

24  
2 ej<sup>o</sup>



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**"EL RELLENO SANITARIO COMO SOLUCION EN LA  
DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS PARA  
LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA"**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :**

**HECTOR DIAZ VALASIS**

ASESOR: ING. ENRIQUE CESAR VALDES



MEXICO, D. F.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1996.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-046/96

Señor  
**HECTOR DIAZ VALASIS**  
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. ENRIQUE CESAR VALDEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"EL RELLENO SANITARIO COMO SOLUCION EN LA DISPOSICION FINAL DE  
RESIDUOS SOLIDOS PARA LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA"**

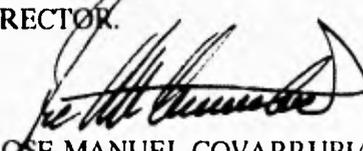
**INTRODUCCION**

- I. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LOCALIDAD**
- II. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS**
- III. ESTUDIOS PREVIOS**
- IV. DISEÑO FUNCIONAL DEL RELLENO SANITARIO**
- V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PREDIO**
- VI. CONCLUSIONES**

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

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

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 20 de marzo de 1996.  
EL DIRECTOR.

  
ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP\*nlj

## **AGRADECIMIENTOS:**

**A mi Dios porque aun cuando mi mente es pequeña para comprender tu gran amor, tu amor nunca ha dejado de ser conmigo**

**A mi madre por su fortaleza, paciencia y amor y por haberme apoyado siempre y a mis hermanos por todo su cariño**

**Al Dr. Rolando Gutiérrez Cortés, porque hechos son amores, no buenas razones, tome esta tesis como un hecho de gratitud**

**A Alex Pérez, sin ti no existiría esta tesis**

**Al Choper, Johnson I y II, Pollo, Santos, Cui-cui, Cadenitas, La Güera, Chema, Alacrán, Calvin y Samuel L Tagle por su gran amistad, por cuatro campeonatos y por todo lo demás que ustedes saben**

**Al Ing. Enrique César Valdés quien ha ganado mi admiración, siendo un verdadero ejemplo en su amor y dedicación a esta institución, también en su gran interés por compartir su conocimiento como compañero, amigo y maestro. Gracias por tu tiempo dedicado tanto a mi trabajo como a mi persona.**

**A la Máxima Casa de Estudios y a la Facultad de Ingeniería porque a muchos nos han brindado el conocimiento, con una formación integral a cambio de esforzarnos para que nuestro México sea un país que cuente con profesionistas responsables, que trabajen con entereza y calidad.**

**EL RELLENO SANITARIO COMO SOLUCION  
EN LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS  
PARA LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA**

**INDICE GENERAL**

	<b>Pagina</b>
<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>I. Características generales de la localidad</b>	3
<b>I.1 Ubicación geográfica</b>	4
<b>I.2 Demografía</b>	4
<b>I.3 Antecedentes históricos</b>	4
<b>I.4 Climatología</b>	6
<b>I.5 Geología local y regional</b>	7
<b>I.6 Topografía</b>	11
<b>I.7 Hidrología superficial y subterránea</b>	11
<b>I.8 Problemática ambiental</b>	12
<b>I.9 Uso de suelo</b>	12
<b>I.10 Flora y fauna</b>	13
<b>I.11 Fisiografía</b>	14
<b>II. Diagnóstico de la situación actual del manejo de residuos sólidos</b>	16
<b>II.1 Estudio de generación de residuos sólidos</b>	17
II.1.1 Generación per cápita	17
II.1.2 Clasificación de subproductos	19
II.1.3 Pesos volumétricos	25
II.1.4 Contenido de humedad	
<b>II.2 Estudio de generación de residuos sólidos en otras fuentes generadoras</b>	25
II.2.1 Generación per cápita	25
II.2.2 Pesos volumétricos	25
<b>II.3 Sistemas de almacenamiento</b>	32
II.3.1 Domicilios	32
II.3.2 Otras fuentes generadoras	32
<b>II.4 Recolección y transporte de residuos sólidos</b>	32
II.4.1 Servicio municipal	32
II.4.2 Estudio de tiempos y movimientos de vehículos de recolección municipal	36
II.4.3 Servicios concesionados	36

<b>II.5 Barrido manual</b>	<b>38</b>
<b>II.6 Disposición final</b>	<b>39</b>
II.6.1 Antecedentes	39
II.6.2 Descripción del sitio de disposición actual	39
II.6.3 Operación y vida útil estimada	40
II.6.4 Situación actual	41
<b>II.7 Tratamiento y reciclaje de residuos sólidos</b>	<b>42</b>
<b>III. Estudios previos</b>	<b>43</b>
<b>III.1 Estudio demográfico</b>	<b>44</b>
III.1.1 Proyecciones de población	44
III.1.2 Densidades de población	50
III.1.3 Porcentaje de personas que cuentan con servicios	53
<b>III.2 Proyección de la generación de residuos sólidos</b>	<b>57</b>
<b>III.3 Sitio alternativo para el proyecto del relleno sanitario</b>	<b>61</b>
III.3.1 Ubicación geográfica	62
III.3.2 Uso de suelo	62
III.3.3 Vías de comunicación	62
III.3.4 Características fisiográficas	62
III.3.5 Hidrología superficial y subterránea	63
III.3.6 Flora y fauna	63
III.3.7 Normas de selección	64
<b>IV. Diseño funcional del relleno sanitario</b>	<b>65</b>
<b>IV.1 Diseño del relleno sanitario</b>	<b>67</b>
IV.1.1 Necesidades de acondicionamiento	67
IV.1.2 Parámetros de diseño	68
IV.1.3 Diseño del frente de trabajo	68
IV.1.4 Diseño de la celda diaria y niveles del relleno sanitario	69
IV.1.5 Capacidad volumétrica y vida útil	72
IV.1.6 Determinación del material de cobertura	76
IV.1.7 Uso final del sitio	78

<b>IV.2 Ingeniería ambiental</b>	<b>78</b>
<b>IV.2.1 Cálculo de generación de biogás</b>	<b>78</b>
<b>IV.2.2 Control de biogás en el relleno sanitario</b>	<b>81</b>
<b>IV.2.3 Cálculo de generación de lixiviado</b>	<b>82</b>
<b>IV.2.4 Cálculo de la interfase</b>	<b>90</b>
<b>IV.2.5 Requerimientos de impermeabilización y control de lixiviado</b>	<b>90</b>
<b>IV.2.6 Control de fauna nociva</b>	<b>95</b>
<b>IV.2.7 Sistema de monitoreo ambiental</b>	<b>95</b>
<b>IV.3 Ingeniería aplicada</b>	<b>97</b>
<b>IV.3.1 Drenaje pluvial</b>	<b>97</b>
<b>IV.3.2 Camino perimetral</b>	<b>97</b>
<b>IV.3.3 Drenaje y fosas de colección de lixiviado</b>	<b>101</b>
<b>IV.3.4 Colocación de geomembrana</b>	<b>101</b>
<b>IV.3.5 Pozos de control de biogás y pozos de monitoreo ambiental</b>	<b>102</b>
<b>IV.4 Infraestructura</b>	<b>103</b>
<b>IV.4.1 Caseta de control y vigilancia</b>	<b>103</b>
<b>IV.4.2 Báscula</b>	<b>103</b>
<b>IV.4.3 Oficinas generales</b>	<b>103</b>
<b>IV.4.4 Cobertizo para maquinaria</b>	<b>104</b>
<b>IV.4.5 Subestación eléctrica</b>	<b>104</b>
<b>IV.4.6 Abastecimiento de agua</b>	<b>104</b>
<b>IV.4.7 Malla ciclónica galvanizada</b>	<b>104</b>
<b>IV.4.8 Sistema de señalamientos</b>	<b>104</b>
<b>V. Estudio de impacto ambiental del predio</b>	<b>105</b>
<b>V.1 Aspectos generales del medio natural socioeconómico</b>	<b>106</b>
V.1.1 Aspectos del medio natural	106
V.1.2 Aspectos del medio socioeconómico	106
<b>V.2 Vinculación con las normas y regulaciones sobre uso del suelo</b>	<b>108</b>
V.2.1 Ley de Regulación Ambiental del Estado de Colima	108
V.2.2 Uso de suelo	110

**V.3 Identificación de impactos ambientales ocasionado por el acondicionamiento del relleno sanitario. 110**

V.3.1 Etapa de selección del sitio	111
V.3.2 Desmonte	112
V.3.3 Obras de control de acceso y protección ambiental	114
V.3.4 Ingreso de vehículos al sitio de disposición	114
V.3.5 Empuje y cobertura de residuos	114
V.3.6 Disposición permanente de residuos sólidos	114

**V.4 Impacto ambiental actual ocasionado por el diseño y operación del relleno 115**

V.4.1 Selección del sitio	116
V.4.2 Diseño del frente de trabajo y celdas	117
V.4.3 Generación de biogás	117
V.4.4 Generación de lixiviados	117
V.4.5 Drenaje pluvial	117
V.4.6 Presencia de fauna nociva	118
V.4.7 Afectación a la fauna silvestre	118
V.4.8 Infraestructura	118
V.4.9 Impacto social	118
V.4.10 Personal de operación	118

**V.5 Medidas de mitigación para el impacto ambiental ocasionado actualmente 119**

**VI. Conclusiones 123**

**VII. Bibliografía 125**

ANEXO: Proyecto de Norma Oficial Mexicana para la disposición final de los residuos sólidos municipales.

# **EL RELLENO SANITARIO COMO SOLUCION FINAL EN LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA**

## **INTRODUCCION**

### **Antecedentes:**

Dentro del Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Civil, la asignatura de Impacto Ambiental es una oportunidad para que los alumnos adquieran un panorama general de las diversas obras y actividades que corresponden al área de la Ingeniería Sanitaria. Entre éstas, el manejo de residuos sólidos se estudia de manera general, pero despierta el interés por conocer más acerca de su diseño y operación.

### **Objetivos:**

a) Presentar los estudios correspondientes a las condiciones que se viven en la ciudad de Manzanillo, Colima, concernientes al problema de la basura actualmente, y el aumento en la producción de desechos sólidos, que está relacionado directamente con el crecimiento demográfico de dicho municipio.

a) Elaborar el diseño funcional del relleno sanitario para la Ciudad de Manzanillo, Colima, que permita ver los puntos principales en el desarrollo de un proyecto de este tipo y que son aplicables a cualquier sitio, ya que aunque las condiciones en las que pudiera diseñarse otro relleno, pudieran ser completamente distintas, los principales estudios que se presentarán dentro de esta tesis son los mismos a considerar en otros proyectos.

b) Elaborar el estudio de impacto ambiental correspondiente, midiendo las ventajas y desventajas, evaluándolas desde los aspectos social, económico y ecológico fundamentalmente. También se presentarán soluciones prácticas para la mitigación de dichos impactos ambientales, intentando disminuir el riesgo al máximo.

El camino hacia el año 2000 se nos presenta con problemas que tendremos que resolver, utilizando la técnica y el desarrollo como nuestros aliados y no como nuestros peores enemigos. Alguna vez se le preguntó al célebre científico Albert Einstein cuál era uno de los problemas más graves que enfrentaba la humanidad y el contestó: "La gente va a morir de sed", lo cual se está acercando cada vez más a la

realidad, ya que cada vez es más difícil contar con el líquido que permite la vida en el planeta, debido a su escasez.

Al analizar el problema de la basura, nos damos cuenta que se presenta no sólo como un generador de malos olores y fauna nociva sino como agente contaminante de mantos acuíferos, de los cuales tomamos directamente el agua que consumimos día con día.

