-7	0	-7	-7	-7	-5	0	0	-7	0	-8	-8	-8	-6	-6	0	0	0	0	9	0	0	9	0	-64									
		MOVIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA	-6	-7	0	-7	-7	-7	-5	0	0	-7	0	-8	-8	-8	-6	-6	0	0	0	0	9	0	0	9	0	-64									
	OPERACIÓN	TRANSFERENCIA DE LOS R.S.M.	-10	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-13	-13	-13	-21	-21	-23	-17	-17	-17	-18	8	-25	0	8	-37	-239								
		ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE LOS R.S.M.	-13	-9	-9	-10	-10	0	-25	-10	-16	0	0	-10	-10	-8	-19	-19	-15	-13	-13	-13	-13	3	-2	0	0	-10	-244								
		DISPOSICIÓN FINAL DE LOS R.S.M.	-23	-9	-37	-37	-37	0	-37	-38	-29	-18	-18	-16	-16	-16	-37	-37	-37	-19	-21	-21	0	13	-8	0	0	-30	-528								
		ALTERACIÓN DE LA CUBIERTA TERRESTRE	-8	-8	-37	-37	-22	-13	-9	-14	-5	-15	-15	-7	-7	-7	-23	-23	-3	-5	0	0	0	2	0	0	0	0	-256								
		ALTERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL	-8	-8	-37	-37	-22	-13	-9	-14	-5	-15	-15	-7	-7	-7	-23	-23	-3	-5	0	0	0	2	0	0	0	0	-256								
		CUBRIMIENTO DE LOS R.S.M.	-8	-8	-22	-22	-22	-22	-22	-22	-23	-22	-22	-21	-21	-21	-21	-21	-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-334								
		ALTERACIÓN DE LA HIDROLOGIA Y DRENAJE	0	0	0	0	0	0	0	-26	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-49								
		EFFECTOS SOBRE LA SALUD DE RECOLECTORES Y PEPENADORES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-14	-14	-14	-14	-14	0	0	-10	0	-80								
		DETERIORO DEL PAISAJE	0	-16	-19	0	0	-13	-16	0	0	-16	0	0	-16	0	-19	0	-14	-5	-17	0	0	8	-2	0	-19	0	-164								
	CLAUSURA	GENERACIÓN DE LIXIVIADOS	0	0	0	-26	0	0	-11	-9	-18	0	0	0	0	0	0	0	-13	0	-14	-11	0	0	-7	0	0	-10	-119								
		GENERACION DE BIÓGAS	-25	0	0	-18	0	0	-6	0	0	0	0	0	0	0	-8	0	0	-11	-8	0	0	0	0	0	0	0	-76								
		GENERACIÓN DE MALOS OLORES	-9	0	0	0	0	0	-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	-10	0	0	0	-5	0	-9	-10	-68									
		GENERACIÓN DE INCENDIOS	-19	0	0	-12	0	0	-16	0	0	-13	-13	-13	-13	-13	-15	-15	0	-15	-15	-15	0	-15	-15	-15	-15	-262									
		PROLIFERACIÓN DE FAUNA NOCIVA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-18	-18	-18	-18	-18	0	-18	-20	-20	0	0	-20	0	0	-20	-188								
		DETERIORO A LA SALUD DE LOS VECINOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-22	-22	-22	0	0	-22	-22	-22	-22	-154									
		<b>TOTAL</b>	<b>-147</b>	<b>-94</b>	<b>-186</b>	<b>-227</b>	<b>-137</b>	<b>-94</b>	<b>-178</b>	<b>-145</b>	<b>-123</b>	<b>-131</b>	<b>-101</b>	<b>-131</b>	<b>-147</b>	<b>-129</b>	<b>-228</b>	<b>-201</b>	<b>-127</b>	<b>-147</b>	<b>-177</b>	<b>-146</b>	<b>-53</b>	<b>53</b>	<b>-106</b>	<b>-37</b>	<b>-36</b>	<b>-154</b>	<b>-3329</b>								

- Recolección de basura
- Mantenimiento de la planta de tratamiento
- Servicio de agua potable
- Reconstrucción paisajística
- Señalización
- Aumento de plusvalía
- Red de transporte
- Empleo fijo
- Seguridad

## Resultados

Tabla VIII.5.5.-Factores Ambientales Impactados Matriz Cualitativa

Medio Abiótico.									
Aire									
Calidad					Nivel de ruido				
A	a	B	b	Total	A	a	B	b	Total
-4	-9	1	10	-2	0	-11	1	5	-5
Medio Abiótico.									
Suelo									
Topografía					Composición físico-química				
A	a	B	b	Total	A	a	B	b	Total
0	-5	1	8	4	0	-12	1	2	-9
Permeabilidad					Erosión				
A	a	B	b	Total	A	a	B	b	Total
0	-5	1	11	7	0	-1	1	17	17
Uso actual y potencial									

**MATRIZ DE IMPORTANCIA**  
**POST SANEAMIENTO DEL CONFINAMIENTO MUNICIPAL DE MILPA ALTA, ZAPOPAN**

ACCIONES IMPACTANTES	FASES	FACTORES AMBIENTALES IMPACTADOS	MEDIO ABIOTICO																								MEDIO BIOTICO				PERCEPTUAL		MEDIO SOCIO ECONOMICO										TOTAL	
			AIRE		SUELO					AGUA				FLORA		FAUNA		PAISAJE		USO DEL SUELO	INFRAE. HUMANOS				ECONOMIA Y POBLACION						TOTAL													
			CALIDAD	NIVEL DE RUIDO	TOPOGRAFIA	COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICAS	PERMEABILIDAD	EROSIÓN	USO ACTUAL Y POTENCIAL	DRENAJE SUPERFICIAL	AGUAS SUBTERRÁNEAS	COBERTURA VEGETAL	DIVERSIDAD	DIVERSIDAD	HÁBITAT	ABUNDANCIA	CALIDAD	ESTÉTICA	CAMBIO DE USO	OPINIÓN SOCIAL	CALIDAD DE VIDA	SALUD	SEGURIDAD	EMPLEO	COMPRA - VENTA DE TERRENOS	SERVICIOS PÚBLICOS	INVERSIONES	VALOR DEL SUELO	SUMA															
		DESPALME	-7	-7	-7	-7	-7	-8	1	-8	0	-8	-8	-8	-8	-8	5	7	0	0	0	7	0	0	7	7	-73																	
		HABILITACIÓN DE ACCESOS	-12	-12	-25	-14	-10	-19	-3	-12	-4	-18	-18	-10	-10	-12	-12	4	0	0	0	7	13	0	0	13	0	-164																
		INSTALACIÓN DE MAQUINARIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11	0	0	11	0	33																	
		OPERACIÓN DE MAQUINARIA	-6	-7	0	-7	-7	-5	0	0	0	-7	0	-8	-8	-6	0	0	0	0	0	9	0	0	9	0	-64																	
	OPERACIÓN	EXTRACCIÓN DE BASURA	13	13	9	7	7	-7	21	3	21	0	0	5	5	5	11	11	19	21	21	13	13	21	13	0	21	13	279															
		OPERACIÓN DE MAQUINARIA	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-8	0	0	0	0	-9	-9	-9	-8	-8	0	-11	-8	0	0	10	0	0	10	10	-106															
		CRIBADO DE LA BASURA	-8	-8	0	0	0	0	15	0	0	0	0	-14	-14	-14	-14	-14	8	8	8	8	8	8	8	0	8	0	-21															
		MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	8	8	0	8	8	8	8	8	0	0	8	0	101															
		SEPARACIÓN - ALMACENAMIENTO DE MATERIAL CRIBADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6	-6	0	5	5	5	0	5	0	0	7	0	15															
		TRASLADO DE R.S.M. A UN RELLENO SANITARIO	-8	-8	0	0	0	0	10	14	14	5	5	10	10	10	14	14	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	180															
		NIVELACIÓN	-8	-8	26	10	10	13	10	14	14	12	12	0	0	0	14	14	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	343															
		RETIRO DE ESCOMBROS Y BASURA	24	24	21	21	21	21	21	21	24	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	555															
		URBANIZACIÓN/REINCORPORACIÓN A LA VIDA PRODUCTIVA	0	0	0	0	0	0	17	20	17	15	15	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	354																
		RESTAURACIÓN AMBIENTAL	34	34	27	27	27	31	31	31	31	31	31	34	34	34	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	805																
		<b>TOTAL</b>	19	18	40	26	30	9	93	80	120	53	44	43	43	43	65	65	139	141	137	137	150	195	124	103	197	123	<b>2237</b>															

ENT O  
 M U N I C I P A L  
 D E  
 M I L P A  
 A L T A

A	a	B	b	Total					
0	-1	1	25	25					
<b>Medio Abiótico.</b>									
<b>Agua</b>									
<b>Drenaje superficial</b>					<b>Aguas subterráneas</b>				
A	a	B	b	Total	A	a	B	b	Total
0	-1	1	10	10	0	-2	1	8	7
<b>Medio Biótico.</b>									
<b>Flora</b>									
<b>Cobertura vegetal</b>					<b>Diversidad</b>				
A	a	B	b	Total	A	a	B	b	Total
0	-4	1	16	13	0	-4	1	13	10
<b>Medio Biótico.</b>									
<b>Fauna</b>									
<b>Diversidad</b>					<b>Hábitat</b>				
A	a	B	b	Total	A	a	B	b	Total
0	0	0	4	4	0	5	0	7	2
<b>Abundancia</b>									
0	0	0	4	4					
<b>Medio Perceptual.</b>									
<b>Paisaje</b>									
<b>Calidad</b>					<b>Estética</b>				
A	a	B	b	Total	A	a	B	b	Total
0	-10	2	19	11	0	-10	2	20	12
<b>Medio Socio Económico</b>									
<b>Uso del suelo</b>									
<b>Cambio de Uso</b>									

A	a	B	b	Total					
0	0	11	28	39					
<b>Medio Socio Económico.</b>									
<b>Infraestructura Humanos</b>									
<b>Opinión Social</b>					<b>Calidad de Vida</b>				
A	a	B	b	Total	A	a	B	b	Total
0	-3	1	16	14	0	-6	1	38	33
<b>Salud</b>					<b>Seguridad</b>				
A	a	B	b	Total	A	a	B	b	Total
0	-5	0	10	15	0	0	2	7	9
<b>Medio Socio Económico.</b>									
<b>Economía y población</b>									
<b>Empleo</b>					<b>Compra-venta de terrenos</b>				
A	a	B	b	Total	A	a	B	b	Total
0	0	2	65	67	0	-1	2	18	19
<b>Servicios públicos</b>					<b>Inversiones</b>				
A	a	B	b	Total	A	a	B	b	Total
0	0	1	16	17	0	0	1	22	23
<b>Medio Socio Económico.</b>									
<b>Economía y población</b>									
<b>Valor del suelo</b>					<b>Actividades recreativas</b>				
A	a	B	b	Total	A	a	B	b	Total
0	0	2	15	17	0	0	1	9	10
<b>Demanda de vivienda</b>									
A	a	B	b	Total					
0	-1	0	7	6					

Tabla VIII.5.7.-Tabla comparativa de los Impactos Ambientales encontrados entre el periodo de confinamiento de los R.S.M. y el periodo de saneamiento

<b>Factores Ambientales Impactados</b>	<b>Impactos resultado del confinamiento años 60s 80s</b>	<b>Impactos resultado del saneamiento</b>
Calidad (Aire)	-147	19
Nivel de Ruido (Aire)	-97	17
Topografía (Suelo)	-186	40
Composición fisico-química (Suelo)	-227	26
Permeabilidad (Suelo)	-137	30
Erosión (Suelo)	-94	9
Uso actual y potencial (Suelo)	-178	93
Drenaje superficial (Agua)	-145	80
Aguas subterráneas (Agua)	-123	120
Cobertura vegetal (Flora)	-131	53
Diversidad (Flora)	-101	44
Diversidad (Fauna)	-131	43
Hábitat (Fauna)	-147	43
Abundancia (Fauna)	-129	43
Calidad (Paisaje)	-228	65
Estética (Paisaje)	-201	65
Cambio de uso de suelo (Uso de suelo)	-127	139
Opinión Social (infraestructura)	-147	141

Humanos)		
Calidad de vida (infraestructura Humanos)	-177	137
Salud (infraestructura Humanos)	-146	137
Seguridad (infraestructura Humanos)	-53	150
Empleo (Economía y población)	53	195
Compra venta de terrenos (Economía y población)	-106	124
Servicios públicos (Economía y población)	-37	103
Inversiones (Economía y población)	-36	197
Valor del suelo (Economía y población)	-154	123