Si nos ponemos a pensar en que la producción promedio de basura por cada mexicano es de 0.5 kg/día y esto lo multiplicamos por 90 millones de habitantes, estamos hablando de una franja de 45 m de ancho, por 1 m de espesor, por un km de largo al día. El costo puede ser más alto de lo que nos imaginamos si además permitimos que se contaminen los mantos acuíferos. En Estados Unidos de Norteamérica, para limpiar unos 20 acuíferos, se tuvo que invertir el equivalente al total de la deuda externa mexicana.

Por lo tanto es necesario hacer caso a la técnica, que nos presenta soluciones adecuadas para la mitigación de los impactos ambientales que genera la inadecuada disposición de los residuos sólidos. En este trabajo se presenta la solución de ingeniería que se propuso en el proyecto de relleno sanitario para la ciudad de Manzanillo, Colima y como dicho proyecto fue una labor estéril debido a que no se puso en práctica, con el consiguiente desperdicio de recursos económicos que significó su realización, pero más grave aun fue el hecho de que la degradación de los factores ambientales del área no pudo ser evitada. Situaciones parecidas son muy frecuentes en nuestro país, y están en contra del denominado "desarrollo sustentable" que significa dejar a las generaciones venideras unas condiciones ambientales semejantes a las que nosotros recibimos.

Cada 20 minutos, en nuestro planeta se extingue una especie animal o vegetal para siempre, por lo cual es necesario actuar de inmediato en base a las soluciones que la ciencia aplicada nos presenta, u olvidarnos del desarrollo sustentable.

**"Un paso a tiempo, dado a tiempo, significa terminar a tiempo y con éxito"**

7

**EL RELLENO SANITARIO COMO SOLUCION, EN LA  
DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LA CIUDAD  
DE MANZANILLO, COLIMA**

**CAPITULO I**

**CARACTERISTICAS GENERALES PARA LA LOCALIDAD**

- 1.1 Ubicación geográfica**
- 1.2 Demografía**
- 1.3 Antecedentes históricos**
- 1.4 Climatología**
- 1.5 Geología local y regional**
- 1.6 Topografía**
- 1.7 Hidrología superficial y subterránea**
- 1.8 Problemática ambiental**
- 1.9 Uso del suelo**
- 1.10 Flora y fauna**
- 1.11 Fisiografía**

# **EL RELLENO SANITARIO COMO SOLUCION, EN LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA**

## **CAPITULO I**

### **CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LOCALIDAD**

#### **I.1 Ubicación geográfica**

El Municipio de Manzanillo se ubica en la región costera del Estado de Colima, cruzando por el paralelo 10° 18' 48" de Longitud Oeste. Su altura media sobre el nivel del mar es de 10 metros.

El municipio limita al Norte con el Estado de Jalisco y el Río Marabasco; al Sur, con el Océano Pacífico; al Sureste, con los municipios de Armería y Coquimatlán; al Noroeste, con el municipio de Minatitlán.

Posee una superficie de 133.73 km<sup>2</sup>, lo que representa el 24.04% del total estatal y aproximadamente el 0.07% del nacional. Sus localidades más importantes son: Manzanillo, Camotlán de Miraflores, El Colomo, Jalipa, El Naranjo y Venustiano Carranza (Cualata). La figura 1.1 muestra la región en estudio.

#### **I.2 Demografía**

La localidad de Manzanillo ha presentado un crecimiento acelerado a partir de la década de 1930 cuando contaba de 3,669 habitantes, de los cuales 45.3% eran hombres y el 55.7% eran mujeres. Para la década de 1940, el incremento poblacional en la localidad resultó ser del 86.2% con respecto a la década anterior, llegando a 6,831 habitantes y repartiéndose entre hombres y mujeres el 46.2% y el 53.8% respectivamente. Para el año de 1950, la población de la localidad de Manzanillo fue de 13,006 habitantes con una tasa de crecimiento medio anual de 6.7%.

Como puede observarse, el crecimiento poblacional durante estas décadas se presentó de manera acelerada, siendo a partir de este momento cuando la tasa de crecimiento poblacional disminuye considerablemente hasta permanecer casi constante durante la década de los años sesenta, para que posteriormente y apoyado en el impulso que la localidad de Manzanillo recibió del sector turismo, vuelvan a incrementarse las tasas de crecimiento entre los años de 1970 y 1990.

En el apartado correspondiente al estudio demográfico, se describen otros aspectos relevantes de estudios realizados.

#### **1.3 Antecedentes históricos**

En esta área se han descubierto zonas que fueron habitadas aproximadamente por el año 2500 A.C. en un sitio llamado Morett, situado a 30 km de Manzanillo.

Manzanillo, llamado Mar del Sur, fue en el periodo prehispánico un asentamiento transitorio, ya que a él venían desde Tzalahua, pescadores y buzos, éstos últimos principalmente buscadores de perlas.

# MUNICIPIO, LOCALIDAD Y ZONA DE ESTUDIO DE MANZANILLO, COLIMA

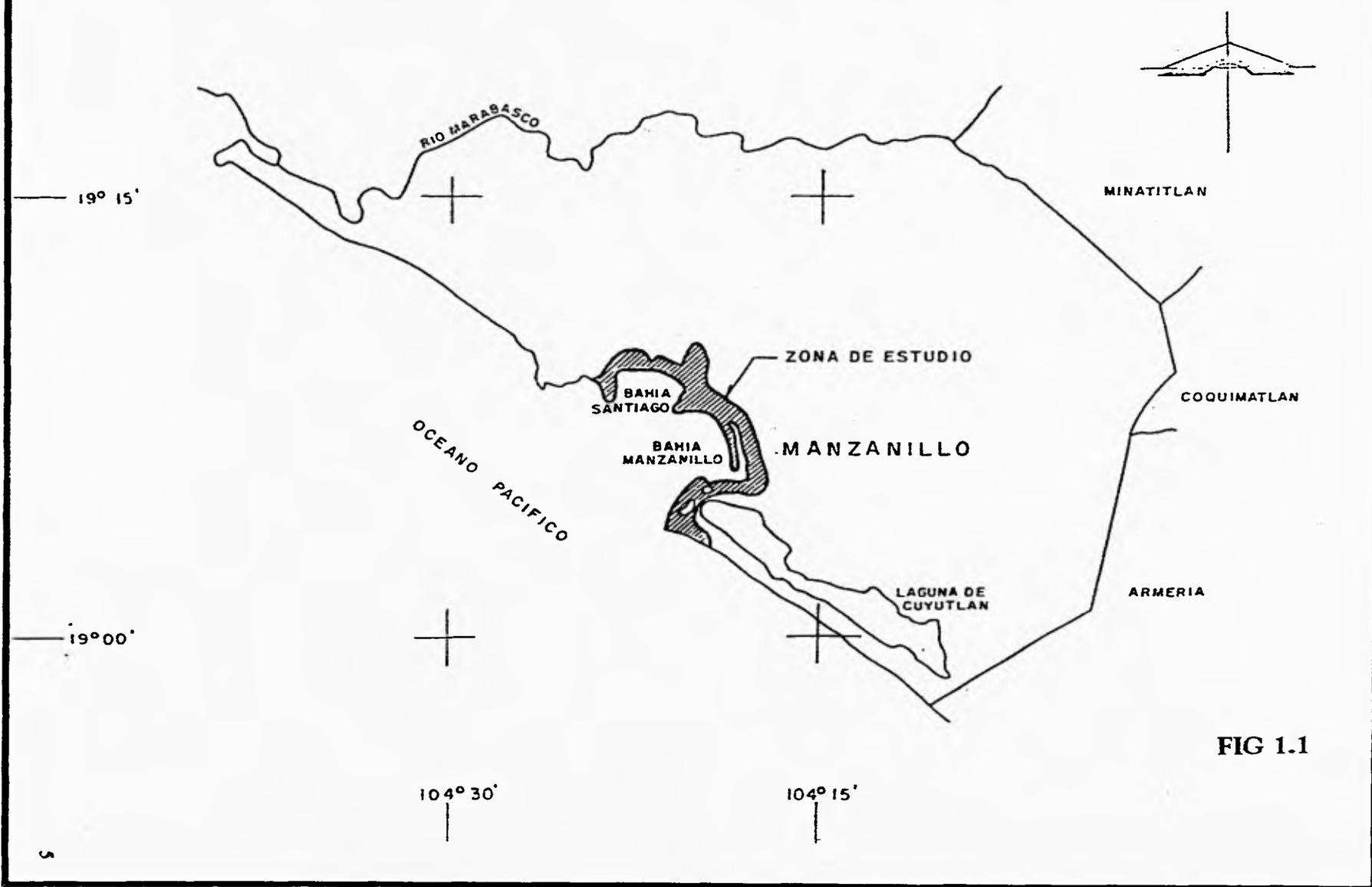


FIG 1.1

Los conquistadores supieron de la existencia de excelentes bahías como fondeadero para sus exploraciones al Asia. Además escucharon varias leyendas sobre islas ricas en oro y especiería. Con el fin de dominar tan fabulosas tierras, Cortés envió a Gonzalo Sandoval con jinetes y muchos indígenas, para vencer a los colimenses. Manzanillo se convertiría en centro de exploraciones y tráfico marítimo.

En 1554 la región de Colima y Manzanillo fue visitada por el alcalde de la Nueva Galicia, Lorenzo Lebrón de Quiñones, quien lo llamó, "La Manzanilla", por la gran cantidad de árboles del mismo nombre que existían en las costas de Jalisco.

Después de la independencia, en julio de 1873 se erigió el Municipio de Manzanillo; posteriormente se inauguró la construcción del ferrocarril de vía angosta entre Manzanillo y Colima, el 16 de septiembre de 1889.

Las excelentes playas de Manzanillo empezaron a ser visitadas por el turismo nacional y extranjero a partir de la década de los años 50.

Debido a la gran actividad turística y movimiento portuario que registra Manzanillo, se ha convertido en una ciudad de gran importancia económica, permitiéndole brindar a sus visitantes magníficas opciones de diversión, comodidad y servicio.

#### **1.4 Climatología**

El tipo de clima que corresponde al municipio de Manzanillo, es el cálido subhúmedo con régimen de lluvias en verano y escaso porcentaje de lluvia invernal; presenta una corta sequía intraestival en la mitad caliente del año, distribuyéndose a lo largo de toda la zona costera, así como en la región centro.

De datos proporcionados por el Observatorio Meteorológico de Manzanillo, se pueden presentar los registros que se muestran en el cuadro 1.1 de temperatura, precipitación, evaporación y humedad desde 1970 hasta la fecha (en el caso de evaporación sólo desde 1985).

Del procesamiento de esta información, se tiene que la región presenta una temperatura máxima promedio mensual de 35.3°C, siendo el período más caluroso entre los meses de junio y octubre. La temperatura mínima promedio es de 23.9°C, siendo durante el mes de marzo cuando se presenta la temperatura más baja de (20.9°C). Por otra parte la temperatura media anual se sitúa en los 27.7°C.

La época de lluvias se presenta con mayor intensidad en el verano durante los meses de julio, agosto y septiembre, siendo durante este último mes que se presenta la precipitación promedio más alta, con 259.24 mm. La precipitación media mensual es de 78.32 mm.

Cabe decir que durante los meses de agosto y septiembre llegan a presentarse ciclones de mediana intensidad.

La evaporación media anual es de 142.48 mm, registrándose durante el mes de mayo el valor más alto con 182.38 mm. La humedad relativa promedio mensual resultó ser de 85.81%.

En las tablas 1.1, 1.2 y 1.3 se pueden consultar los datos correspondientes por mes y año de los registros climatológicos, así como los valores promedio obtenidos.

### **1.5 Geología local y regional**

En Manzanillo se encuentran diferentes tipos de rocas, tales como las ígneas, extrusivas, andesita, riolita, toba y brecha volcánica, mismas que abarcan el período correspondiente al Terciario.