#### VIII.5.5.2.- Riesgos ambientales.-

Siguiendo la metodología propuesta se obtuvieron los siguientes resultados para las amenazas:

Amenazas:

Para el calculo de las amenazas naturales y antropogenicas se utilizo una matriz en donde se dieron los valores correspondientes a cada amenaza, su total y su promedio. Tabla VIII.5.7

Tabla VIII.5.8.- Valores correspondientes a cada amenaza

AMENAZAS	A	B	C	D	E	TOTAL	PROMEDIO
SISMOS	1	1	2	5	1	10	2

MOV. DE MASAS	1	1	1	1	1	5	1
VULCANISMO	1	2	1	1	1	6	1.2
INUNDACIÓN	1	1	1	2	3	8	1.6
CONC. DE SALES O GASES	1	1	1	1	1	5	1
RADIOACTIVIDAD	1	1	1	1	1	5	1
INCENDIOS	1	2	1	1	5	10	2
HUNDIMIENTOS	1	1	1	2	2	7	1.4
FENÓMENOS HIDROMETEOROLOGICOS	1	1	1	5	3	11	2.2
SOCIO ECOLOGICAS	1	2	1	1	4	9	1.8

El valor de las Amenazas naturales y antropogenicas es de 1.52, el nivel de valoración de las Amenazas lo clasifica como Muy Bajo, esto es  $< 5$

Tabla VIII.5.9.- Nivel de valoración amenazas naturales

Muy bajo	$< 5$
Bajo	5.1 – 10
Medio	10.1 – 15
Alto	15.1- 20
Muy alto	$> 20$

#### Vulnerabilidad

Se considera que la Vulnerabilidad es el resultado de la demanda sobre la oferta

$$V=D/O$$

Demanda	3
Oferta	15
Resultado	0.2



Con base a la tabla VIII.5.10.- de niveles de vulnerabilidad se considera como **MUY BAJA.**

Tabla VIII.5.10 Niveles de vulnerabilidad

NIVEL DE VULNERABILIDAD	PUNTAJE
Muy baja	< 4.0
Baja	4.0 – 9.0
Media	9.1 – 16
Alta	16.1 – 25
Muy alta	>25

#### RESULTADOS

En base a la metodología anteriormente descrita y aplicando la formula:

$$R = A \times V$$

Se obtuvo un valor de 1.52 en las Amenazas Naturales y Antropogenicas, y un valor de 0.2 en la Vulnerabilidad de la población.

$$R = 1.52 \times 0.2$$

$$R = 0.30$$

Tabla VIII.5.11 Tabla de valoración de riesgos

RIESGO	PUNTAJE
Muy baja	< 4.0
Baja	4.0 – 9.0
Media	9.1 – 16
Alta	16.1 – 25
Muy alta	>25

Por lo anterior, se concluye que el Riesgo Ambiental en la zona de estudio, es **muy bajo**, como se aprecia en la tabla de valoración anterior.

#### *VIII.5.6.- Implementación de medidas de mitigación para los impactos y riesgos encontrados*

Las diversas acciones adversas de alto grado así como las de bajo grado que impactaran el saneamiento del confinamiento Municipal de Milpa alta, se consideran mitigables, además de que existe un mayor numero de acciones benéficas de alto y bajo grado que beneficiaran considerablemente las condiciones actuales del predio, ya que en este momento se presentan mayores daños ambientales debido al mal manejo que se le dio en antaño y la imposibilidad de un uso de suelo mas apto para la sociedad.

Las medidas de mitigación para las actividades adversas dentro de las fases de preparación, operación y abandono se describen a continuación:

##### 1. Despalle de material:

Se recomienda que el material despallado se almacene estratégicamente en las partes del predio en donde no se trabaje, para que posteriormente este material se reintegre sobre las áreas verdes y sea reaprovechado.

##### 2. Habilitación de accesos:

Es necesario realizar nuevas vías de acceso al predio para agilizar la entrada y salida de los camiones de carga y de los vehículos que circulen por el predio durante las fases de operación.

##### 3. Instalación y prueba de maquinaria:

Cuando se realice la instalación y pruebas de maquinaria se emitirá ruido y vibraciones, pero estas pueden disminuirse al mantener en optimas condiciones y con un

mantenimiento periódico el funcionamiento de las mismas para reducir en lo posible el ruido producido por estas.

#### 4. Delimitación del circuito interno:

Es necesario realizar una delimitación de un circuito interno para con esto reducir en gran medida el compactamiento del suelo por circulación de maquinaria pesada, además de la minimización de contaminantes a la atmósfera de los camiones y vehículos que transiten durante la fase de operación ya que tendrán que seguir el camino ya establecido.

#### 5. Emisión de polvos

La emisión de polvos se produce en mayor parte por la circulación de vehículos y maquinaria por el circuito interno pero se puede reducir en gran medida al darle riegos auxiliares a los caminos para evitar el levantamiento de los mismos.

#### 6. Ruido y vibraciones:

Los ruidos y vibraciones producidas por los vehículos y maquinaria en general se pueden disminuir en gran medida al proporcionárseles un mantenimiento periódico para que trabajen en condiciones óptimas, además en las que no se pueda reducir el nivel de ruido será necesario que el personal que labore cerca de ellas cuente con su equipo de seguridad como orejeras, casco, etc.

#### 7. Operación de maquinaria:

La maquinaria en mal estado puede producir altas emisiones a la atmósfera de contaminantes, esta se disminuye considerablemente al proporcionarles un mantenimiento adecuado y periódico, asimismo para disminuir las emisiones de polvos debe darse riegos auxiliares a los caminos de circulación y en las áreas en las que se trabaje en ese momento.

#### 8. Relleno de oquedades:

Al transportar la basura a la cribadora quedara en el subsuelo grandes oquedades que tendrán que ser rellenadas con material sobrante del extremo norte del predio en donde se realicen las actividades de urbanización.

9. Nivelación:

Después de rellenado las oquedades producto del retiro de la basura se procederá conforme al proyecto de urbanización, es decir realizar una nivelación del predio, respetando los arroyos existentes.

10. Retiro de escombros y basura:

Será necesario que se retire del área todo residuo que pudiera entorpecer los trabajos de urbanización.

11. Construcción de presa filtrante

Se recomienda el construir una serie de presas filtrantes en la parte baja del arroyo Milpa Alta para evitar que en caso de una lluvia, esta arrastre la basura que se encuentra en proceso de traslado a la trituradora.

12. Taludes inestables.

Debe de cuidarse que al momento de extraer la basura no se dejen taludes inestables o verticales ya que estos podrían colapsarse y producir daños a la infraestructura (maquinaria), posteriormente se nivelara el terreno y no existirá mayor problema.

13. Inversión Térmica.

El proyecto debe de contar con equipo monitoreador de gases, ya que cuando se presente una inversión térmica en la zona, el gas metano también tiende a bajar a la superficie y esto podría ser dañino para la salud del personal, por lo que se deben detener las labores hasta que bajen los niveles de gas.

#### 14. Mantenimiento de maquinaria y equipo

Cuando se preste servicio de mantenimiento de la maquinaria y equipo, los residuos de aceites, gasolina, diesel que se consideran como residuos peligrosos, deben de ser retirados del predio por una empresa que preste estos servicios. No pueden ser depositados en el basurero del proyecto ya que este no esta diseñado para tales residuos.

#### 15. Historial medico.

Todo el personal que labore en el proyecto de saneamiento debe de contar con un expediente medico y constantes revisiones por parte del medico de planta.

#### 16. Plan de contingencias.

Se debe de implementar en el predio el plan de contingencias realizado para el presente proyecto.

#### *VIII.5.7.- Elaboración, aplicación y seguimiento de un programa epidemiológico y salud laboral*

Se elaboro un programa epidemiológico con base en la metodología propuesta, igualmente se generaron un numero importante de empleos temporales para realizar el saneamiento ambiental del predio, además de empleos fijos para el mantenimiento y funcionamiento del mismo.

El personal labora en dos turnos de trabajo el matutino (7:00 am a 3:00 pm) y el vespertino (3:00 pm a 11:00 pm).

El personal a laborar durante el saneamiento ambiental consta de Administrativos, vigilantes, veladores, maquinistas, chóferes, personal de mantenimiento, mecánicos, medico, asesores ambientales, supervisores de la obra (Ing. Civil), entre otros. Los cuales cuentan con todo su equipo de seguridad para trabajar con el mínimo de riesgos, como lo es ropa de trabajo, botas, chalecos con colores fluorescentes (para trabajos nocturnos), tapones

para oídos si están cerca de maquinaria que emita niveles de ruido altos o constantes, casco, gafas, guantes, equipo de comunicación (radios, teléfonos, etc. ). Ver imagen VIII. 5.

Asimismo se proporciono un curso de capacitación previo al inicio de sus labores y se le suministro y reglamento el uso de todo su equipo de seguridad.

Todo el personal cuenta con un historial clínico, elaborado por el medico del proyecto, el cual debe de llevar un seguimiento, así como contar con las vacunas de tétanos, hepatitis A, la triple, sarampión, para evitar contagios masivos en el personal, además de prevención en caso de heridas y cortaduras. Ver imagen VIII.6.

El plan de trabajo es un elemento para el servicio médico ya que establece las directrices de las acciones a seguir para alcanzar los objetivos propuestos. Con el fin de satisfacer as necesidades especificas de cada proyecto, se elaboro una guía que servirá de base para que el trabajo del medico pueda ser monitoreado y evaluado de acuerdo a los beneficios que proporcione su labor.

El programa epidemiológico contempla la reducción de los casos de arrastre pasados a cero, el tener un mínimo de días de incapacidades reales al año, el reducir el promedio de días de incapacidad por accidente, el implantar exámenes médicos de admisión y exámenes periódicos, el implantar una campaña permanente de fomento a la salud, implantar un programa exhaustivo de seguridad preventiva, prevenir enfermedades y accidentes de trabajo.

Las estrategias que se siguieron son las recomendadas en la metodología, Las estrategias propuestas son las siguientes:

- 1.-Revisión de todos los casos pendientes de alta por el IMSS
- 2.-Diagnostico general de la empresa y de los empleados

- 3.-Elaborar los procedimientos, formatos e instructivos de llenado que se requieran, tanto para acciones preventivas como correctivas.
- 4.-Impartir cursos de seguridad para todo el personal
- 5.-Sistematizar la aplicación de exámenes médicos de admisión y periódicos
- 6.-Establecer las acciones de seguridad preventiva en forma sistemática

#### *Examen medico.-*

Existe una estrecha relación entre todo tipo de basura o desechos urbanos y la salud de las personas, por el contacto directo e indirecto, con esta fuente de contaminación, siendo la forma directa la de mayor riesgo por frecuencia y duración de la exposición.

Se pueden transmitir enfermedades por medio de insectos (moscas, mosquitos, cucarachas), mamíferos (roedores, perros) a través del aire mediante la exposición a gases y polvos transmitiendo las bacterias formadas en ese hábitat.

Entre las enfermedades y afectaciones a la salud más importantes que se pueden encontrar en personas que laboran con basura y desechos son la fiebre tifoidea, tifus, rabia, disentería, enfermedades de las vías respiratorias altas y bajas, gastroenteritis, fiebre amarilla, tetano, dengue, encefalitis, otitis, conjuntivitis, dermatitis, alergias.

Algunas de las cuales fueron encontradas en los empleados del saneamiento y otras que pueden ser desarrolladas por la falta de prevención y utilización de equipo adecuado de protección.

La prevención medica cuando se usa de manera apropiada, sirve para detectar, identificar factores de riesgo para enfermedades o reconocer enfermedades ocultas en personas asintomáticas, por ello la identificación de factores de riesgo permite una intervención temprana para prevenir la aparición de trastornos , y la detención temprana de enfermedades no diagnosticadas reduciendo la morbilidad y mortalidad gracias al

tratamiento oportuno. Ya que el historial y examen medico ayuda a establecer o excluir la presencia de las enfermedades laborales en pacientes asintomático.

#### RESULTADOS.-

Se evaluaron un total a 28 empleados.

##### 1.- Edad:

Los resultados nos señalan la edad de los empleados en donde se puede hacer la señalización de 11 personas mayores de 50 años lo que resulta importante por los antecedentes patológico, quirúrgicos y familiares que repercuten con mayor incidencia en este grupo de personas, haciéndolos más vulnerables a enfermedades (diabetes, hipertensión, cáncer, lesiones oculares, etc.)

Acción: Llevar un monitoreo continuo de factores que pueden acelerar estos procesos patológicos (control de T/A, glucosa en sangre, esquema de vacunación)

Asimismo nos muestra el lugar de residencia de los empleados el cual es importante conocer por las características que presentan los empleados del saneamiento (jóvenes, drogadictos, nivel socioeconómico bajo) lo que en un momento determinado podría hacerse asociaciones delictivas por un lado y por otro pueden ser importante por los tiempos y costos para los empleados.

Además de señalarlos la escolaridad de los empleados donde resalta el alto índice de analfabetismo (11 personas), mismo que puede dificultar la acción educativa en cuestiones de salud y de uso de equipo de seguridad. Además de presentar el poco conocimiento que existe en prevención y seguimiento de su seguridad puesto que el 90% de las personas examinadas no conocen su grupo sanguíneo.

Acción: Realizar examen para conocer grupo sanguíneo.



Las entrevistas realizadas nos muestra el bajo porcentaje del personal que fue alguna vez vacunado.

Acción: El tétanos se puede prevenir completamente mediante inmunización activa. Las inmunizaciones para adulto con toxoide tetánico se administra como dos dosis en intervalos de cuatro a seis semanas con una tercera dosis seis a doce meses después y dosis de refuerzo cada diez años o cuando existe una lesión importante después de una dosis.

Nos señala además el gran porcentaje de participación que existe por parte de los empleados en donde se tiene solo un subdiagnostico de alcoholismo por negativa del mismo paciente o por la falta de medidas, igualmente en el tabaquismo.

Con la identificación y asesoría por parte del médico se pueden lograr una mejora a la salud de los mismos.

Igualmente se observó el gran porcentaje de personas que consumen droga 43%, el uso ilegal de drogas incluso la cocaína de manera esporádica o episódica, continua con un problema importante ya que son problemas subsecuentes a la ingesta (robo, lesiones, accidentes, etc), en la grafica 8.7.5.9. se muestra el tipo de droga que consumen.

Los registros realizados nos ilustran el numero de personas con afectación presente y pasada de piel, aparato cardiovascular y aparato respiratorio. Las enfermedades específicas de la pie encontrada fueron determinadas por la caracterización según el lugar y tipo de lesión presentada en donde se puede intervenir haciendo seguimiento de hábitos cotidianos en el uso de equipo preventivo adecuadamente así como el aseo correcto de todos los empleados. La problemática de empleados con su sistema cardiovascular esta relacionada más con la edad y hábitos dietéticos de los mismos, que con el trabajo realizado por ello será de suma importancia el seguimiento d personas hipertensas con dieta mal balanceada.

Los trastornos de las vías respiratorias tienen diversas causas, pero siempre comparten cierto rasgo fisiopatológico y clínicos en común. La limitación al flujo de aire resulta característica y a menudo ocasiona la dificultad respiratoria y tos, síntomas más referenciados por los empleados del saneamiento milpa alta siendo importante resaltar que estos mismos síntomas se han presentado en personas jóvenes sin antecedentes previos.

Además se encontró el número de personas con afectación en aparato digestivo, urinario y sistema músculo esquelético.

Se examinó un total de 12 personas con alguna problemática gastrointestinal que van desde una simple diarrea hasta fiebre tifoidea, gastroenteritis, salmonelosis, etc., con esto podemos referenciar no solamente al hecho de la exposición al polvo si no también a los hábitos dietéticos e higiénicos que tiene cada empleado, pudiendo intervenir mediante la aplicación de tratamiento en (desparasitación y control epidemiológico mediante la aplicación de coprocultivos con lo que determinaremos la afectación verdaderas del entorno laboral.

Las infecciones de las vías urinarias se encuentran entre los trastornos más comunes de la práctica médica, siendo las bacterias coliformes y bacteria *E. coli* la causa más comunes mismas que tienen una hábitat ideal en la tierra y polvo existentes en los basureros. A ello sumamos los hábitos higiénicos propios de cada empleado nos da un factor potencial de riesgo para su salud.

#### *VIII.5.8.- Definición de la maquinaria a utilizar*

Después de realizar un análisis económico y funcional de las mejores opciones para el procesamiento, movimiento y traslado de los residuos se optó por la maquinaria que a continuación se describe:

2 traxcavos Cartepillar

1 Retroexcavadora

1 Equipo de trituración Vermeer

8 camiones gondolas

2 Plantas para procesar la basura, Layout. Consistente cada una en:

1 tolva de alimentación

1 tolva de arena silica

1 separador magnético

4 bandas transportadoras (Transportador de rechazo 30" x 50' [15.25 mts]” rechazo clasificado de 2 a ½ pulg”, transportador de arena 30" x 50' [15.25 mts] “menores a ½ pulg, transportador a trituración 30" x 50' [15.25 mts], transportador de retorno 30" x 50' [15.25 mts]

1 criba vibratoria

1 tablero de control

### *VIII.5.9.- Obtención de permisos por parte de las autoridades correspondientes*

Se tramito el permiso de saneamiento a la SEMADES y al departamento de Ecología de Zapopan. El primer paso fue una breve introducción del proyecto, se procedio a la realización de visitas de campo en donde se explico en mayor detalle el proyecto. Posteriormente se solicito una guía para la realización del estudio de impacto ambiental, subsiguientemente se procedió a la contestación de dicha guía, además se proporciono copia completa de los estudios realizados sobre la caracterización de la basura, mecánica de suelos, estudios topográficos, estudios hidrológico, entro otros estudios. Finalmente se entrego el documento preliminar denominado Proyecto de saneamiento del confinamiento municipal de Milpa alta, en el municipio de Zapopan Jalisco, México. Documento en el cual se presenta la propuesta metodológica para el saneamiento del confinamiento, en

donde solo se define el tratamiento que se dará a los residuos dentro del predio antes del retiro de la misma.

Igualmente se solicitó la guía para la realización de un proyecto ejecutivo para la realización de un relleno sanitario propio, en donde pudiésemos depositar nuestros residuos, cumpliendo con normatividad. Dicho estudio se realizó con base a la Nom-083-ECOL-1996. El estudio realizado cumplía con todos los requisitos necesarios para la realización de un relleno sanitario. De igual modo este proyecto no se realizó debido a que no se llegó a un acuerdo con el propietario de los predios vecinos y el Ejido.

En general se obtuvo la autorización por parte de Ecología del Estado (SEMADES) y la aprobación y luz verde por parte del departamento de ecología del Ayuntamiento.

#### *VIII.5.10.- Definición del sitio donde depositar los residuos no reciclables o no comercializables*

Se realizaron varias propuestas para la definición del sitio donde depositar los residuos no reciclables, en el inicio de esta investigación se visitó el predio para realizar algunos estudios tendientes a conocer con mayor detalle las características de este basurero, como es el estado del material depositado, la cantidad de emanación de gas metano, así como medir radioactividad (prácticamente nula), estos datos han servido para dar información a proveedores de diferente maquinaria que puede ser factible de usar y para proponer medidas de seguridad e higiene en el predio.

Como estrategia de trabajo, después de una primera consulta con investigadores de diferentes universidades, expertos en el manejo de basura, proveedores de equipo y maquinaria para basura y una revisión bibliográfica en nuestro banco de datos y por medio de Internet, se plantearon 12 diferentes alternativas, las cuales en una primera fase fueron analizadas por el personal que participó en este proyecto. En esta fase también se visitó

algunas fabricas para determinar la factibilidad de reciclar y vender parte de esta basura y el beneficio económico que podría representar, de igual forma se asistió a algunos lugares como el Distrito Federal, donde se contacto con distribuidores y operadores de maquinaria para el manejo de la basura, se visito aquellos lugares donde se esta llevando a cabo alguna remediación de predios rellenos con basura, e incluso se viajo a Uruapan, Mich. para ver operar quemadores de basura y tener los elementos necesarios para dar una opinión fundamentada y poder discutir con el promovente cada una de ellas.

Después de una reunión técnica con el promovente de las doce alternativas señaladas fueron seleccionadas solo tres de ellas, básicamente las que tienen como característica que pueden solucionar el problema en un plazo de 4 a 6 meses, estas se estudiaron con mayor detalle y sus resultados se presentan a continuación en este informe.

#### *Análisis de tres diferentes alternativas*

Como parte del estudio realizado se han obtenido cotizaciones verbales, telefónicas y por escrito, generadas a partir de visitas de campo a diferentes predios, fabricas y con proveedores diversos. También se platico con algunas autoridades para determinar la factibilidad preliminar de algunas de estas alternativas.

En el desglose de las tres alternativas que se presentan a continuación, se han considerado los gastos más fuertes a realizar, considerando comprar equipo nuevo, por las platicas con el promovente se presupone que se tiene personal administrativo de apoyo, así como cierto equipo como cargadores (traxcavos) y que puede disponer de personal para las actividades de carga del transporte y de las trituradoras, en caso que estas se compren.

Las variantes que se puede tener en el manejo de estas opciones son:

Seleccionar algo de la basura que puede ser dejada en el predio, con esto minimizar el volumen a transportar y el costo del pago por deposito.

Comprar camiones nuevos o usados y hacer la transportación por cuenta del propio promovente (ver cotizaciones en anexos) lo que implicaría recuperar al final del transporte algo de la inversión.

Comprar trituradoras nuevas o usadas y venderlas al finalizar la operación de saneamiento.

1.- Sacar la basura sin realizar separación de reciclables y mandarla a un relleno sanitario ya instalado, Hazard's.

Para la primera alternativa, los costos estimados son los más altos de las alternativas estimadas (ver anexos), el transporte (considerando darlo a contrato), asciende a:

Sin triturar la basura. Transportación de  $30 \text{ m}^3 \times 30 \text{ Km.}$  por 10,000 viajes =  $\$810 \times 10,000 = \$8'100,000.00$

Triturando la basura. Transportación de  $30 \text{ m}^3 \times 30 \text{ Km.}$  por 6,666 viajes =  $\$810.00 \times 6,666 = \$5'399,460.00$

El equipo para triturar puede variar de un costo de  $\$2'873,000.00$  a  $\$1'742,000$

El costo por depositar basura es de  $\$140.00$  tonelada, el peso estimado para la basura triturada es de  $1.3 \text{ ton/m}^3$  aproximadamente.

Por lo que  $260,000 \text{ Ton} \times \$140.00 = \$36'400,000.00$

Transportar y depositar la basura triturada implica un costo de  $\$44'672,460.00$  a  $\$43'541,460.00$

Transportar sin triturar la basura implica un monto de  $\$44'500,000.00$ .

2.- Sacar la basura y mandarla al confinamiento del ayuntamiento.

Para la **segunda alternativa** es necesario mencionar que el ayuntamiento de Zapopan considera que no existe suficiente espacio en su relleno para la basura existente en Milpa Alta, por lo que no se considera viable el proyecto. Aun cuando se propuso el uso de

nuestro material denominado rechazo como cubierta final de su relleno a falta de material de cubierta en la zona y su predio, pero dicha propuesta jamás fue respondida.

Para ejercer esta operación implica solo realizar el gasto de transporte y el de triturar la basura.

Sin triturar la basura. Transportación de  $30 \text{ m}^3 \times 30 \text{ Km.}$  por 10,000 viajes =  $\$810 \times 10,000 = \$8'100,000.00$

Triturando la basura. Transportación de  $30 \text{ m}^3 \times 30 \text{ Km.}$  por 6,666 viajes =  $\$810.00 \times 6,666 = \$5'399,460.00$

El equipo para triturar puede variar de un costo de  $\$2'873,000.00$  a  $\$1'742,000$

Por lo que el costo por esta opción varia de

Sin triturar la basura.  $\$8'100,000.00$

Transportación y trituración de la basura con dos equipos grandes.  $\$5'399,460.00 + \$2'873,000.00 = \$8'272,460.00$

Transportación y trituración de la basura con dos equipos pequeños.

$\$5'399,460.00 + \$1'742,000.00 = \$7'141,460.00$

Al final queda la ganancia de los equipos que se pueden usar en otras obras de demolición o para vender los mismos.

3.- Sacar la basura y mandarla a un relleno sanitario propio más cercano y que cumpla con la normatividad ambiental.