Manzanillo se encuentra incluido dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur. Esta provincia cubre la mayor parte del Estado de Colima, y limita al norte con el Eje Neovolcánico; al Este con la Llanura Costera del Golfo del Sur, las Sierras de Chiapas y la Llanura Costera; al Sur limita con el Océano Pacífico.

La porción de la Subprovincia de la costa de Jalisco y Colima que penetra en el estado, comprende las zonas conocidas por los colimenses como: la Región Montañosa Occidental, la cuenca del Río Marabasco y el Valle de Armería y la costa. Ocupa el 62.51% de la superficie estatal y abarca completamente los municipios de Armería, Manzanillo, Minatitlán y parte de Comalá, Coquimatlán, Tecomán y Villa de Álvarez.

### **Geología económica**

En Tepeixtles, municipio de Manzanillo, se encuentran las instalaciones de la planta peletizadora del Consorcio Minero Benito Juárez - Peña Colorada, que explota a cielo abierto la mina llamada "Espinazo del Diablo".

Beneficia con tres millones de toneladas anuales de magnetita, con una ley de 37.96 % de hierro magnético, cantidad que es enviada. Se calcula que las reservas contenidas en este yacimiento alcanzan la cifra de 154 millones de toneladas de mineral de hierro (magnetita), que pueden durar hasta para los próximos 50 años.

Con respecto a la producción salina (cloruro de sodio), en Coyutlán se tienen las bodegas y oficinas de la Cooperativa de Salineros de Colima, la cual desarrolla sus actividades en la Laguna de Coyutlán, municipio de Manzanillo, sobre una superficie de 4,296 hectáreas.

En la producción minera el municipio de Manzanillo produce 6 toneladas de cobre al año.

## OBSERVATORIO METEOROLOGICO DE MANZANILLO, COLIMA

LATITUD 19° 04' LONGITUD 104° 20'

## PROMEDIO DE TEMPERATURAS MAXIMAS (°C)

MES AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	PROM.
1970	28.90	29.90	27.80	27.60	30.00	31.40	31.80	31.70	30.50	32.20	30.40	29.00	361.20	30.1
1971	27.90	27.50	28.00	28.30	28.60	31.00	32.40	31.50	30.70	31.00	30.70	30.10	357.70	29.808
1972	29.70	28.80	29.10	29.50	31.80	31.20	33.00	32.80	32.70	32.90	31.40	31.10	374.00	31.167
1973	30.30	30.00	28.20	28.60	27.70	30.50	31.90	31.70	31.60	31.70	30.40	29.00	361.60	30.133
1974	28.60	28.60	28.00	29.30	29.30	31.30	31.60	32.50	31.30	31.90	30.90	29.90	363.20	30.267
1975	28.60	28.70	28.20	28.90	30.10	30.80	31.00	32.30	31.60	32.40	31.20	29.80	363.60	30.3
1976	29.50	30.20	28.70	28.20	30.50	32.30	32.70	33.00	32.40	32.50	30.90	30.60	371.50	30.958
1977	30.30	30.20	29.80	30.30	31.20	32.90	31.10	32.20	32.80	32.30	31.30	30.60	375.00	31.25
1978	30.10	29.30	29.70	29.30	29.20	31.90	32.10	32.70	31.20	32.10	31.50	30.60	369.70	30.808
1979	29.70	30.30	28.70	28.30	28.90	30.90	32.40	32.60	31.30	32.30	30.30	30.60	366.30	30.525
1980	28.60	29.90	29.20	30.00	30.10	32.90	32.80	31.30	32.00	32.30	30.20	30.40	369.70	30.808
1981	28.60	27.90	27.90	29.10	28.50	29.20	32.10	31.90	32.00	32.00	31.20	30.70	361.10	30.092
1982	29.40	30.30	29.60	31.10	31.10	31.90	33.00	33.80	32.50	32.30	31.40	29.80	376.20	31.35
1983	29.70	29.20	28.70	29.50	30.90	32.50	32.90	33.10	31.70	32.00	31.40	30.20	371.80	30.983
1984	29.80	29.30	29.60	28.70	31.10	32.50	31.10	32.40	31.00	32.40	31.50	30.70	370.10	30.842
1985	29.00	28.90	29.50	27.40	29.30	32.00	31.40	32.40	32.60	32.30	30.70	30.00	365.50	30.458
1986	30.20	29.10	28.20	29.90	29.20	30.30	31.90	32.20	31.70	30.90	31.10	30.00	364.70	30.392
1987	29.30	28.60	28.70	29.80	30.10	32.90	32.80	32.00	33.00	33.10	32.60	30.70	373.60	31.133
1988	30.70	30.20	28.80	29.20	28.70	29.00	31.60	31.10	30.10	31.90	30.30	30.20	361.80	30.15
1989	31.20	30.10	28.00	29.60	30.10	31.70	31.80	31.30	31.90	32.30	31.30	28.80	368.10	30.675
1990	30.80	30.60	31.00	31.80	32.40	32.80	31.90	33.10	32.30	31.90	31.30	30.90	380.80	31.733
1991	29.90	30.70	29.40	30.50	29.70	31.20	32.80	32.50	31.30	31.20	30.70	30.70	370.60	30.883
1992	28.10	27.80	30.00	29.80	31.20	32.30	31.90	32.40	31.10	31.10	30.60	30.10	366.40	30.533
<b>SUMA</b>	678.90	676.10	664.80	674.70	689.70	725.40	738.00	742.50	729.30	737.00	713.30	694.50		
<b>PROM.</b>	29.52	29.4	28.904	29.33	29.99	31.54	32.087	32.28	31.71	32.04	31.01	30.196	30.67	

TABLA 1.1

**OBSERVATORIO METEOROLOGICO DE MANZANILLO, COLIMA LATITUD 19° 04' LONGITUD 104° 20'**

PROMEDIO DE TEMPERATURAS AMBIENTE (°C)														
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	PROM.
1970	24.50	25.40	23.20	22.90	25.80	28.20	28.2	28.00	27.00	28.30	25.80	24.60	311.90	25.992
1971	23.50	22.60	23.30	23.60	24.70	28.40	28.4	27.70	27.20	27.20	26.70	25.70	309.00	25.75
1972	25.40	23.80	24.70	25.40	28.00	28.90	28.9	28.50	28.50	28.90	27.80	26.50	325.30	27.108
1973	25.50	25.40	23.80	24.30	25.50	28.30	28.3	27.60	27.70	27.70	26.10	24.50	314.70	26.225
1974	24.10	24.10	23.40	24.10	25.40	27.90	27.9	28.00	27.60	27.50	26.40	25.40	311.80	25.983
1975	23.90	23.90	23.60	24.30	26.00	27.20	27.2	28.00	27.50	28.00	26.20	24.90	310.70	25.892
1976	24.30	24.70	23.70	23.70	26.10	28.20	28.2	28.20	28.10	27.90	26.20	25.90	315.20	26.267
1977	25.10	25.10	25.00	25.70	27.20	29.30	29.3	28.60	28.40	28.70	27.60	26.60	326.60	27.217
1978	25.70	25.20	25.30	25.10	25.20	28.70	28.7	28.80	27.60	28.10	27.10	26.30	321.80	26.817
1979	25.00	23.50	24.30	24.00	24.60	28.60	28.6	28.70	27.70	28.40	26.00	26.30	315.70	26.308
1980	24.00	25.60	24.60	25.10	26.10	29.10	29.1	27.90	28.20	28.40	26.80	26.40	321.30	26.775
1981	24.10	25.30	23.30	24.30	24.60	28.40	28.4	28.30	28.20	28.10	26.80	25.90	315.70	26.308
1982	24.70	25.90	25.40	28.20	27.60	29.20	29.2	29.50	28.40	28.30	27.00	25.60	329.00	27.417
1983	25.20	24.40	24.40	25.20	27.30	29.00	29	29.10	28.00	28.40	27.10	26.00	323.10	26.925
1984	24.90	24.50	25.10	24.60	27.10	27.50	27.5	28.10	27.20	28.20	26.80	26.10	317.60	26.467
1985	24.30	23.90	24.60	22.50	24.90	27.60	27.6	28.20	28.30	28.40	26.60	25.20	312.10	26.008
1986	25.10	23.60	23.00	25.50	25.50	28.40	28.4	28.40	27.90	27.80	27.50	25.70	316.80	26.4
1987	24.90	24.80	24.10	25.00	25.50	28.90	28.9	29.10	28.80	27.80	27.60	25.90	321.30	26.775
1988	25.00	25.00	24.30	24.30	24.40	28.10	28.1	27.40	27.00	28.70	26.40	24.20	312.90	26.075
1989	24.70	25.30	23.60	25.10	26.30	28.40	28.4	28.20	27.90	28.40	26.50	24.80	317.60	26.467
1990	25.70	25.50	26.10	27.30	28.70	28.40	28.4	28.70	28.20	28.00	27.50	25.40	327.90	27.325
1991	25.00	25.40	24.00	25.50	26.10	29.10	29.1	28.80	28.10	27.50	26.60	26.50	321.70	26.808
1992	24.40	23.20	25.70	25.50	27.60	28.00	28	28.10	27.50	27.60	26.60	26.20	318.40	26.533
														26.515
<b>SUMA</b>	569.00	566.10	558.50	571.20	600.20	653.80	653.80	651.90	641.00	646.30	615.70	590.60		
<b>PROM.</b>	24.74	24.61	24.28	24.83	26.096	28.43	28.43	28.34	27.87	28.1	26.77	25.68	26.515	

TABLA 1.2

**OBSERVATORIO METEOROLOGICO DE MANZANILLO, COLIMA LATITUD 19° 04' LONGITUD 104° 20'**

PROMEDIO DE TEMPERATURAS MINIMAS (°C)														
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	PROM.
1970	20.40	21.10	19.10	18.80	22.70	25.10	25.20	25.00	24.20	25.00	22.10	20.50	269.20	22.433
1971	19.70	18.00	19.50	19.70	21.60	24.80	25.20	24.80	24.30	24.20	23.40	22.00	267.20	22.267
1972	21.60	19.20	20.60	21.80	24.60	24.90	25.50	25.00	25.00	25.40	24.70	22.80	280.90	23.408
1973	21.30	31.10	20.20	20.90	22.70	23.90	25.50	24.80	24.70	24.60	22.80	20.60	283.10	23.592
1974	20.20	19.90	19.90	21.00	22.10	25.00	24.70	24.80	24.50	23.90	23.00	22.00	271.00	22.583
1975	20.30	19.70	19.50	20.60	23.00	24.10	24.00	24.70	24.50	24.50	22.50	21.10	268.50	22.375
1976	20.00	31.20	19.60	20.10	21.90	225.60	24.90	24.80	24.70	24.40	22.80	22.80	482.60	40.217
1977	21.20	20.90	20.90	21.50	23.50	25.50	25.40	25.00	25.20	25.50	24.00	22.40	281.00	23.417
1978	21.30	31.00	21.20	21.50	21.60	25.30	24.80	25.30	24.30	24.50	23.20	22.50	286.50	23.875
1979	21.00	31.50	19.80	21.10	20.80	24.10	25.30	25.40	24.40	25.00	21.80	22.80	282.80	23.567
1980	19.70	31.70	20.30	20.60	23.00	25.70	25.40	24.60	24.60	24.30	22.70	22.60	285.20	23.767
1981	19.80	20.40	19.60	20.40	21.30	23.20	25.30	25.10	24.80	24.40	23.10	21.60	269.00	22.417
1982	20.30	31.10	20.90	23.80	23.80	25.30	24.40	25.70	24.80	25.00	23.50	21.40	290.00	24.167
1983	21.10	19.70	19.90	21.30	24.20	25.80	25.90	25.90	24.80	24.80	23.20	22.20	278.80	23.233
1984	21.20	20.10	20.60	19.80	23.70	25.00	24.40	24.40	24.20	24.60	23.00	22.50	273.50	22.792
1985	20.60	19.80	20.30	18.80	21.10	24.90	24.50	24.80	24.70	25.00	22.70	21.30	268.50	22.375
1986	20.80	19.60	18.40	21.70	22.50	23.30	24.90	24.90	24.50	23.50	24.50	21.80	270.40	22.533
1987	20.80	20.40	19.20	20.40	21.50	23.80	24.80	25.80	25.50	25.10	24.00	22.00	273.30	22.775
1988	20.70	20.30	20.00	20.50	19.80	23.20	24.40	24.90	24.80	24.70	22.40	20.80	266.50	22.208
1989	20.80	20.70	18.30	20.30	21.20	24.70	24.90	24.80	25.00	24.80	23.80	21.20	270.50	22.542
1990	21.80	21.20	21.60	23.00	25.40	25.90	25.20	25.10	24.80	24.70	24.30	22.20	285.20	23.767
1991	20.70	21.00	19.60	21.20	22.50	24.70	25.60	25.10	24.90	24.60	23.50	23.00	276.40	23.033
1992	21.40	19.00	21.90	21.30	24.30	26.20	25.60	25.10	24.70	24.30	22.60	22.50	278.90	23.242
														23.764
<b>SUMA</b>	476.70	528.60	460.90	480.10	518.80	770.00	575.80	575.80	567.90	541.80	533.60	504.00		
<b>PROM.</b>	20.73	22.98	20.04	20.87	22.56	33.48	25.035	25.035	24.691	23.56	23.2	21.91	23.67	