La **tercera alternativa**, implica selección del material que puede permanecer en el predio de CCC, trituración de la basura a transportar, el mismo costo de transportación o tal vez menor, compra de un lote, tramites y adecuación del terreno,

Existen dos opciones A) comprar un lote en Zapopan ó B) en La venta del Astillero, ambos de diferentes dimensiones como se desglosa en los anexos.

A) Considerando que se compra el lote en Zapopan.

Costo del lote, varia de \$125,000.00 a \$350,000.00, por hectárea, considerando que se compran tres hectáreas de alto costo el importe es de \$1,050,000.00

Considerando que se compra solo una y de bajo precio el monto es de : \$125,000

Costo por elaboración de estudio de impacto ambiental es de \$48,000.00

Costo por colocación de geomembrana, este varia si es de tres hectáreas y si se considera tapar la basura al finalizar el relleno, el monto es de \$1'768,000

Costo por colocación de geomembrana, este es de una hectáreas y si se considera no tapar la basura al finalizar el relleno, el monto es de \$572,000.00

Costo por transportación de 10,000 viajes de basura \$4'320,000.00

Costo por transportación de 6,666 viajes de basura \$2'879,712.00

Transportación y trituración de la basura con dos equipos grandes \$2'879,712.00 + \$2'873,000.00 = \$5'752,712.00

Triturando la basura con dos equipos pequeños. \$2'879,712.00 + \$1'742,000.00 = \$4'621,712.00

Costo de transporte sin triturar la basura y alojándolo en un terreno de tres hectáreas \$7'186,000.00

Costo con transportación, trituración usando maquinaria pequeña y en un terreno de una hectárea \$5'366,712.00

Si se compran los equipos para triturar la basura quedan estos como ganancia, los cuales se pueden usar en otras obras de demolición o bien vender los mismos, el costo en distancias pequeñas para transportar la basura triturada o no triturada casi se puede decir que no justifica la compra de equipo.

B) Si se compra un terreno en La Venta del Astillero



Costo del lote, varia de \$30,000.00 a \$50,000.00, por hectárea, considerando que se compran tres hectáreas de alto costo el importe es de \$150,000.00

considerando que se compra solo una y de bajo precio el monto es de : 30,000

Costo por elaboración de estudio de impacto ambiental \$48,000.00

Costo por colocación de geomembrana, este varia si es de tres hectáreas y si se considera tapar la basura al finalizar el relleno, el monto es de \$1'768,000

Costo por colocación de geomembrana, este es de una hectáreas y si se considera no tapar la basura al finalizar el relleno, el monto es de \$572,000.00

Costo por transportación de 10,000 viajes de basura. \$8'100,000.00

Costo por transportación de 6,666 viajes de basura. \$5'399,460.00

Transportación y trituración de la basura con dos equipos grandes. \$5'399,460.00 + \$2'873,000.00 = 8'272,460.00

Transportación y trituración de la basura con dos equipos pequeños. \$5'399,460.00 + \$1'742,000.00 = 7'141,460.00

Costo sin triturar la basura y alojándolo en un terreno de tres hectáreas. \$10'066,000.00

Costo con trituración de la basura y alojándolo en un terreno de tres hectáreas. \$10'238,460.00

Costo con trituración y depositando en un terreno de una hectárea \$ 6'049,460.00

Si se compran los equipos para triturar la basura quedan estos como ganancia, los que se pueden usar en otras obras de demolición o bien vender los mismos.

#### *Contratación de la empresa gen*

Como opción adicional se consulto con la empresa GEN la posibilidad de hacer un contrato para sacar toda la basura del predio, los costos son los siguientes:

10,000 Viajes (basura sin triturar)	\$ 1,500.00 x 10,000 = \$ 15,000,000.00
6,666 Viajes (basura triturada)	\$ 1,500.00 x 6,666 = \$ 9,999,000.00

El tiempo para hacer la extracción es más de lo que se pretende utilizar por el promovente

10,000 Viajes (basura sin triturar)	10,000 /6 = 1,667 días =55 meses
6,666 Viajes (basura triturada)	6,666 /6 = 1,111 días = 37 meses

Con base a los estudios anteriores se considero la mejor opción la numero uno.

*VIII.5.11.- Extracción de la basura de su confinamiento, separarla, empacarla, triturarla o cribarla.*

Se planeo la extracción de los residuos de su confinamiento utilizando la siguiente secuencia:

- 1.- La maquina retroexcavadora extrae los residuos de su confinamiento
- 2.- La retroexcavadora extiende los residuos para aireación y exposición solar en capas no mayores de 40 cm de alto por 20 – 40 metros de largo.
- 3.- Se airea y expone a los rayos solares por 48 horas los residuos extendidos.
- 4.- La retroexcavadora carga los residuos aireados y expuestos a los camiones trotón
- 5.- Los camiones siguen el circuito marcado para su circulación hasta la planta de procesamiento de la basura
- 6.-Se forman y esperan turno en las áreas destinadas para maniobras
- 7.- Descargan la basura por medio de una rampa a la tolva de alimentación
- 8.- Manualmente se separa el material de rechazo consistente en el material mayor a 6 Pulgadas.

9.- El separadora magnético aparta el rechazo metálico

10.- Los residuos pasan por la banda transportadora de alimentación hasta la criba vibratoria.

11.- La criba vibratoria separa el material en arenas, rechazo, y plásticos, los cuales son transportados por diferentes bandas hacia las zonas seleccionadas para el almacenamiento de estos.

12.- Los traxcavos cargan con el material de rechazo, el metálico y los plásticos a camiones góndolas.

13.- Las góndolas trasladan el material hacia el destino final considerado para los residuos ya tratados.

14.- Los productos útiles son saneados y trasladados a su destino final

Ver imagen VIII.7.

#### *VIII.5.12.- Saneamiento de los productos obtenidos útiles e inútiles*

Con base a los análisis CRETIB realizados durante la fase de caracterización de los residuos, se procedió a el saneamiento del producto útil denominado composta, el cual proviene de la separación de las arenas y el resto de los residuos.

Se realizaron varias pruebas con la finalidad de conocer la mejor alternativa de saneamiento.

Se colocó la composta en capas de distintos espesores, es decir de 30, 50 y 1.00 cm de alto por 2 metros de ancho y el largo que facilitara las maniobras de la maquinaria, posteriormente se agregaron dos diferentes productos bactericidas denominados simple green, el cual es un producto limpiador desengrasante y Orangen que es un desinfectante orgánico biodegradable. Y por último se dejó una capa sin desinfectante para que funcionara como testigo.

Se realizaron estudios para conocer la disolución mas adecuada de las soluciones desinfectantes, las cuales variaron de 1:30, 1:50, 1:100, 1:150, 1:200. Seleccionándose como la mejor alternativa la disolución 1:30.

Finalmente, los resultados de nuevos análisis CRETIB, nos indicaron que la capa sin desinfectante con tan solo el proceso de aireación exposición a los rayos solares por periodos mínimos de 48 horas, obtuvo resultados mas bajos de colonias por gramo de muestra (UFC/g) que el utilizar los productos desinfectantes. Los cuales variaron de 1300 UFC/g en la composta con desinfectante a 720 UFC/g con el proceso de aireación exposición al sol, en dichos resultados no se especifico que tipo organismos se presentaron en las muestras, por lo que se procedió a realizar nuevamente los muestreos pero en los análisis se buscaron organismos presentes en el listado de la NOM-052-ECOL-1993. Encontrándose los siguientes resultados para las muestras de composta con desinfectante simple green (A) y la composta sin desinfectante, aireada y expuesta a los rayos solares (B)

DETERMINACIONES	RESULTADOS	RESULTADOS
	MUESTRA A	MUESTRA B
Detección de Escherichia coli (NMP/g)*	23	9
Detección de Staphylococcus aureus (UFC/g)	>100	<100
Organismos coliformes fecales (NMP/g)	460	93

\*Numero mas probable por gramo de muestra

Es necesario mencionar que la NOM-052-ECOL-1993, no especifica los limites máximos permisibles para la presencia de colonias por gramo de muestra, por lo que al disminuir considerablemente el numero de organismos en la muestra de composta sin desinfectante, se opto por utilizar este método de saneamiento para el producto útil denominado composta.

#### *VIII.5.13.- Almacenamiento del material útil*

El material considerado como útil se almacenó en zonas seleccionadas previamente, áreas a las cuales se procedió a la preparación del terreno, es decir, se eliminó la cubierta vegetal existente la cual consistía principalmente en vegetación secundaria, para facilitar las maniobras de la maquinaria en la zona. El proceso de tratamiento se realizó en el mismo lugar de almacenamiento. El material se almacenó en capas de 30 cm de alto variando el ancho y el largo según las características del terreno, el cual iba desde 2 mts de ancho por 20 mts de largo, etc.

Ver imagen VIII.8.

#### *VIII.5.14.- Comercialización de los elementos reciclables recuperados*

Se realizó un estudio de las posibles industrias existentes en el mercado que pudieran interesarse en los residuos ya separados, clasificados y saneados.

Obtuvimos visitas de diversas compañías recicladoras de plásticos, metales, entre otros, estas tomaron las muestras necesarias para conocer las propiedades químicas y físicas de los elementos, pero debido a que el tiempo que tienen depositados los residuos, la mayoría ya perdió las propiedades fisicoquímicas que estas compañías necesitan dentro del proceso de reciclado.

Como principal elemento útil recuperado tenemos la composta la cual es el resultado de la descomposición de los productos orgánicos procedentes de los residuos depositados. Se obtuvo una composta de segunda clase la cual se considera cotizada en el mercado entre 500 y 1000 pesos la tonelada. Por lo anterior se puede considerar comercializar la composta para amortiguar los gastos provenientes del saneamiento.

#### *VIII.5.15.- Transporte de los elementos no útiles a rellenos sanitarios*

Posterior al proceso de tratamiento de los residuos, el material no útil o no comercializable se trasladó a un relleno sanitario privado denominado Hazar'z, el cual sirvió como material de cubierta para dicho relleno sanitario, debido a que este no contaba con el material suficiente para cubrir los desechos que se depositan en el, fue de gran utilidad para ambas compañías el trato celebrado, Hazar'z cobro un precio por debajo del mercado además de que obtuvo un beneficio al adquirir el material de cubierta necesitado. Asimismo C.C.C. encontró el lugar idóneo tanto por la ubicación del sitio como por el cumplimiento de las instalaciones del relleno sanitario con toda normatividad ambiental vigente.

Ver imagen VIII.9.

#### *VIII.5.16.- Definición de los estudios de suelo, agua y gases necesarios a realizar para certificar el saneamiento del predio*

Dentro de los estudios definidos para certificar el saneamiento del predio se tiene considerados los siguientes sistemas de control:

Monitoreo de Biogás.-

Se procederá a la realización de monitoreos en todas las áreas en donde se retiró los residuos para verificar la existencia de biogás en las oquedades realizadas.

Análisis de suelos.-

Se tomaran muestras del suelo de las oquedades para verificar si persisten contaminantes y cuales, para proponer las correspondientes medidas de mitigación y saneamiento.

Análisis de radioactividad.-

Por medio de un contador Gaiger se verificara que no existe material radioactivo en las oquedades realizadas.

#### *VIII.5.17.- Modelación de la depresión generada al momento de extraer la basura*

Se nivelo la depresión generada por la extracción de los residuos, ya que no es factible dejar grandes depresiones ya que el uso futuro que se dará a la zona es de un fraccionamiento, por lo que con los cortes realizados en otras partes del predio se rellenara las oquedades generadas, par lograr una correcta nivelación del sitio.

Ver imagen VIII.10.

#### *VIII.5.18.- Integración del predio a una actividad productiva*

Posterior a los procesos de la extracción de los residuos, realización de los estudios de suelo, agua y gases, relleno y nivelación del terreno se procederá a la construcción del Fraccionamiento C.C.C. en su parte sur del predio, es decir, en la parte correspondiente a la segunda fase de construcción. Ver imagen VIII.5.6.- donde se muestra el perfil anterior y el propuestos del proyecto C.C.C., en donde se observa la disminución de la pendiente predominante en el lugar reduciendo así los problemas de erosión y arrastre de residuos a las partes bajas. Ver imagen VIII.2.

#### *VIII.5.19.- Elaboración del reporte final.*

El reporte final incluye Introducción, Antecedentes, Objetivos y metas, Justificación de la realización del proyecto, Diagnóstico del sitio, Desarrollo de la metodología, Diseño del saneamiento del sitio, Propuesta de uso final, Manual de monitoreo ambiental, Especificaciones de obra, Conclusiones, Bibliografía, un anexo con todos los resultados de los análisis de certificación de saneamiento realizado ademas de una memoria fotográfica de las diferentes etapas de avance en el proyecto.

## IX CONCLUSIONES

Por medio de la metodología expuesta para el saneamiento de sitios que fueron destinados a la disposición de residuos sólidos municipales, es factible realizar tanto técnica como económicamente, el saneamiento en predios que en antaño fueron destinados como tiraderos a cielo abierto y que en la actualidad continúan con el proceso contaminante que generan los confinamientos de este tipo. Siendo la metodología flexible para ser utilizada en otros proyectos de saneamiento sin perder con eso su eficiencia y seguridad.

Se obtuvo la caracterización de los impactos ambientales generados durante el tiempo de exposición de los R.S.M. y los del proceso de saneamiento, contrastando los impactos ambientales benéficos contra los adversos, lo cual es significativamente importante ambientalmente hablando ya pueden revertir los problemas de salud ambiental de la población que habita en las inmediaciones de estos lugares, además de reintegrar estos sitios a un sistema productivo con un mínimo de impactos ambientales. A partir de los impactos ambientales caracterizados se determino las acciones a seguir como medidas de mitigación para cada acción impactante detectada en el estudio de impacto ambiental.

Se implemento con éxito el programa epidemiológico, contando con un medico en la obra, con lo cual se dio seguimiento y control a las enfermedades propias por el contacto con los R.S.M., conjuntamente con las visitas diarias realizadas por parte del área ambiental que se implemento en el proyecto, disminuyo el numero de incapacidades por trabajo, además de que por el correcto uso del equipo de seguridad y el bajo índice de accidentes se valorizo en el IMSS como actividades de bajo riesgo laboral.

Debido a la recuperación y separación de los productos y por medio del tratamiento de los R.S.M. fue factible obtener ganancias económicas que amortiguan los costos de



saneamiento del proyecto. Es importante señalar en este punto que se busco el obtener los estímulos fiscales que marca La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente[1] en sus artículos 2, 3, 4, 7, 8, 10, 15, así como la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente[2], en sus artículos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 10 bis, 10 bis 1, 10 bis 2 por la realización del saneamiento de un lugar impactado por el hombre, no siendo posible debido a que el municipio de Zapopan no contempla dichos estímulos en su ley de ingresos y egresos.

La metodología propuesta puede ser utilizada como complemento de la metodología existente para la rehabilitación de tiraderos a cielo abierto propuesta por la SEDESOL, la cual consiste en convertir un confinamiento en un relleno sanitario con las técnicas ingenieriles señaladas en las normas vigentes.

## X.- GLOSARIO

Con el propósito de asegurar una mejor comprensión de los diferentes términos que se describen en el presente documento, se consideró de suma importancia agregar un glosario de términos técnicos, relacionados con la disposición final de los residuos sólidos de tipo municipal.

### *Amenaza o peligro*

Definida como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.

### *Ambiente.*

El conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinado.

### *Abundamiento.*

Es el aumento que tiene (en cuanto a volumen) el material una vez que es sacado de su estado original. Por ejemplo: el material de cubierta tiene un volumen igual a 1, excavado sin compactar, es decir extrayéndolo y depositándolo en el suelo tiene un volumen igual a 1.3.

### *Banco de nivel.*

Es una marca, placa o estaca, la cual indica una elevación de un punto que sirve de referencia para marcar las demás elevaciones del terreno.

### *Berma.*

Espacio al pie del talud entre éste y el declive exterior del terraplén.

### *Biodegradable.*

Cualidad que tiene toda la materia de tipo orgánico para ser metabolizada por medios biológicos.

#### *Biogás.*

Es una mezcla de gases de bajo peso molecular (metano, bióxido de carbono, etc.) producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.

#### *Bióxido de carbono.*

Gas cuya fórmula es  $\text{CO}_2$ . Es un gas incoloro, mas pesado que el aire. Altamente soluble en el agua formando soluciones de ácidos débiles corrosivos. No flamable.

#### *Características biológicas.*

Contenido de organismos en los residuos sólidos medido a través de indicadores, tales como: número más probable (N.M.P), cuenta en placa y resultados de ensayos biológicos.

#### *Características físicas.*

Propiedades que definen el estado de la materia que constituye a todo residuo sólido, así como aquellas que no alteran o modifican su naturaleza y composición. Los parámetros más empleados para determinarlas son: densidad, humedad y poder calorífico.

#### *Características químicas.*

Propiedades que definen la potencialidad de la materia contenida en todo tipo de residuo sólido para transformarse, cambiar de energía o alterar su estado. Los parámetros más empleados son: pH, contenido orgánico total, carbono total, fósforo total, nitrógeno total, relación de carbono-nitrógeno, cenizas, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), azufre, sales, ácidos, bases y metales pesados.

#### *Cárcamo de bombeo.*

Es el sitio, generalmente más bajo que el nivel de terreno, en el cual se introduce la succión de la bomba.

*Caudal o flujo.*

Es aquel en la que cada partícula de agua se mueve en una dirección paralela a la de cualquier otra.

*Celdas.*

Es la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos municipales y al material de cubierta, debidamente compactado mediante equipo mecánico.

*Compactación.*

Es la acción de presionar cualquier material para reducir los vacíos existentes en él.

*Contaminante.*

Todo elemento, materia, sustancia, compuesto, así como toda forma de energía térmica, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruidos que al incorporarse o actuar en cualquier elemento del medio físico, alteran o modifican su estado y composición; o bien, afectan la flora, la fauna o la salud humana. Debe entenderse como medio físico al suelo, aire y agua.

*Control.*

Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas.

*Corte.*

Es la acción de rebajar por medios mecánicos o manuales un material.

*Cota.*

Es la marca que indica la elevación de un banco de nivel.

*Cubicación.*

La cuantificación del volumen de cualquier material o vacío tomando como unidad el metro cúbico.

*Degradable.*

Cualidad que presentan determinadas sustancias o compuestos para descomponerse gradualmente por medios físicos, químicos o biológicos.

*Densidad.*

Masa o cantidad de materia de un determinado residuo sólido, contenido en una unidad de volumen.

*Disposición final.*

El depósito permanente de los residuos en un sitio en condiciones adecuadas para evitar daños a los ecosistemas.

*Dren.*

Estructura que sirve para el saneamiento y eliminación del exceso de humedad en los suelos.

*Elementos bajo riesgo.-*

Se define a la población, las edificaciones y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada.

*Escurrimiento*

Es el agua pluvial que no se infiltra y no se evapora.

*Generación*

Cantidad de residuos sólidos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo.

*Impacto ambiental.*

Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

*Lixiviado o percolado.*

El lixiviado o líquido percolado es producido fundamentalmente por las aguas de lluvia que se infiltran a través del material de cobertura y atraviesan las capas de basura, transportando concentraciones apreciables de materia orgánica en descomposición y otros contaminantes sumado a la humedad (H<sub>2</sub>O) propia de la basura que es de un 45 a 60%.

#### *Material de cubierta.*

Capa superficial que tiene como finalidad controlar infiltraciones, el ingreso o egreso de fauna nociva.

#### *Mejoramiento.*

El incremento de la calidad.

#### *Metano.*

Gas que constituye el primer término de la serie de los hidrocarburos saturados. Es un gas incoloro, más ligero que el aire, poco soluble en el agua y tiene por fórmula CH<sub>4</sub>. Es el más simple de todos los compuestos orgánicos, lo cual explica su abundancia en la naturaleza, ya que se desprende de los materiales orgánicos en estado de descomposición. El metano se forma por combinación del hidrógeno con el carbono siendo una reacción reversible, es poco oloroso, se consume como combustible.

#### *Migración de biogás.*

Movimiento de las partículas de biogás a través del relleno sanitario y fuera de los rellenos sanitarios.

#### *Monitoreo.*

Muestreo y mediciones repetidas para determinar los cambios de niveles o concentraciones de contaminantes en un período y sitio determinado. En sentido restringido el muestreo y la medición regular de los niveles de contaminación en relación a una norma o para juzgar la efectividad de un control.

*Muestra.*

Parte representativa de un universo o población finita, obtenida para conocer sus características.

*Nivel freático.*

Es la profundidad a la que se encuentran las aguas freáticas. Este nivel baja en tiempo de secas y sube en tiempo de lluvias.

*Pendiente.*

Es la inclinación que tiene un terreno o cualquier elemento tomando como base la relación longitud horizontal entre longitud vertical.

*Perímetro.*

Es la longitud exterior de un cuerpo cerrado.

*Permeabilidad.*

Es la capacidad del suelo para conducir o descargar cualquier fluido, cuando se encuentra bajo un gradiente. Esta depende de la densidad del suelo, del grado de saturación y del tamaño de las partículas.

*Poligonal.*

Es aquella figura donde se vacían los datos de topografía (longitud y ángulo) para indicar una porción del terreno. Las poligonales pueden ser abiertas o cerradas.

*Porosidad.*

Es el porcentaje de vacíos en el volumen total de una muestra o bien, el cociente del volumen que puede ser ocupado por agua entre el volumen total.

*Pozo de monitoreo.*

Perforación profunda que se hace en un relleno sanitario para poder medir la cantidad de biogás o lixiviados que se generan en el mismo.

*Prevención.*

El conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro de un elemento.

*Protección.*

El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y prevenir y controlar su deterioro.

*Relleno Sanitario.*

Método de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos municipales, los cuales se depositan, se esparcen, compactan al menor volumen práctico posible y se cubren con una capa de tierra, al término de las operaciones del día.

*Residuo.*

Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización o tratamiento, cuya calidad no permite incluirlo nuevamente en el proceso que lo generó.

*Residuos incompatibles.*

Aquellos que al combinarse y/o mezclarse producen reacciones violentas o liberan sustancias peligrosas.

*Residuos peligrosos.*

Todo aquel material que por sus características físicas, químicas y biológicas, representa desde su generación daño para el ambiente.

*Residuo potencialmente peligroso.*

Todo aquel material que por sus características físicas, químicas y biológicas, pueda representar un daño para el ambiente.

*Residuo sólido.*

Cualquier material que posea suficiente consistencia para no fluir por si mismo.



### *Residuo sólido municipal.*

Aquellos residuos que se generan en: casa habitación, parques, jardines, vía pública, oficinas, sitios de reunión, mercados, comercios, bienes inmuebles, demoliciones, construcciones, instituciones, establecimientos, de servicio y en general todos aquellos generados en actividades municipales, que no requieren técnicas especiales para su control, excepto los peligrosos de hospitales, clínicas, laboratorios y centros de investigación.

### *Riesgo total*

Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un evento desastroso, es decir, el producto del riesgo específico y los elementos bajo riesgo, lo que comúnmente es la población pero puede ser el agua, la flora, la fauna, el paisaje, etc. .

### *Talud.*

Parámetro inclinado de un dique, terraplén o desmonte.

### *Terraplén.*

Macizo de tierra con que se rellena un hueco, o que se levanta para hacer una defensa, un camino u otra obra semejante.

### *Terrazas.*

Ordenación de las pendientes muy inclinadas con el fin de crear parcelas horizontales.

### *Tratamiento.*

El proceso que sufren los residuos para eliminar su peligrosidad o hacerlos reutilizables.

### *Vida útil.*

Es el período de tiempo en que el relleno sanitario estará apto para recibir basura continuamente. El volumen de basura y tierra depositados en ese período, es igual al vacío entre la superficie final del relleno.

### *Vulnerabilidad*

Como el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso.