## **I.6 Topografía**

El municipio de Manzanillo se encuentra asentado en la región occidental o planicie costera, donde la pendiente es mínima y la superficie es utilizada para diversos cultivos. En la parte inferior se tienen elevaciones altas de 150 a 200 metros, provocando pendientes pronunciadas en la parte media. En la zona intermedia se presenta una topografía más ondulante y de mayor pendiente.

En la zona en estudio se identifican pendientes suaves que van de los 40 a 50 metros, por lo que se considera adecuado para la Agricultura.

Con respecto al nivel del mar, la zona está definida por pendientes suaves en general (como por ejemplo la Playa de Miramar).

## **I.7 Hidrología superficial y subterránea**

La porción Suroeste del Estado de Colima, con 1,758.43 km<sup>2</sup>, queda comprendida en la región hidrológica "Costa de Jalisco".

El resto del estado, con una superficie de 3,784.31 km<sup>2</sup>, se ubica dentro de la región "Armería-Coahuayana".

### **Hidrología superficial**

La región hidrológica "Costa de Jalisco", presenta semejanza hidrográfica y orográfica a lo largo del litoral del Océano Pacífico. Esta región tiene como subcuencas intermedias a la Laguna de Cuyutlán y al Río Cihuatlán o Marabasco.

La contaminación de esta cuenca tiene como causa principal las descargas orgánicas que provienen de la ciudad de Manzanillo y el complejo hotelero asentado en la zona costera, que afectan principalmente a la bahía de Manzanillo y Santiago.

Otra fuente de contaminación la representan los barcos que se encuentran atracados en el puerto de Manzanillo, ya que descargan materia orgánica y restos de aceite.

### **Hidrología Subterránea**

En la región hidrológica Costa de Jalisco se comprende la porción Noroeste del estado, presentando buenas condiciones geohidrológicas sobre todo en la planicie costera, donde se encuentran varios valles poco extensos, como los de Santiago y Salahua.

En el Estado de Colima se cuenta con 888 a 950 pozos de agua, los que generan gastos promedio mínimos de 64 l.p.s., medios de 90 l.p.s. y máximos de 125 a 148 l.p.s.; la profundidad de los pozos va desde 80 metros

(en el Valle de Armería, Tecomán-Periquillos), hasta 250 metros (en el Valle de Colima).

En general el Estado de Colima tiene buenas condiciones geohidrológicas; su recarga anual es de 244 millones de m<sup>3</sup> confirmados y la extracción anual es de 115 millones de m<sup>3</sup>.

El área en estudio cuenta con material no consolidado con posibilidades medias de extracción, y está constituido por aluvión, arenisca-conglomerado y conglomerado, en general poco consolidados. Se considera susceptible de contener agua debido a su gran permeabilidad, su localización se restringe a pequeños afloramientos al Norte de Colima y Noroeste de Manzanillo.

### **1.8 Problemática Ambiental**

En la zona metropolitana de Manzanillo existen tres actividades básicas de importancia que son: portuaria, turística e industrial. En términos de contaminación ambiental, no sólo existe el problema intrínseco de contaminación producida por cada industria y la zona portuaria, sino su incompatibilidad con la actividad turística y con los asentamientos humanos existentes.

En varias partes del municipio de Manzanillo, los elementos naturales han sido seriamente alterados, siendo las causas principales el uso irracional de los recursos y el vertimiento de residuos al medio ambiente.

En la parte de Estudio de Impacto Ambiental se detallarán los principales problemas relacionados con el medio ambiente, así como la respuesta planteada para la solución de los mismos.

### **1.9 Uso de Suelo**

La demanda del suelo está relacionada con el establecimiento de normas relacionadas con sus usos, destinos y reservas.

La planeación del suelo urbano, tendiente a la creación y regulación de los asentamientos humanos en el territorio de Manzanillo, está a cargo del H. Ayuntamiento, de acuerdo con lo expuesto en la Ley Orgánica Municipal.

En general, el Plan de Desarrollo Municipal señala los siguientes porcentajes para aprovechamiento del suelo para un predio en particular:

<b>USO</b>	<b>%</b>
HABITACIONAL	20
EQUIPAMIENTO	20
DESTINO EN CASO DE DAP*	20
INDUSTRIA	10
H. AYUNTAMIENTO	15
AREAS VERDES	15

\*DAP (Declaratoria de Areas y Predios)

La zona metropolitana de Manzanillo comprende los centros urbanos localizados en las bahías de Manzanillo y Santiago. Pueden identificarse 14 zonas homogéneas: La Central, El Naranja, Miramar, Zona Hotelera, Juluapan, Santiago, Manzanillo, Campos y El Colomo.

El crecimiento urbano se ha producido a lo largo de la costa y valles, sobre áreas de cultivo en terrenos federales y ejidales; el suelo se ha ocupado con bajas densidades y zonas habitacionales se han desarrollado en forma dispersa, lejanas a la infraestructura y servicios, encareciendo los costos de urbanización.

En general, se tienen pocas posibilidades de acceso barato al suelo y a los materiales de construcción, lo que ha producido viviendas precarias en cerros cercanos a Manzanillo y Santiago.

Desde la década de 1980 el uso de suelo para construcción de instalaciones hoteleras y restaurantes ha ido en continuo ascenso, sobre todo en la zona costera de la Bahía de Santiago. Los polos habitacionales también se han dirigido hacia esa zona. La creación de zonas verdes y parques deportivos ha sido muy reducida.

### **1.10 Flora y fauna**

Las condiciones físicas de la zona costera determinan la presencia de flora y fauna.

El manglar se localiza en la llanura y laguna costeras, y está constituido por mangle blanco en el estrato superior, y huizache en el estrato inferior.

Las halófitas se encuentran en la llanura costera, ocupando la zona que está próxima al Aeropuerto Internacional de Manzanillo.

Con respecto a la flora del estado, se tienen árboles frutales y perennes, así como especies tales como el zacate, palo alejo, sangre de toro, etc.

La fauna existente en la zona incluye urracas, corvejón, garza, gaviota, codorniz, halcón, paloma, coyote, gato montés, ardilla, rata de campo, jabalí, zorra, puma, etc.

El área de estudio presenta en la parte alta del municipio especies forestales como el pino y el encino, mientras que en la parte media se encuentra el barcino o solocoahuil, primavera, rosa morada, palma real, coral, guayabiyo y parota; en la costa abunda la palma cayco, así como los manglares propios de los pantanos.

## **I.11 Fisiografía**

**El Estado de Colima está constituido por terrenos cenozoicos y mesozoicos del período Cretácico, con altos contenidos de limo, caliza, arcilla, arena, aluviones y brecha volcánica.**

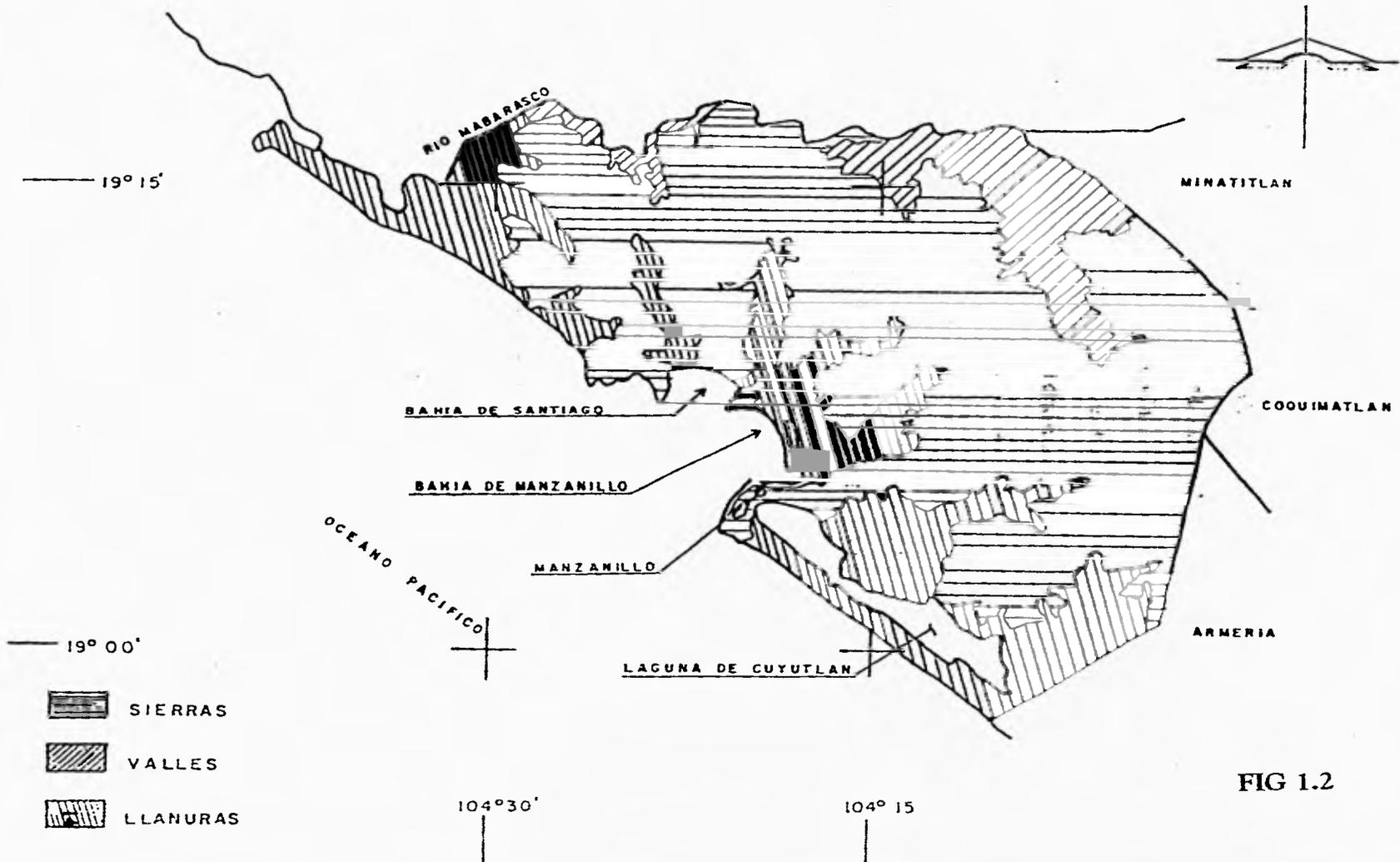
**La presencia de diferentes tipos de suelo está determinada fundamentalmente por la litología y el tipo de clima propios de la zona.**

**El suelo que domina en las llanuras costeras es el regosol éutrico y suelo de las playas, que se encuentran en asociación con feozem háplico, litosol y fluvisol éutrico.**

**En el municipio de Manzanillo, las partes planas están constituidas por valles cercanos a la costa, con una conformación migajón-limoso, siendo por lo general suelo de origen aluvial. En la zona montañosa se encuentran suelos muy pedregosos y por lo general con una capa fértil sumamente delgada, predominando las arcillas que conforman el suelo arcilloso-arenoso (figura 1.2). Los suelos que se localizan en el área de estudio son del tipo regosol calcárico, dístrico, éutrico y rendzina.**

**Debido al crecimiento de los asentamientos humanos irregulares, y en general por el control y el ordenamiento del uso del suelo, existen problemas que provocan severos impactos ambientales, viales y estéticos.**

# REGION FISIOGRAFICA DE MANZANILLO, COLIMA



# **EL RELLENO SANITARIO COMO SOLUCION, EN LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA**

## **CAPITULO II**

### **DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS**

#### **II.1 Estudio de generación de residuos sólidos domiciliarios**

- II.1.1 Generación per cápita
- II.1.2 Clasificación de subproductos
- II.1.3 Pesos volumétricos
- II.1.4 Contenido de humedad

#### **II.2 Estudio de generación de residuos sólidos en otras fuentes generadoras**

- II.2.1 Generación per cápita
- II.2.2 Pesos volumétricos

#### **II.3 Sistemas de almacenamiento**

- II.3.1 Domicilios
- II.3.2 Otras fuentes generadoras

#### **II.4 Recolección y transporte de residuos sólidos**

- II.4.1 Servicio municipal
- II.4.2 Estudio de tiempos y movimientos de vehículos de  
recolección municipal
- II.4.3 Servicios concesionados

#### **II.5 Barrido manual**

#### **II.6 Disposición final**

- II.6.1 Antecedentes
- II.6.2 Descripción del sitio de disposición actual
- II.6.3 Operación y vida útil estimada
- II.6.4 Situación actual

#### **II.7 Tratamiento y reciclaje de residuos sólidos**

# **EL RELLENO SANITARIO COMO SOLUCION, EN LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA**

## **CAPITULO II**

### **DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS**

#### **II. Diagnóstico del sistema actual de aseo urbano**

En el presente capítulo se describe la situación actual con respecto a la generación de residuos sólidos domiciliarios y de otros tipos de fuentes generadoras; las características de los sistemas de almacenamiento que emplea la comunidad para sus residuos; la organización en cuanto al servicio de limpia en la ciudad (recolección y transporte de basura, barrido manual de calles y avenidas, y disposición final); el estado prevaleciente en el campo del tratamiento y reciclaje de residuos sólidos.

#### **II.1 Estudio de generación de residuos sólidos domiciliarios**

Este estudio de generación, está enfocado a la obtención de información para cuatro análisis de residuos: generación per cápita, peso volumétrico in situ, composición de subproductos y contenido de humedad.

##### **II.1.1 Generación per cápita**

Del análisis de residuos sólidos en domicilios, se obtuvo la generación per capita por día para los estratos alto, medio y bajo en la ciudad de Manzanillo. Los resultados se muestran en la tabla 2.1 denominada GENERACION PER CAPITA.

Como puede observarse, para el estrato bajo se tiene una generación de residuos sólidos de 0.879 kg por habitante por día; al considerar el total de población en este estrato socioeconómico (73,787 habitantes), se tiene una producción total diaria de basura de 64.88 toneladas por día.

En el estrato medio se tiene una generación de 1.225 kg por habitante por día; en este estrato se tienen 4,730 habitantes, por lo que la generación correspondiente es de 5.79 ton por día.

Por otra parte, en el estrato alto se observa una generación de 1.142 kg por habitante por día; tomando en cuenta la población respectiva de este estrato (16,082 habitantes) se obtiene un total de 18.37 ton por día.

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS  
SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA**

**ANALISIS DE RESIDUOS SOLIDOS EN DOMICILIOS**

**GENERACION PER CAPITA**

<b>ESTRATO</b>	<b>Kg/hab/dia</b>	<b>HABITANTES</b>	<b>ton/día</b>
<b>BAJO</b>	0.879	73,787	64.88
<b>MEDIO</b>	1.225	4,730	5.79
<b>ALTO</b>	1.142	16,082	18.37
<b>PROMEDIO</b>	0.933	94,599	89.05

TABLA 2.1

En la figura 2.1 se muestra la generación per cápita por estratos para domicilios. Asimismo, la figura 2.2 ilustra la proporción en porcentaje y las cantidades aportadas por cada estrato socioeconómico al total de residuos sólidos domiciliarios.

Cabe señalar que en el estrato bajo la generación per cápita de residuos es menor en comparación con los estratos medio y alto; no obstante, este estrato aporta el mayor tonelaje de basura en virtud de que es el que cuenta con la mayor cantidad de población relativa. Según se aprecia en la figura 2.2, los residuos generados en el estrato bajo, constituyen 72% del total de la basura que se produce en Manzanillo.

En tanto, la generación per cápita del estrato medio es la mayor de los tres estratos, pero su aportación relativa al total de residuos es sólo del 7%, como se aprecia en el mismo cuadro.

Ahora bien, dado que los valores de generación per capita afectan a cantidades de población muy diferentes, (como es el caso comparativo de los estratos bajo y medio) el valor promedio ponderado de los valores de generación fue de 0.941 kg de basura por habitante por día.

En consecuencia, la generación total de residuos sólidos en casas habitación es de aproximadamente:

$$94,599 \text{ hab} \times 0.941 \text{ kg/hab/día} = 89.05 \text{ ton/día}$$

Es importante notar que la generación per capita promedio de Manzanillo es alta, debido a los hábitos de consumo en esta ciudad, así como a la abundante cantidad de residuos de jardinería y finos.

### **II.1.2 Clasificación de Subproductos**

Como se puede apreciar en la tabla 2.2 se tienen variaciones marcadas en cuanto a la composición de residuos de un estrato a otro.

En términos generales, la composición global de los residuos sólidos en Manzanillo presenta características similares a las observadas en promedio para el país, con valores cercanos al 50% para el conjunto de residuos de alimentos y jardinería. Papel, plástico, vidrio, cartón, algodón, cuero, envase de cartón encerado y otros materiales también muestran porcentajes similares a los encontrados a nivel nacional. Sólo el caso del residuo fino es particularmente alto, pero se explica por las razones expuestas con anterioridad.

La figura 2.3 presenta los 7 subproductos con mayor aportación al total de basura domiciliaria (promedio de los tres estratos). Por otra parte, la figura 2.4 muestra la contribución de los principales subproductos reciclables al total de la basura domiciliaria (igualmente como promedio de los tres estratos socioeconómicos).

DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA  
GENERACION PER CAPITA EN DOMICILIOS

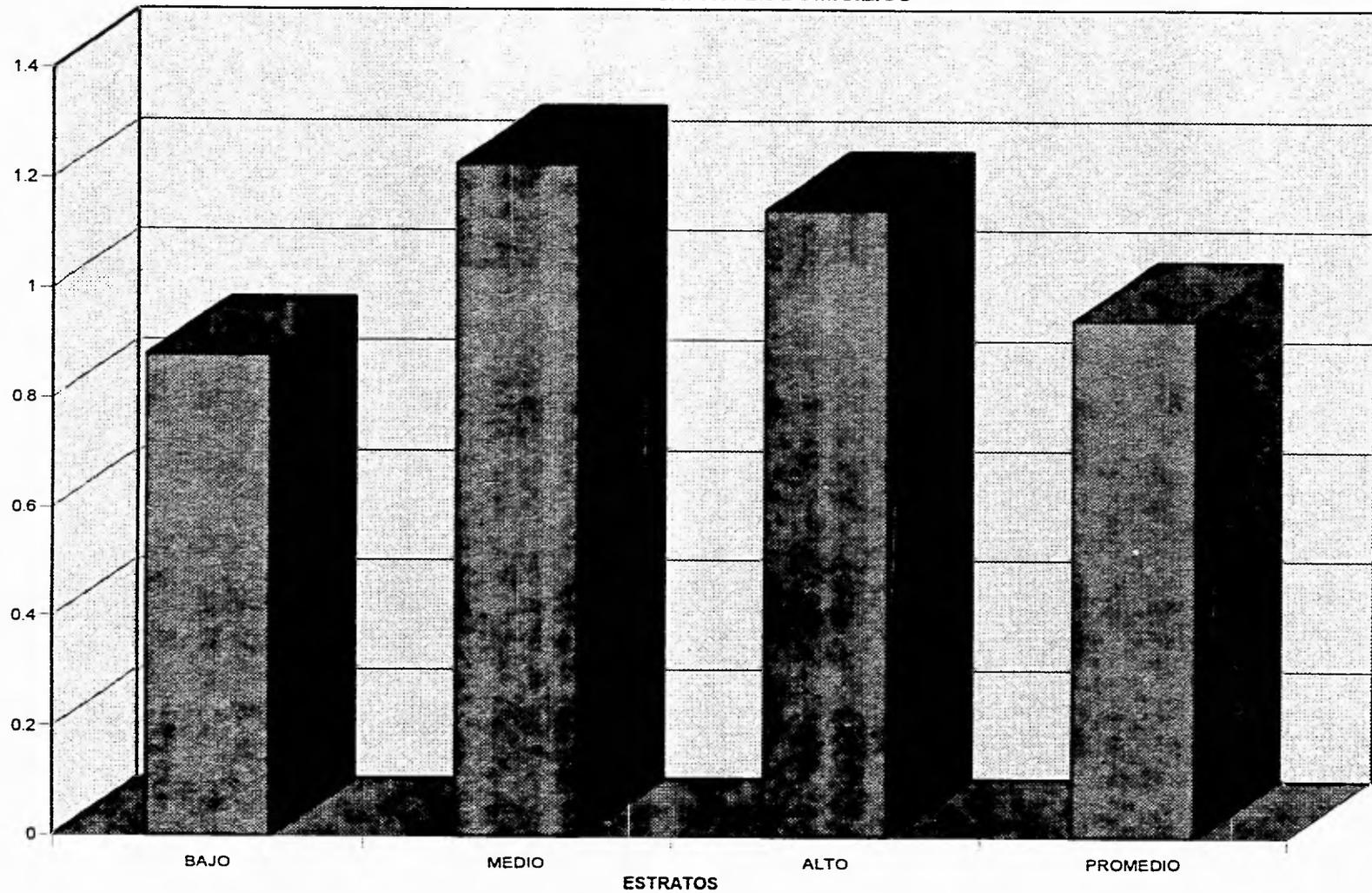
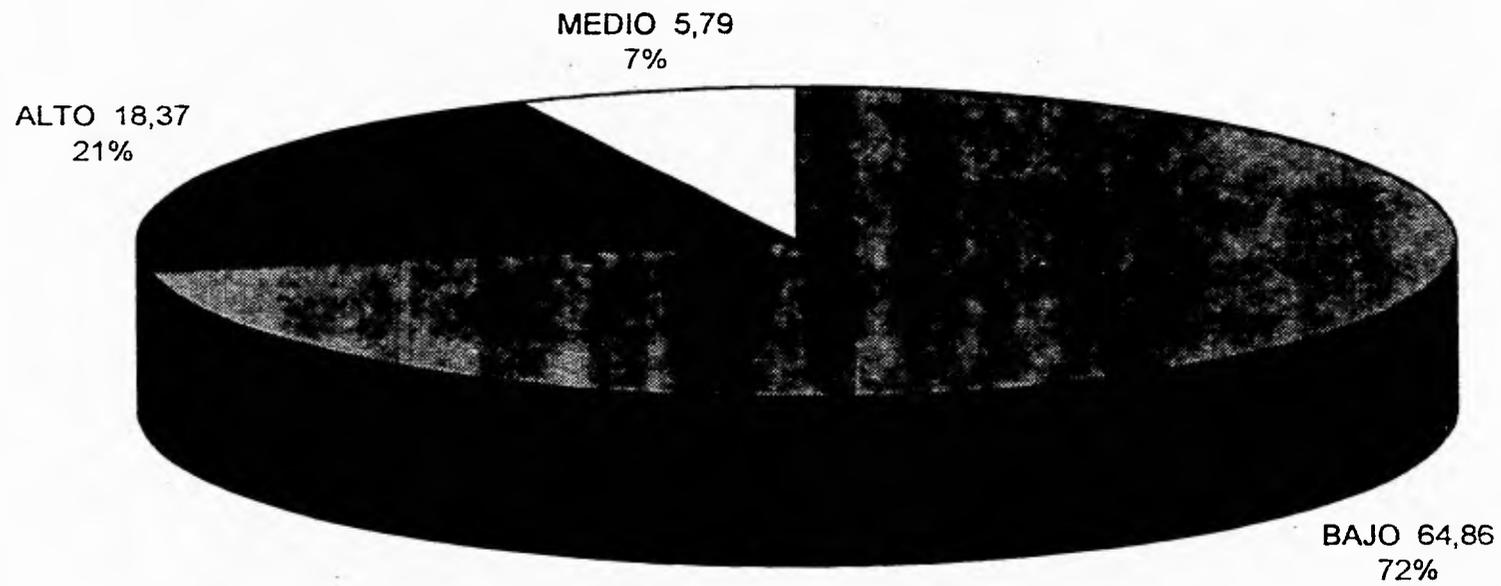