## VII.- BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, R.M. 1999 Reciclamiento de la basura: Una opción ambiental comunitaria. Trillas. México
2. Arias, E.D. 2001 Diagnostico de los residuos peligrosos en Yucatán. Memorias Congreso México limpio tarea de todos, Querétaro Qro. Noviembre 14-16, 2001
3. Asociación Mexicana para el Control de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C. (AMCRESPEC). 1998. Impacto Ambiental en rellenos sanitarios. México. [23]
4. Asociación Mexicana para el Control de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C. (AMCRESPEC). 2001, Congreso México limpio tarea de todos, Memorias, Querétaro Qro. Noviembre 14-16, 2001.
5. Barrera, L. F.J. 2001. Desarrollo Institucional. "Manejo integral de residuos sólidos municipales" Hotel Aranzazu, Guadalajara Jalisco. 13 y 14 de septiembre 2001. [25]
6. Cabrera, G. 2001 Todos en la Tarea de México limpio; la posición de los actores. Memorias Congreso México limpio tarea de todos, Querétaro Qro. Noviembre 14-16, 2001. [2]
7. CIATEJ 1998 Análisis de residuos para clasificarlos dentro de las normas CRETIB aplicadas a unas muestras de residuos de basura.
8. Colegio de Post Graduados 1991 Manual de Conservación del Suelo y Agua. CP-SARH – SPP, Chapingo México.
9. Conesa F. V. 1995 Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. ed. mundi prensa. [19]
10. Consultoría en Estudios Ecológicos 1994 Manifestación General de Impacto Ambiental Para la Implementación del Desarrollo Habitacional Colinas Country Club Ubicado en el Municipio de Zapopan Jalisco.
11. Consultora y Exploradora de Recursos Naturales S.A de C.V. 1995 Influencia Directa de la Hidrodinámica de los Arroyos Milpa Alta y Las Tinajas del Proyecto Colinas Country Club en el Municipio de Zapopan Jalisco.
12. Consultora y Exploradora de Recursos Naturales S.A de C.V. 1999 "Propuestas para sanear el basurero de Milpa Alta.

13. Cruz, Ribera R; T, Orta de Velásquez; J, Sánchez-Gómez; N. Rojas Valencia. (2001) Estimación de la generación de lixiviados en rellenos sanitarios mediante un balance de agua en serie. Memorias Congreso México limpio tarea de todos, Querétaro Qro. Noviembre 14-16, 2001 [9]
14. Cruz, Ribera R; T, Orta de Velásquez; J, Sánchez-Gómez; N. Rojas Valencia. (2001) Monitoreo aerobiológico cualitativo en sitios de disposición final de residuos sólidos municipales. Memorias Congreso México limpio tarea de todos, Querétaro Qro. Noviembre 14-16, 2001
15. Davis M.L., y Cornwell, D.A. 1998 Introduction to environmental engineering. WCB/McGraw Hill. 3er Edicion. USA.
16. Deffis C.A. 1994 La basura es la solución. Árbol editorial, Colombia
17. Diario Oficial de la Federación. 1994. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994
18. Fierro, A, A. 2001 Propiedades físicas del suelo relacionadas con el movimiento del agua en el suelo, Notas de curso Norma de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana. Casa abierta al tiempo.
19. Flores, Q.R. 2001 Efecto en el agua por el mal manejo de los residuos sólidos municipales. Memorias Congreso México limpio tarea de todos, Querétaro Qro. Noviembre 14-16, 2001 [4]
20. G & E Engineering de México S.A De C.V. 1995 Remediación de Residuos Sólidos Municipales (RSM) Colinas Country Club "Plan De Operación Higiene Y Seguridad"
21. García S. J.T. 2001. Relleno Sanitario Salamanca. Guanajuato. [16]
22. Gomco S.A de C.V. 1998 Estudios de los Exbasureros 1,2 Y 3. Colinas Country club. [23]
23. Gonzalez L, G. 2001 Diseño de reactores biológicos para evaluar la influencia de lixiviados en la transformación de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos. Memorias Congreso México limpio tarea de todos, Querétaro Qro. Noviembre 14-16, 2001 [8]
24. [http:// www.cepis.ops.oms.org/](http://www.cepis.ops.oms.org/)
25. [http:// www.ine.gob.mx/](http://www.ine.gob.mx/)
26. Instituto Nacional De Estadística Geografía E Informática. (INEGI). 2000 Estudio Hidrológico del estado de Jalisco. Editorial Gobierno del Estado de Jalisco, México.
27. Instituto Nacional De Estadística Geografía E Informática. (INEGI). 1999 Estadísticas del Medio Ambiente. Editorial Gobierno del Estado de Jalisco, México. Tomo I y II.

28. Instituto Nacional De Estadística Geografía E Informática. (INEGI). 1996 Carta Topográfica Escala 1:50,000 F-13-D-65, Guadalajara Oeste.
29. Jiménez, C.B.E. 2001 La contaminación ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada. Editorial Limusa, Colegio de ingenieros Ambientales de México, A.C., Instituto de ingeniería de la UNAM y FEMISCA. México. [13]
30. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (y disposiciones complementarias) 1999. edición 17. Editorial Porrúa. [26]
31. Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (y disposiciones complementarias)
32. Llanas F. R., Mandujano, G.C., Platas, L.F. 1996. Residuos sólidos y ecología en México, Una Visión histórica. Tomo I. Publicación AMCESPAC y SEMARNAP. [6]
33. Maciel, F.R. 2002. Comentario Personal I. [24]
34. Mendez, N.R; E, Castillo; M, Comas; R. Pat; E. Cachon. 2001 Tratamiento fisicoquímico de lixiviados de un relleno sanitario. Memorias Congreso México limpio tarea de todos, Querétaro Qro. Noviembre 14-16, 2001 [7]
35. Nobel B.J. Wrigth R. T. 1999 Ciencias Ambientales "Ecología y desarrollo sostenible" Editorial Pearson, Prentice Hall. 6ta edición, México.
36. Rábago y Gutiérrez. 2001. Alternativas de obras de drenaje de lixiviados en rellenos sanitarios. Memorias del Congreso México Limpio: Tarea de Todos. Querétaro, Qro. [5]
37. Reingeniería para Restauración Ambiental S.A de C.V. 2001 Proyecto de Saneamiento del Confinamiento Municipal de Milpa Alta en el Municipio de Zapopan Jalisco, México. [15]
38. Reingeniería para Restauración Ambiental S.A de C.V. 2000. Informe Preventivo de Impacto Ambiental Preparado para Evaluación de la Comisión Estatal de Ecología "Desarrollo Habitacional Colinas Country Club". [21]
39. Rzedowski J. 1978 Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F.
40. Rzedowski J. Y Mc Vaugh, R. 1966 Vegetación de la Nueva Galicia. Contribuciones del herbario de la Universidad de Michigan.
41. SEDESOL. 2001. "Indicadores básicos y manual de evaluación para el relleno sanitario". Manuales técnicos para el manejo de la basura. México D.F. [10]

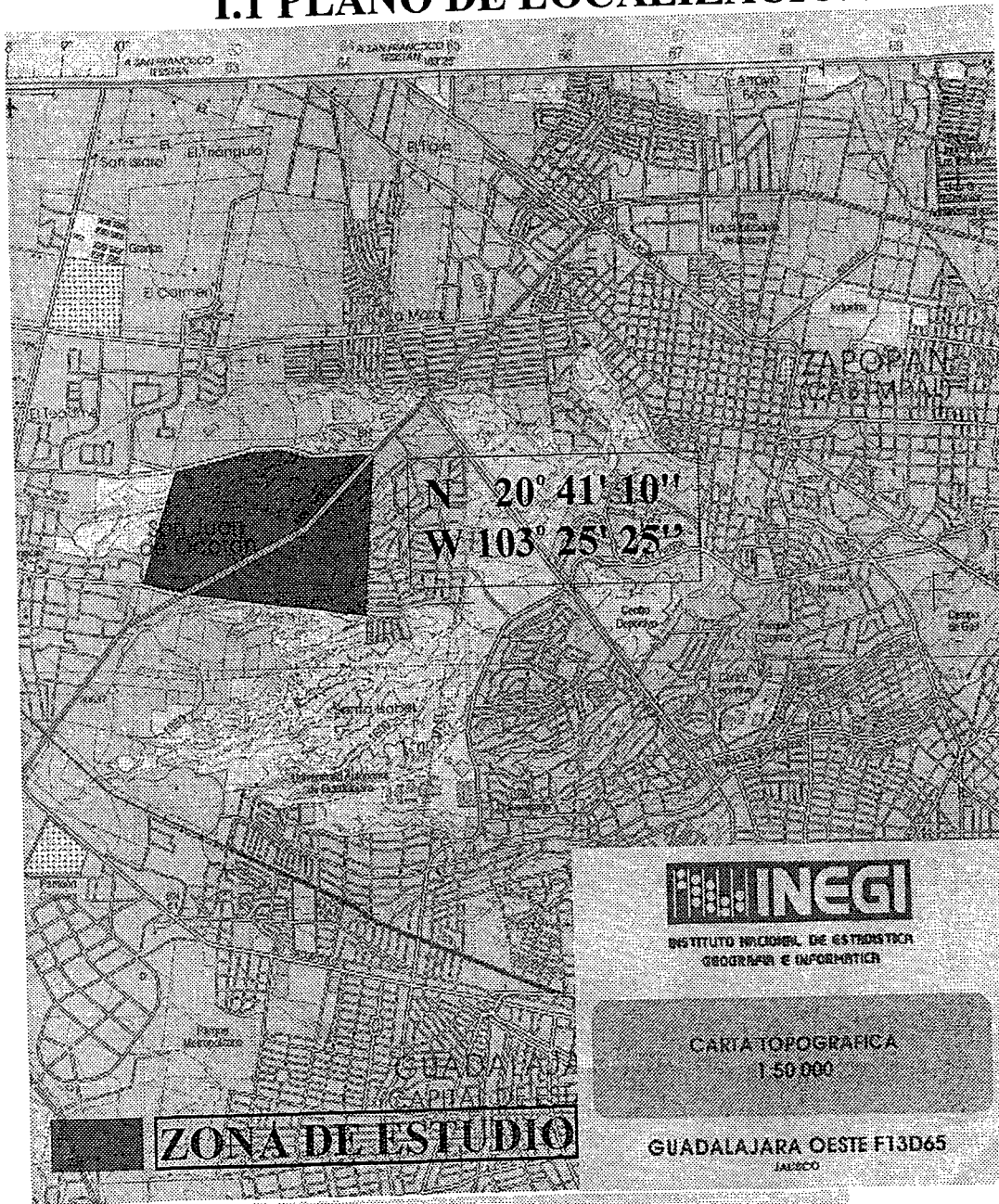
42. SEDESOL. 2001. "Manual aspectos contables". Manuales técnicos para el manejo de la basura. México D.F.
43. SEDESOL. 2001. "Manual aspectos sociales". Manuales técnicos para el manejo de la basura. México D.F.
44. SEDESOL. 2001. "Manual para determinar la factibilidad de reducción de rehúso de residuos sólidos municipales". Manuales técnicos para el manejo de la basura. México D.F.
45. SEDESOL. 2001. "Manual para el establecimiento de un programa regional de reciclaje". Manuales técnicos para el manejo de la basura. México D.F. [18]
46. SEDESOL. 2001. "Manual para la operación de rellenos sanitarios". Manuales técnicos para el manejo de la basura. México D.F.
47. SEDESOL. 2001. "Manual para la rehabilitación y clausura de tiraderos a cielo abierto," Manuales técnicos para el manejo de la basura. México D.F. [1]
48. SEDESOL. 2001. "Manual técnico-administrativo para el servicio de limpia municipal". Manuales técnicos para el manejo de la basura. México D.F. [11]
49. SEDESOL. 2001. "Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de Residuos sólidos Municipales". Manuales técnicos para el manejo de la basura. México D.F. [12]
50. SEDESOL. 2001. "Sistema de evaluación y control". Manuales técnicos para el manejo de la basura. México D.F.
51. SEMARNAT, INE. 2000 Segundo informe Nacional de Emisiones y transferencia de Contaminantes 1998-1999: registro de emisiones y transferencia de contaminantes. SEMARNAT, INE
52. Trejo V.R. 1997. Procesamiento de la basura urbana. Ed. Trillas. México, D.F.
53. Universidad de Guadalajara. 1994 Riesgos en La Zona Metropolitana de Guadalajara. Universidad de Guadalajara. México [14]
54. Universidad de Guadalajara. 1995 Estudio de Ruido Ambiental "Desarrollo Residencial Colinas Country Club. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
55. Urias Adolfo. 2001 Evaluación de impacto ambiental. Análisis comparativo del proceso BEIF y de la MIA mexicana. Memorias Congreso México limpio tarea de todos, Querétaro Qro. Noviembre 14-16, 2001 [20]

56. Valle A. 1993. EL Libro del reciclaje. Agpograf, Barcelona. 17
57. Villalpando F. García E. 1993. Agroclimatología del Estado de Jalisco. Ed. UdG. Guadalajara, Jalisco, México
58. Zambrano, L,H. 2001 Proteger el Medio Ambiente: Un negocio rentable "*Calidad Ambiental*" *Elemento esencial para el desarrollo Sostenible*. VI(4) 4-7 3