FIGURA 2.1

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA  
TONELADAS AL DIA POR ESTRATO**



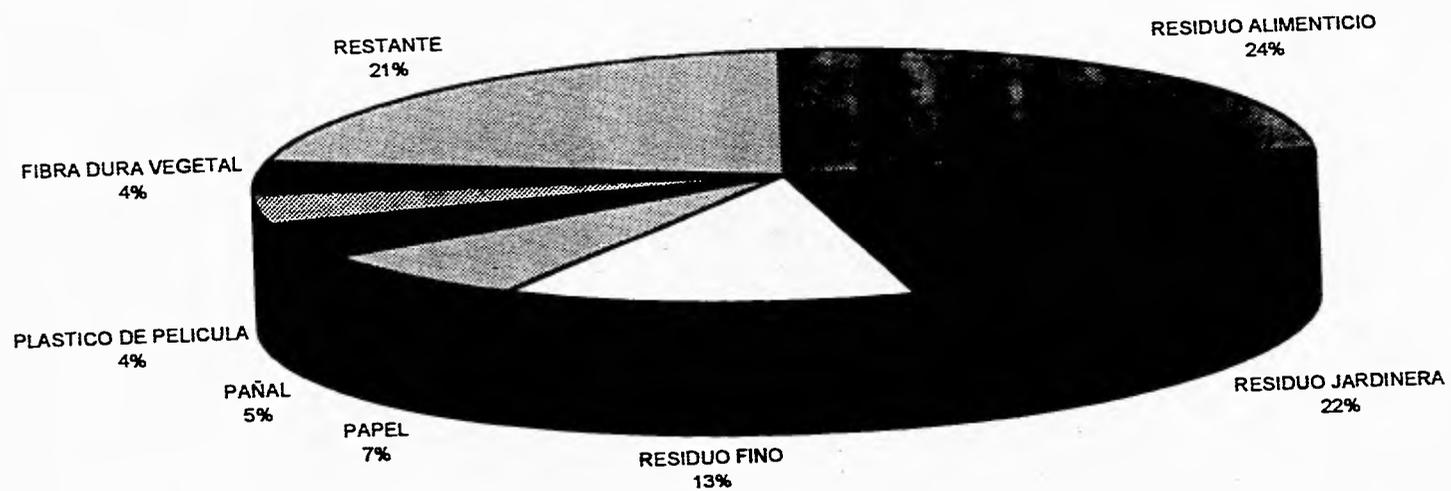
**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA**

**COMPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS POR ESTRATO**

SUPERFICIE	HA.	M <sup>2</sup>	HA.	M <sup>2</sup>
1. ALGODON	0.012	0.038	0.000	0.017
2. CARTON	1.610	2.616	2.911	2.379
3. CUERO	0.005	0.193	0.055	0.084
4. RESIDUO FINO	19.716	10.953	9.618	13.429
5. ENVASE DE CARTON ENCERADO	0.299	0.281	0.704	0.428
6. FIBRA DURA VEGETAL	5.494	2.342	4.322	4.053
7. FIBRA SINTETICA	0.036	0.112	0.076	0.075
8. HUESO	0.113	0.33	0.071	0.171
9. HULE	0.089	0.284	0.031	0.135
10. LATA	2.119	1.446	1.495	1.687
11. LOSA Y CERAMCA	0.236	0.403	0.139	0.259
12. MADERA	0.231	0.307	0.115	0.218
13. MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	0.429	0.357	0.041	0.278
14. MATERIAL FERROSO	0.624	1.084	0.379	0.696
15. MATERIAL NO FERROSO	0.256	0.181	0.197	0.211
16. PAPEL	3.207	10.888	7.921	7.339
17. PAÑAL DESECHABLE	6.254	4.617	5.108	5.328
18. PLASTICO DE PELICULA	3.607	5.178	3.96	4.248
19. PLASTICO RIGIDO	2.305	3.333	2.887	2.832
20. POLIURETANO	0.094	0.645	0.04	0.26
21. POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.158	0.158	0.113	0.143
22. RESIDUO DE JARDINERAS	28.31	16.916	21.985	22.404
23. RESIDUO ALIMENTICIO	13.783	29.042	30.643	24.489
24. TRAPO	2.934	1.171	1.424	1.843
25. VIDRIO DE COLOR	1.728	1.632	1.182	1.514
26. VIDRIO TRANSPARENTE	3.037	3.032	2.715	2.928
27. OTROS	1.516	1.083	0.09	0.896
<b>SUMA</b>	<b>98.202</b>	<b>98.592</b>	<b>98.222</b>	<b>98.339</b>
<b>PERDIDAS</b>	<b>1.798</b>	<b>1.408</b>	<b>1.778</b>	<b>1.661</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA  
SUBPRODUCTOS DE MAYOR APORTACION**

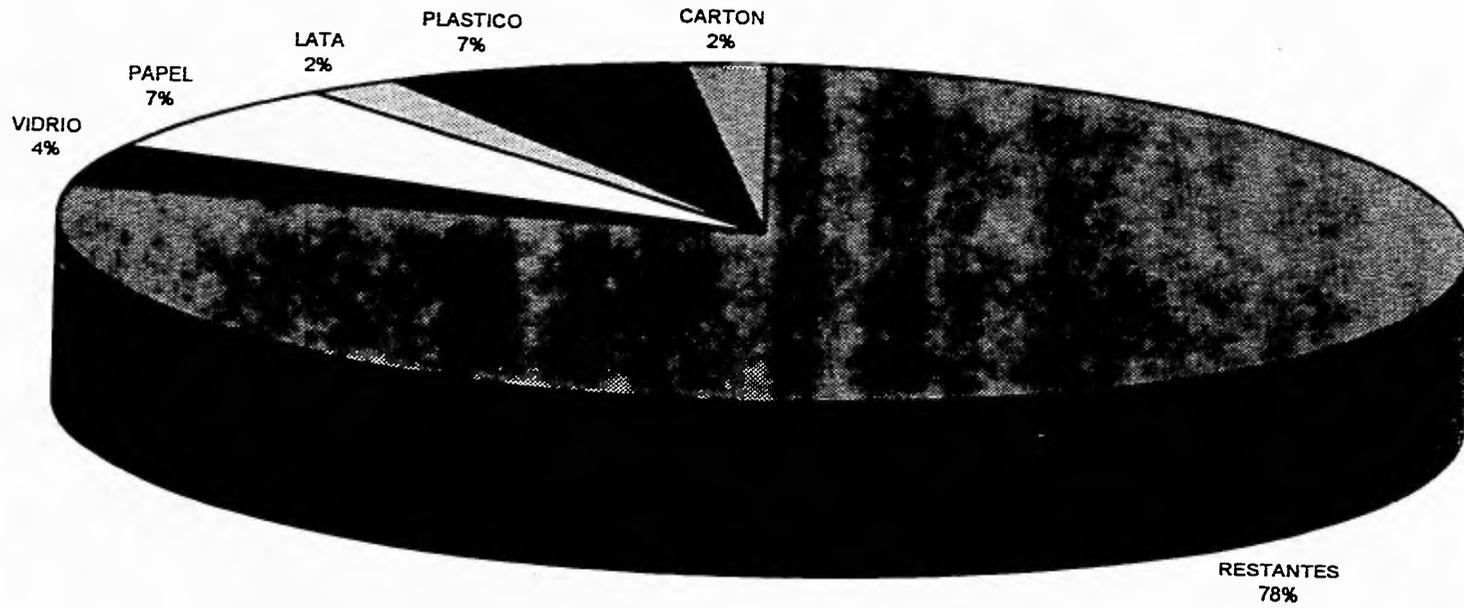
**RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS**



**FIGURA 2.3**

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA**

**PRINCIPALES RECICLABLES**



### **II.1.3 Pesos Volumétricos**

El estrato medio tuvo el mayor peso volumétrico, con 322.43 kg/m<sup>3</sup>, seguido por el alto con 319.83 y el bajo con 300.73. El promedio general de los tres estratos es de 314.33 kg/m<sup>3</sup> (fig. 2.5).

Es interesante observar la homogeneidad en los valores de los pesos volumétricos obtenidos, así como el hecho de que tales valores son altos en comparación con los que se presentan en la ciudad de México (250-280 kg/m<sup>3</sup>). Esto último se explica por el alto contenido de finos (arena, principalmente) en la basura domiciliaria de Manzanillo. A su vez, esto se debe a que un elevado porcentaje del área habitacional en cada casa no está recubierto con cemento, sino que se tiene suelo natural.

Las labores de barrido y remoción de hojas y ramas secas arrastran una gran cantidad de arena, misma que contribuye al alto peso volumétrico detectado.

### **II.1.4 Contenido de humedad**

De un total de muestras por estrato (cinco), se obtuvo el promedio aritmético; los resultados se muestran en la figura 2.6.

Como se puede apreciar, los valores de humedad son muy similares para el caso de los estratos medio y alto (59.36 y 59.06 %) respectivamente. El estrato bajo muestra un contenido de humedad menor (48.83 %), lo cual se debe al menor contenido de residuo de alimentos en el total de la basura en este estrato en comparación con los valores observados para los estratos medio y alto; igualmente, la presencia de residuos finos en gran cantidad contribuye a que el contenido de humedad sea bajo en este estrato.

## **II.2 Estudio de generación de residuos sólidos en otras fuentes.**

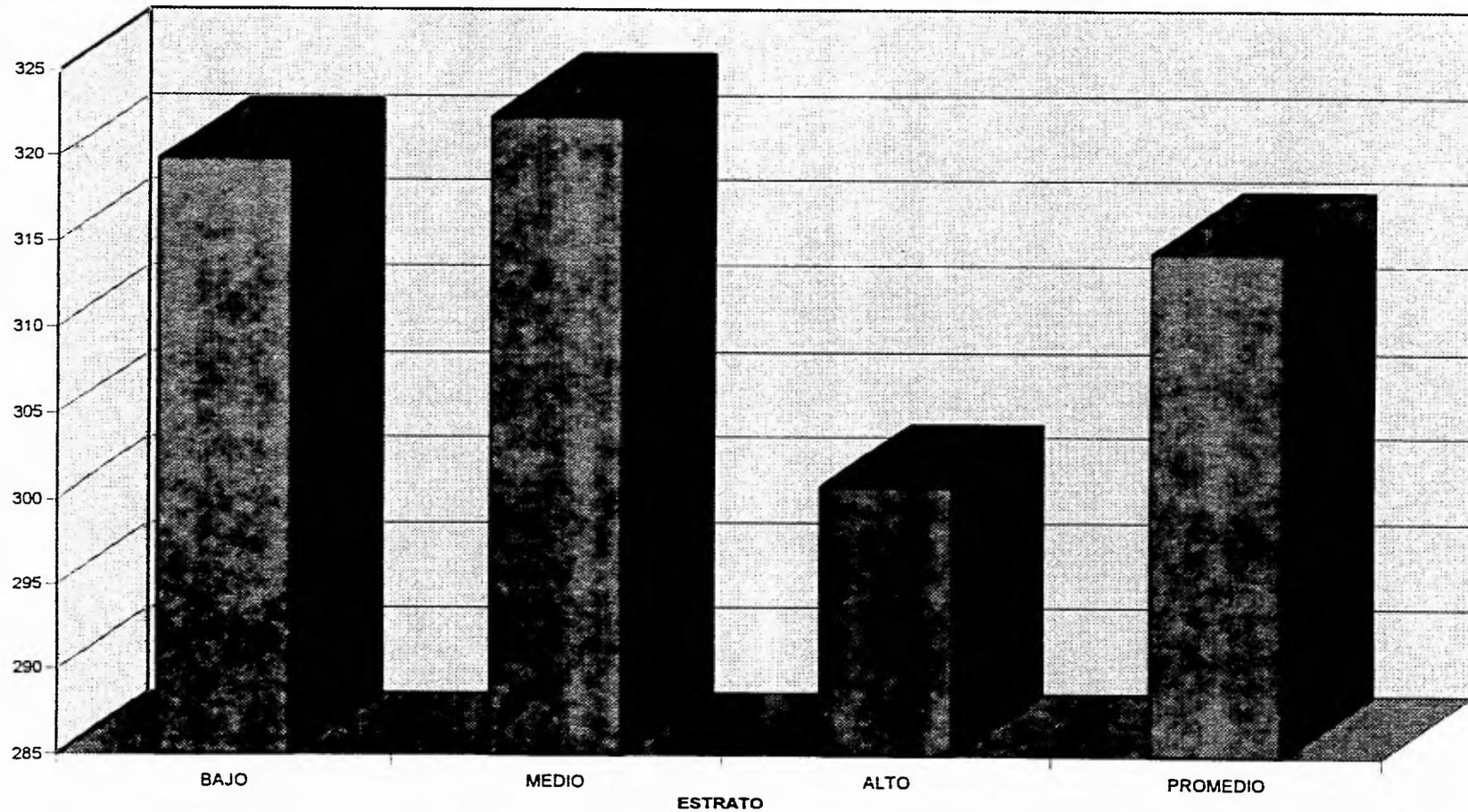
Los trabajos que se realizaron en campo para otras fuentes generadoras distintas a domicilios, tuvieron como fin la obtención de información para llevar a cabo el análisis de generación y peso volumétrico de residuos sólidos.

Enseguida se hace referencia a los resultados obtenidos del procesamiento de dicha información.

### **II.2.1 Generación per capita**

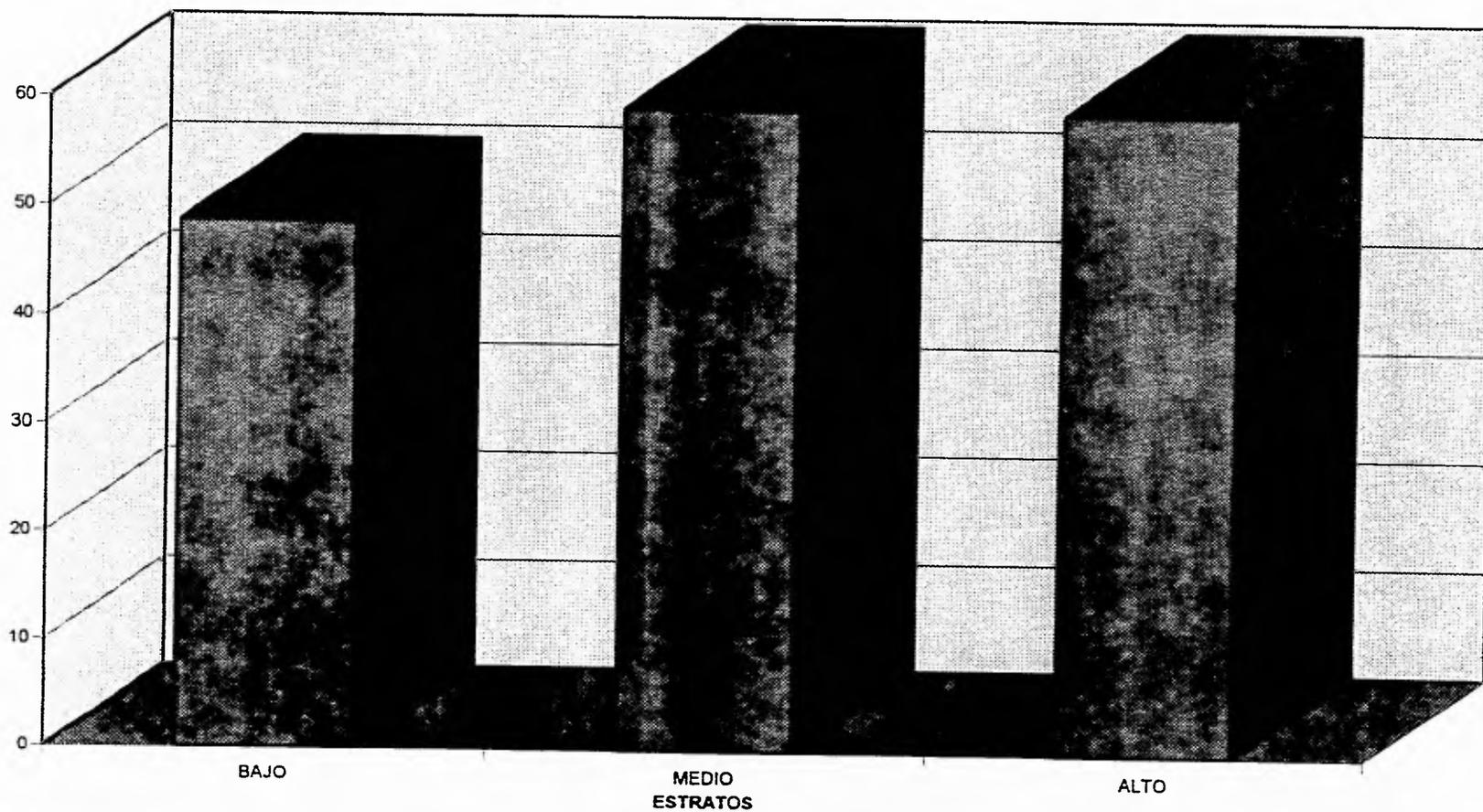
Según se observa en la figura 2.7, la generación promedio por comercio se sitúa entre 0.6 kg/día (tiendas de ropa y novedades) y 20.3 y 20.5 kg/día (restaurantes y

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA  
PESO VOLUMETRICO POR ESTRATO**



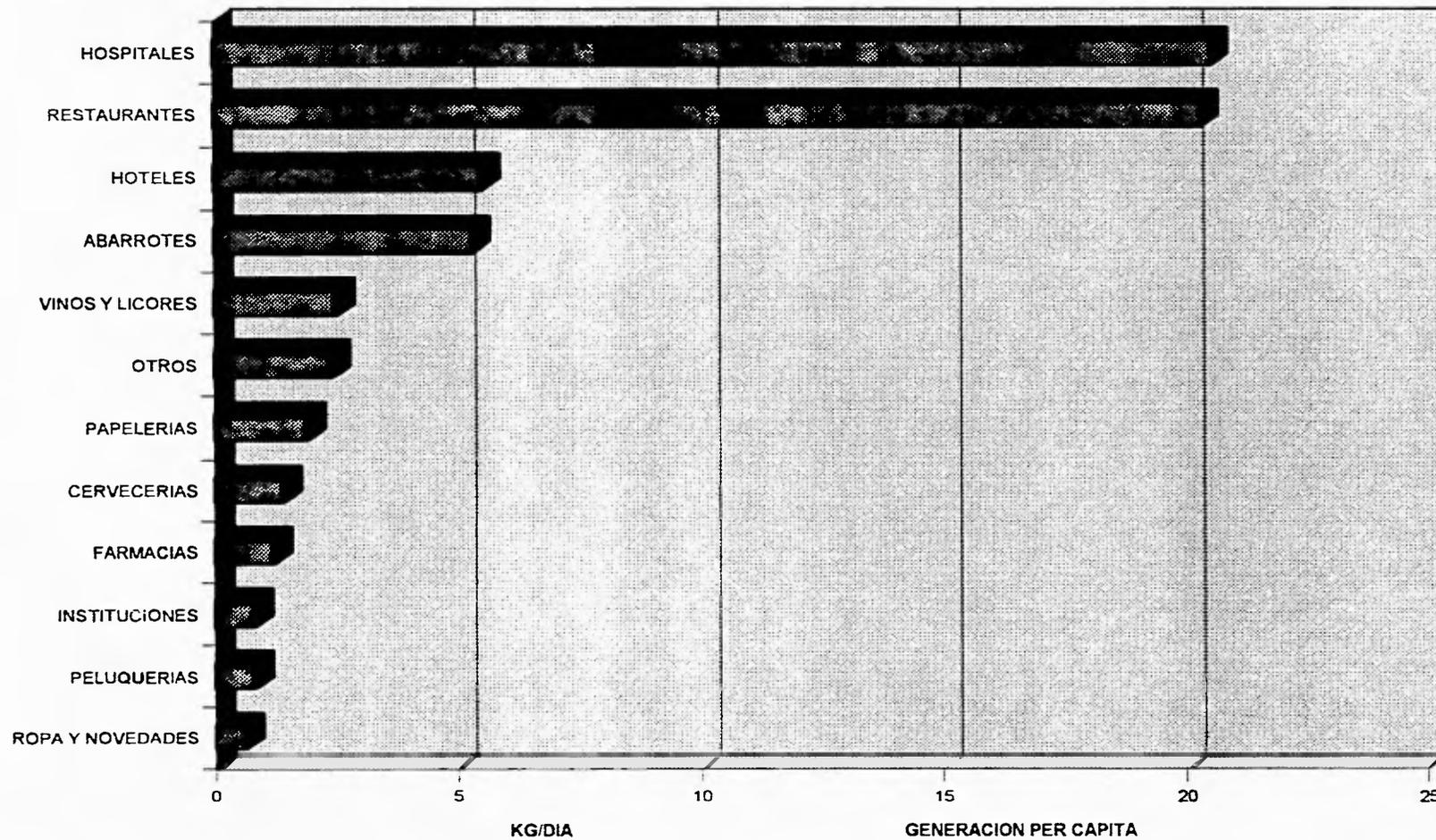
**FIGURA 2.5**

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA  
PROMEDIOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD**



**FIGURA 2.6**

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA  
ANALISIS DE RESIDUOS SOLIDOS EN OTRA FUENTES**



**FIGURA 2.7**

hospitales, respectivamente). Algunos generadores intermedios son los expendios de abarrotes y vinos y licores (5.5 y 5.3 kg/día, en ese orden).