# ANEXO 1 FIGURAS



# I.1 PLANO DE LOCALIZACIÓN





ESCALA 1:50,000



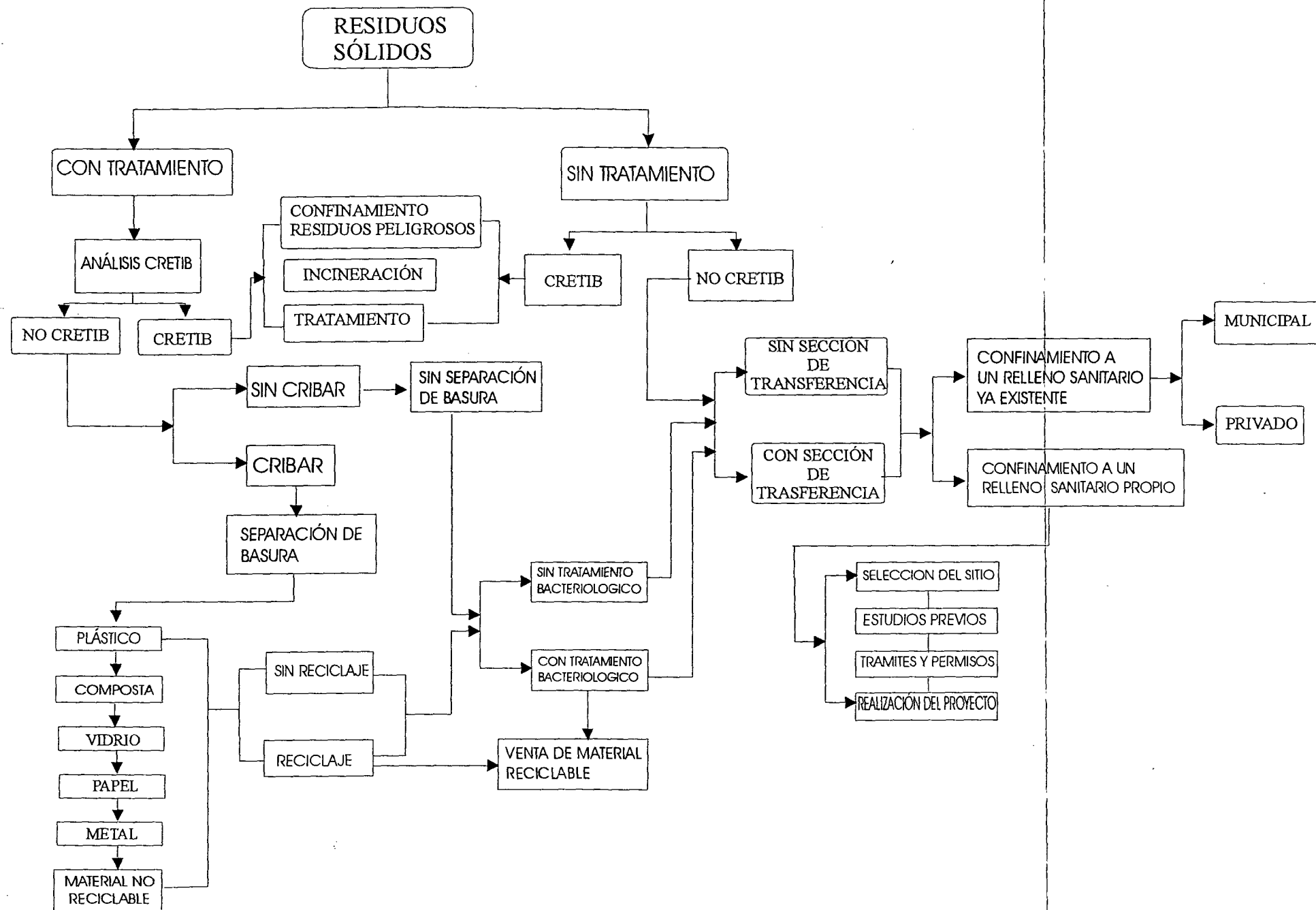
EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL: 10 METROS

## I.2.- FOTOGRAFÍA AÉREA



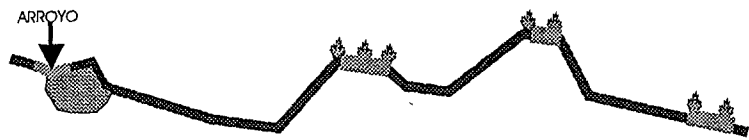
LEYENDA	
	LIMITE DEL PREDIO
	COORDENADAS UTM

### I.3.- DIAGRAMA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS



**LEYENDA**

-  Área sin cubierta vegetal
-  Cubierta vegetal, pasto, césped
-  Cuerpo de agua
-  Área pavimentada
-  Área urbana
-  Vialidad
-  Áreas verdes
-  Área del campo de golf
-  Área con basura



A) PERFIL ANTERIOR A SANEAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN



B) PERFIL PROPUESTO DESPUES DEL SANEAMIENTO Y CONSTRUCCION

VIII.2.-PERFIL ANTERIOR Y PROPUESTO DEL PROYECTO COLINAS COUNTRY CLUB

**FIGURA VIII.5.1.- CROQUIS DE UBICACIÓN DE ZONAS CON BASURA**

DIRECCION DE PENSIONES  
DEL ESTADO

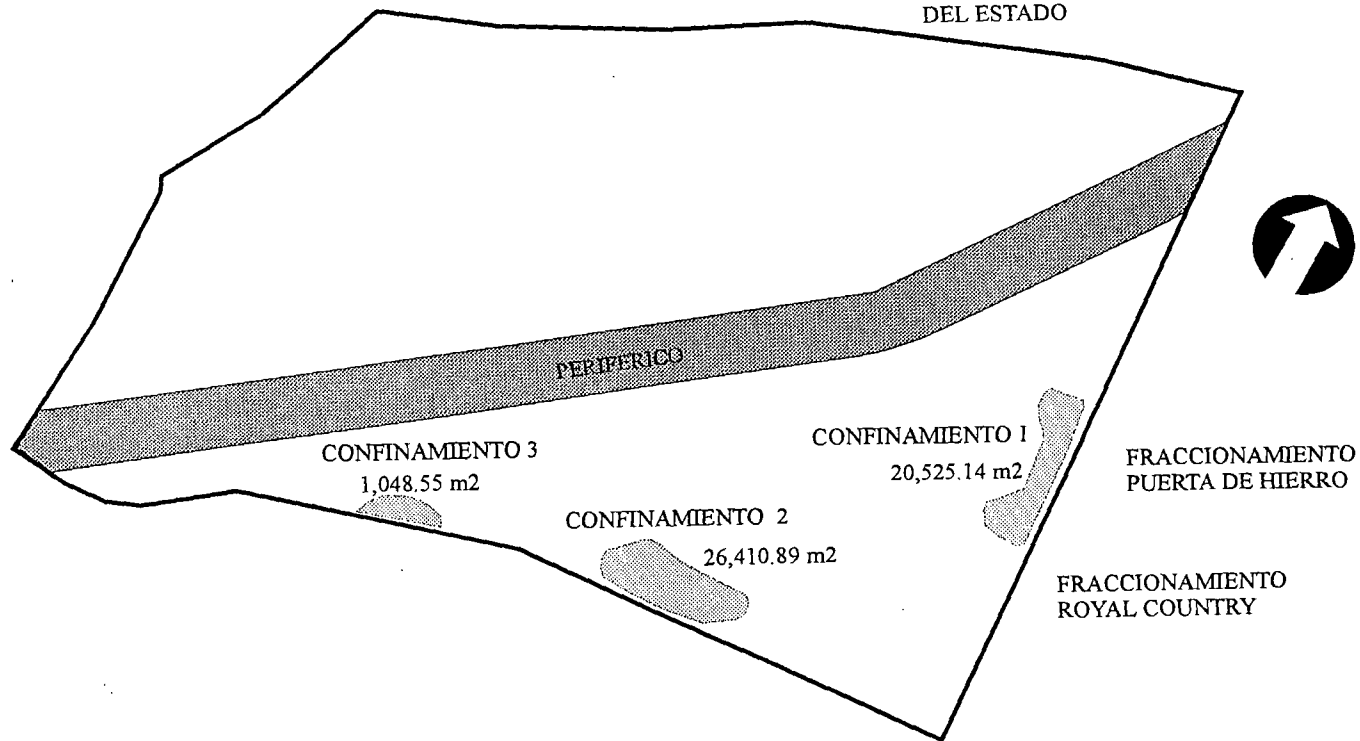
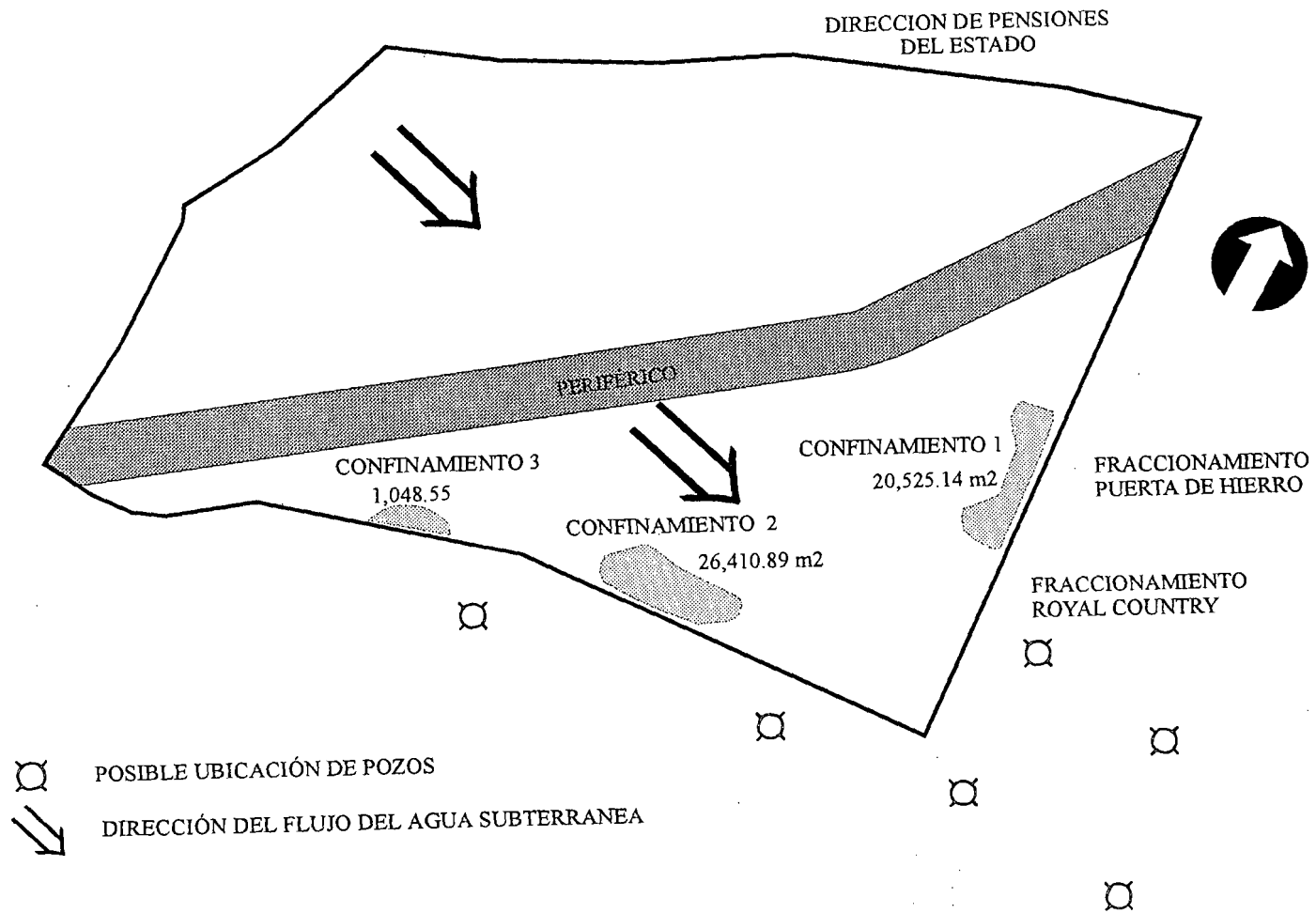
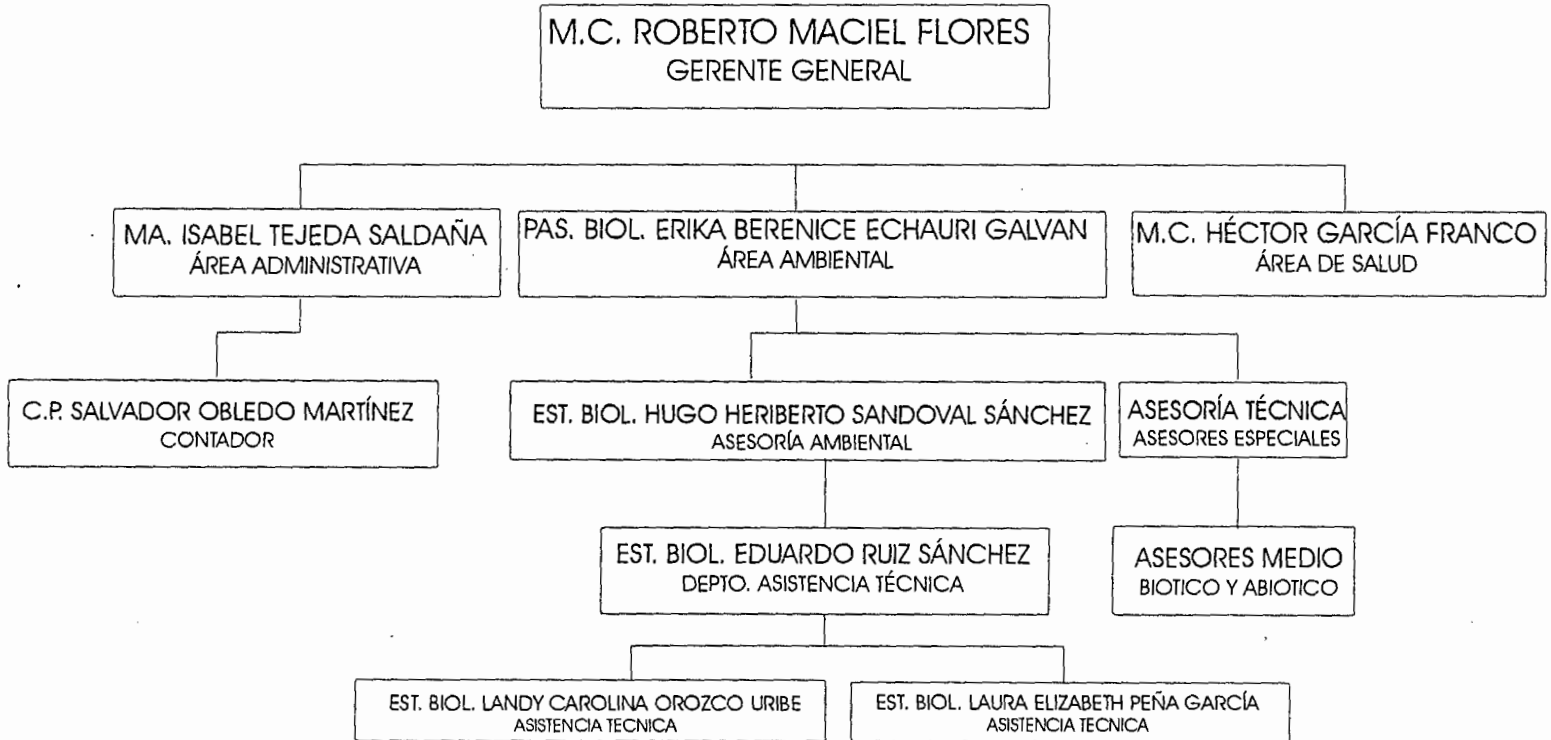


FIGURA VIII.5.5.- DIRECCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA



ORGANIGRAMA  
REINGENIERIA PARA RESTAURACIÓN AMBIENTAL



## ANEXO 2 FOTOGRAFÍAS





IMAGEN VI.1.- Los tiraderos a cielo abierto carecen de una cubierta de material impermeable, por consiguiente se presenta un medio que permite la fácil entrada del agua de lluvia a los estratos de residuos que se encuentran en el interior del sitio, provocando por ello la saturación del medio y la percolación hacia el fondo.

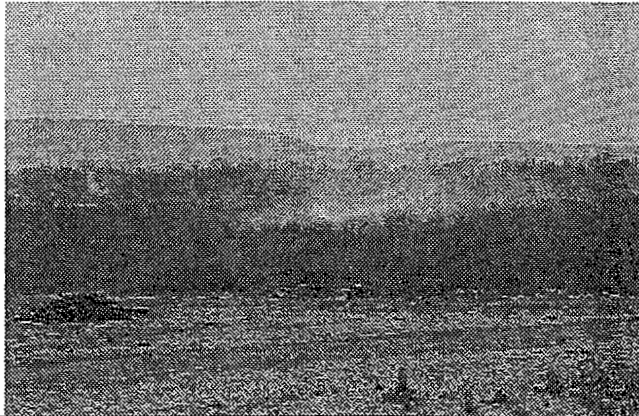


IMAGEN VI.2.- Los diversos materiales combustibles depositados en los tiraderos a cielo abierto ocasionan incendios, por factores naturales o inducidos, lo que genera olores desagradables y problemas a la salud de la población circundante, además de los daños al ecosistema.



IMAGEN VI.3 y VI.4.- El impacto visual por la presencia de los residuos sólidos a cielo abierto y su dispersión en su entorno, influye directamente en el rechazo de la población. Además, el deterioro del paisaje se ve incrementado por la presencia de polvos, humos, materiales ligeros suspendidos por los vientos, así como por la existencia de pepenadores y animales domésticos, los cuales contribuyen al desorden del sitio.

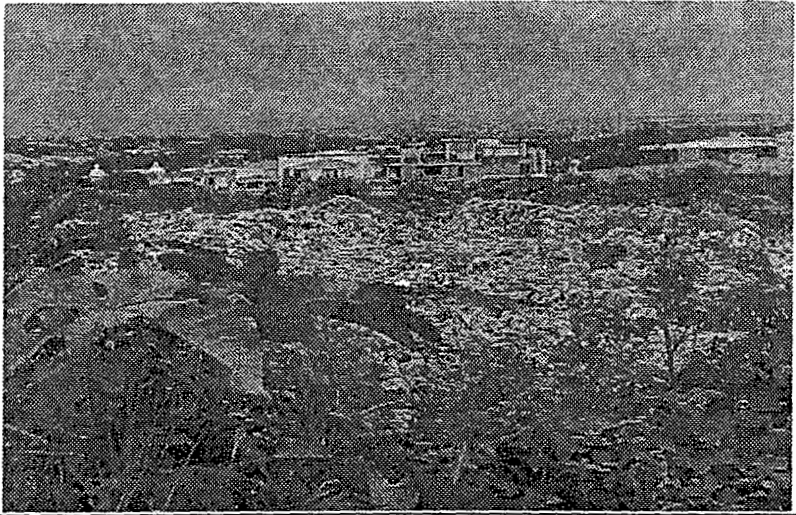


IMAGEN VIII.1. Los residuos representan un impacto visual y una molestia para los vecinos por los olores, gases que emiten, además de la basura que es arrastrada en temporada de lluvias y obstruye las alcantarillas en las partes bajas, por lo que es necesario sanear el lugar antes de desarrollar cualquier actividad productiva en el mismo.



IMAGEN VIII.3.- Se realizaron 30 sondeos los cuales variaron en profundidad, se ejecutaron mediante el empleo de una maquina retroexcavadora de tipo oruga (John Deere 690 B).

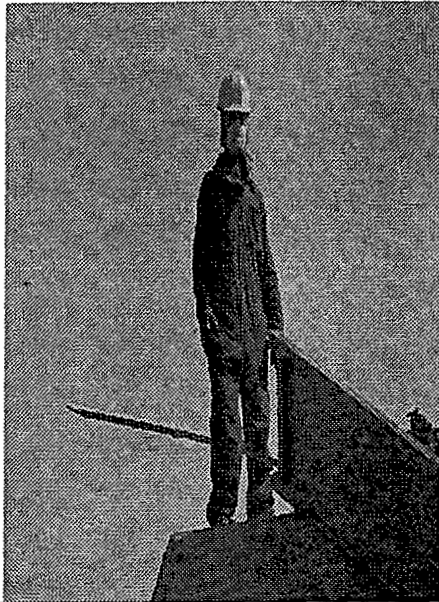


IMAGEN VIII.5.- El personal que labora en el saneamiento del predio cuenta con el equipo de seguridad necesario (botas, cascos, mascarillas, guantes, gogles, tapones para las orejas, etc.) además de chequeos médicos diarios por parte del medico de planta.



IMAGEN VIII.6.- Seguimiento epidemiológico aplicado a los trabajadores que laboran en el área de saneamiento, el cual consiste en la realización de expedientes personales a cada empleado en donde se les proporciono un plan de vacunación y desparasitación, entre otras actividades.

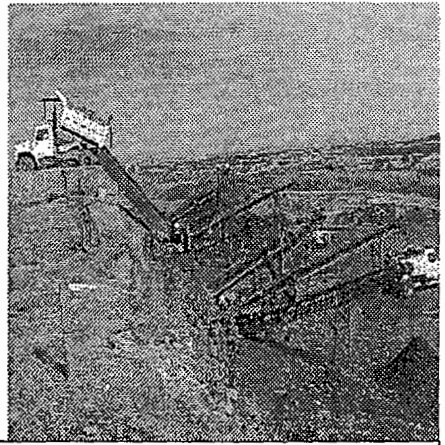


IMAGEN VIII.7. Maquinaria utilizada en el saneamiento del predio, consistiendo principalmente el proceso en la separación de los R.S.M. por granulometrías, es decir, separándolos por material de rechazo, metálicos, composta y plásticos.

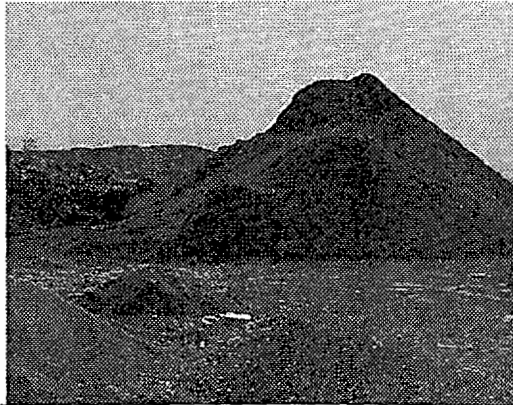


IMAGEN VIII.8.- Almacenamiento del material útil "composta", el cual posterior a su confinamiento en el área destinada para su deposito, se traslada a una zona específica en donde se acomoda en capas de 30 cm para su secado y aireación.



IMAGEN VIII.9.- Posterior al proceso de tratamiento de los residuos, el material no útil y/o no comercializable se traslada a un relleno sanitario privado denominado Hazar'z, en donde sirvió como material de cubierta para dicho relleno sanitario

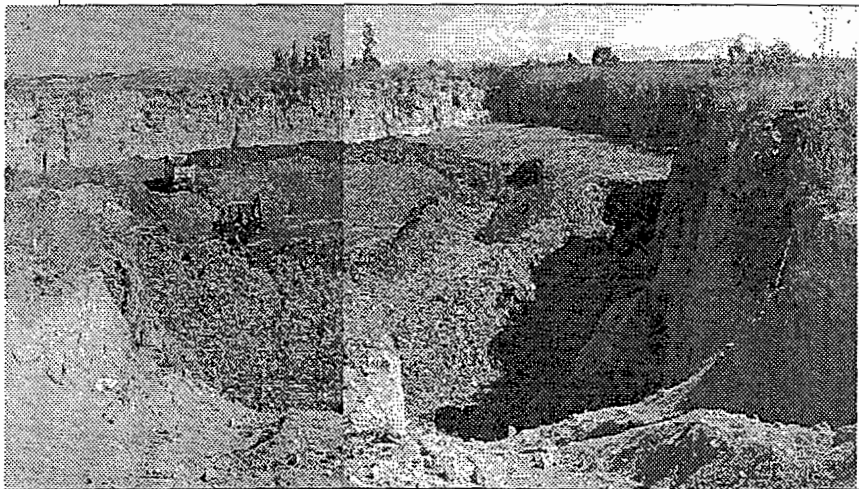


IMAGEN VIII.10.- El proceso generado para el saneamiento, contempla entre otras actividades retirar la basura, generando fuertes depresiones, las cuales serán niveladas antes de reincorporarlas a un proceso productivo.