Es importante notar que para el caso del mercado ubicado en el centro de Manzanillo, se determinó una generación diaria de 2500 kg, por lo que este valor no aparece en la figura mencionada previamente.

Extrapolando los resultados de generación por locales comerciales al total de locales de cada giro, se tienen cantidades totales de residuos generados por día. En la figura 2.8, se tiene que la generación de residuos sólidos va de un rango de 5.82 a 0.032 toneladas por día, observándose que las instituciones son las que generan la mayor cantidad de residuos sólidos.

En términos de porcentajes de aportación a la generación total de residuos, se tiene la siguiente distribución:

<b>GENERADOR</b>	<b>PORCENTAJE DEL TOTAL DE RESIDUOS PRODUCIDOS</b>	
Instituciones	37	%
Restaurantes	24	%
Mercados	16	%
Abarrotes	6	%
Vinos y Licores	4	%
Hoteles	2	%
Papelerías	1	%
Restantes	10	%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>%</b>

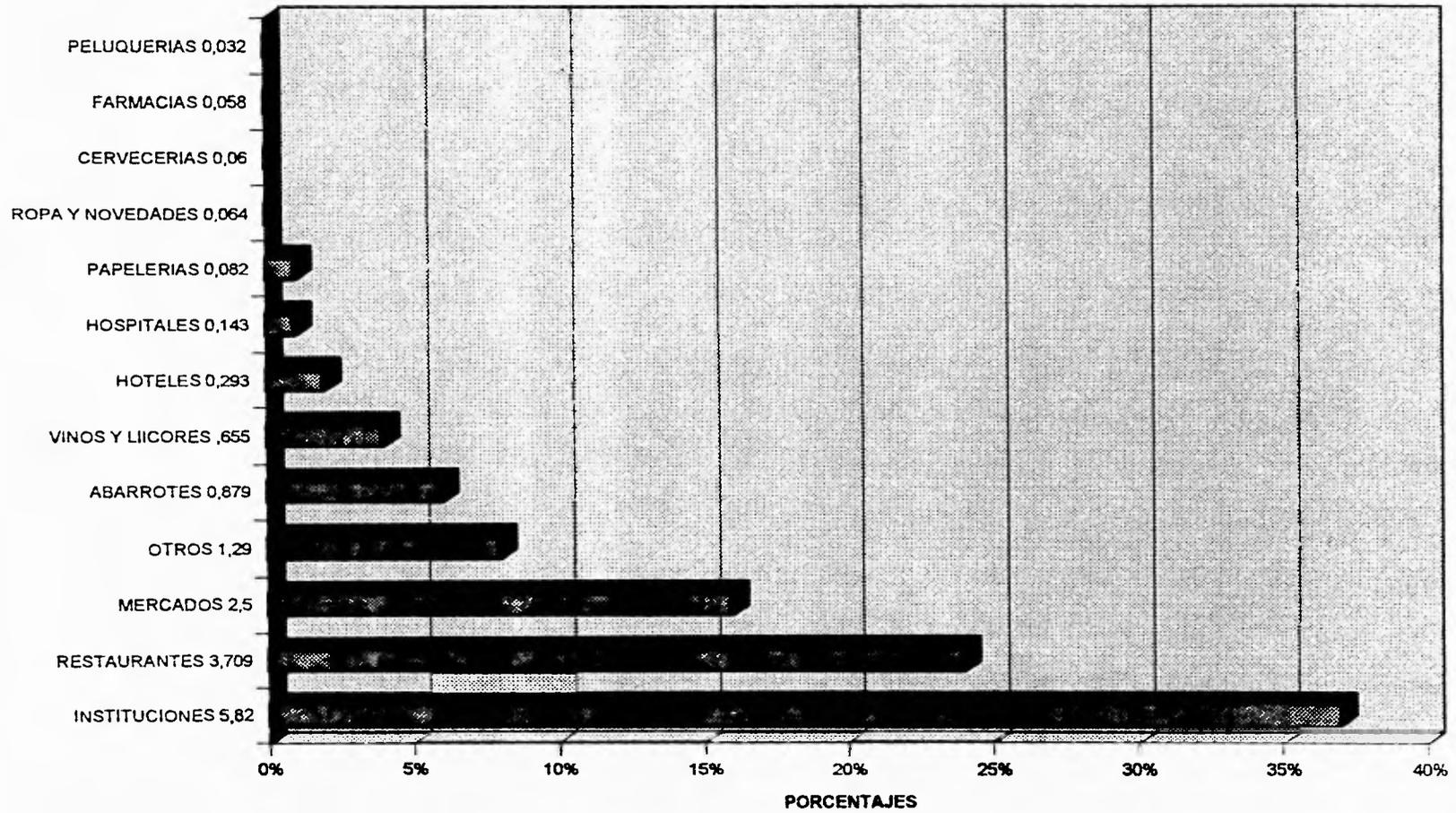
### II.2.2 Pesos volumétricos

Según puede apreciarse en la figura 2.9, la Comisión Federal de Electricidad resultó tener el peso volumétrico más elevado se residuos sólidos, con un valor de 387.17 kg/m<sup>3</sup>. Esto debido a que tiraba una gran cantidad de cable eléctrico de gran grosor, y en consecuencia, muy pesado.

Las basuras generadas por la Comercial Vermar, así como las de comercios de varios giros, tuvieron valores de peso volumétrico similares (293.25 y 292.66 kg/m<sup>3</sup> respectivamente). Los valores más bajos de peso volumétrico, los tuvieron APROESAC, con 204.88 kg/m<sup>3</sup>, y Servicios Portuarios de Manzanillo, con 209.75 kg/m<sup>3</sup>.

El promedio general obtenido de estas fuentes fue de 266.80 kg/m<sup>3</sup>, menor al obtenido de domicilios. Esto se debe a que sólo los residuos de la CFE fueron de peso volumétrico elevado; en cambio, residuos tales como los de la Cervecería Superior Bock (224.98 kg/m<sup>3</sup>), compuestos en gran parte por cartón, tuvieron pesos volumétricos bajos.

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA  
ANALISIS DE RESIDUOS SOLIDOS EN OTRAS FUENTES**



**FIGURA 2.8**

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA  
PESO VOLUMETRICO EN OTRAS FUENTES**

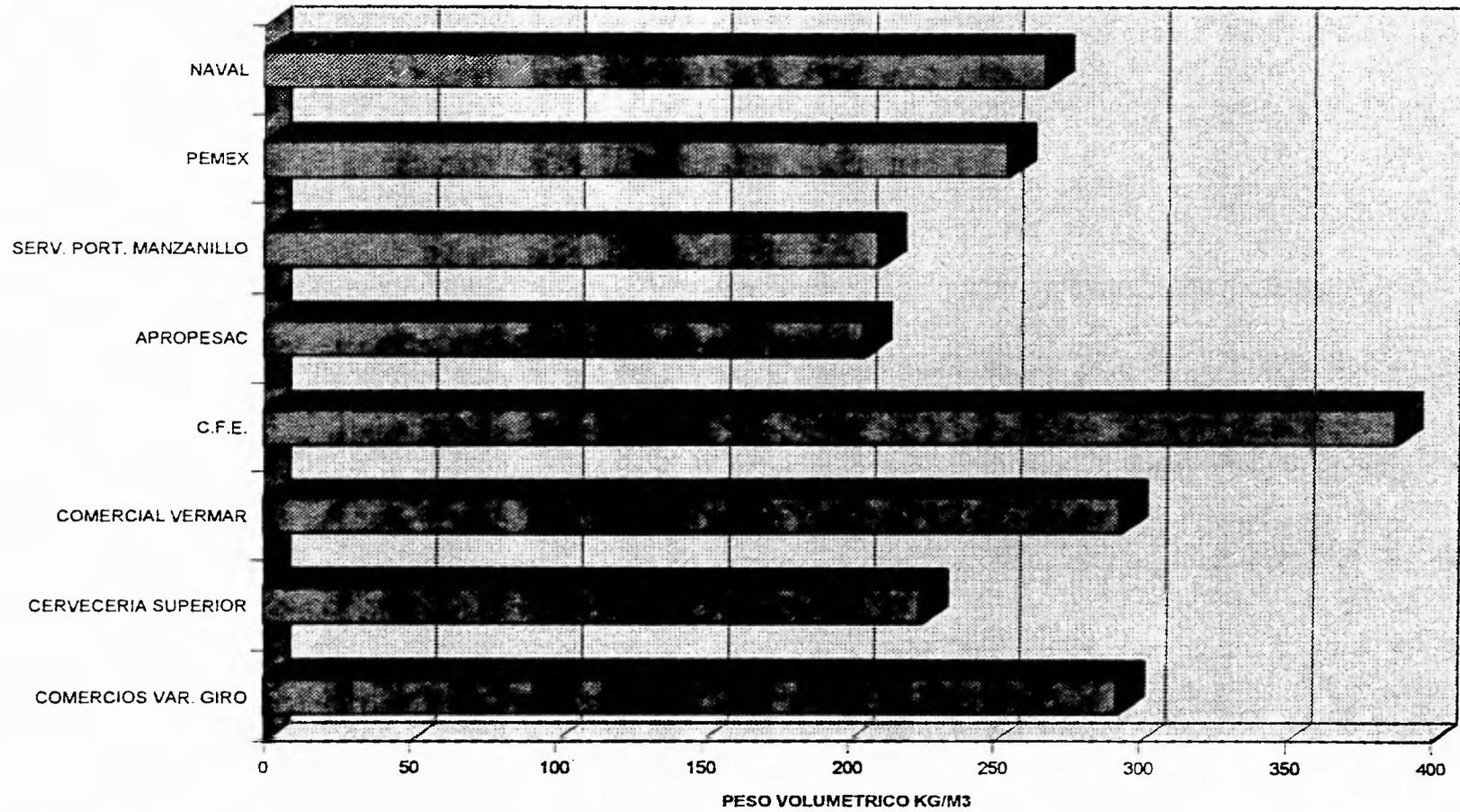


FIGURA 2.9

Los valores de peso volumétricos para PEMEX y Naval (254.50 y 267.20 kg/m<sup>3</sup>, en ese orden) son los que más se acercaron al promedio general.

### **II.3 Sistemas de almacenamiento**

Uno de los puntos importantes dentro del sistema de aseo urbano es el referente al almacenamiento de los residuos sólidos tanto en casas habitación como en otros tipos de fuentes generadoras (comercios, industrias, hoteles, etc.).

De las encuestas realizadas durante los muestreos en domicilios y otras fuentes, se obtuvo información relacionada con el tipo de recipientes empleados para almacenamiento de basura. En este apartado se hará alusión a los resultados obtenidos del análisis de dicha información.

#### **II.3.1 Domicilios**

En términos generales, el tipo de recipiente más empleado en los tres estratos socioeconómicos para el almacenamiento temporal de residuos sólidos es la bolsa de plástico de polietileno.

Las gráficas (2.10, 2.11 y 2.12) muestran el tipo de recipientes utilizados de acuerdo al estrato social.

#### **II.3.2 Otras fuentes generadoras**

El resto de las fuentes generadoras (comercios, hoteles, restaurantes, PEMEX, CFE, Servicios Portuarios, Naval, etc.,) utilizan una amplia variedad de recipientes para el almacenamiento de residuos, desde pequeños botes de plástico hasta grandes contenedores metálicos.

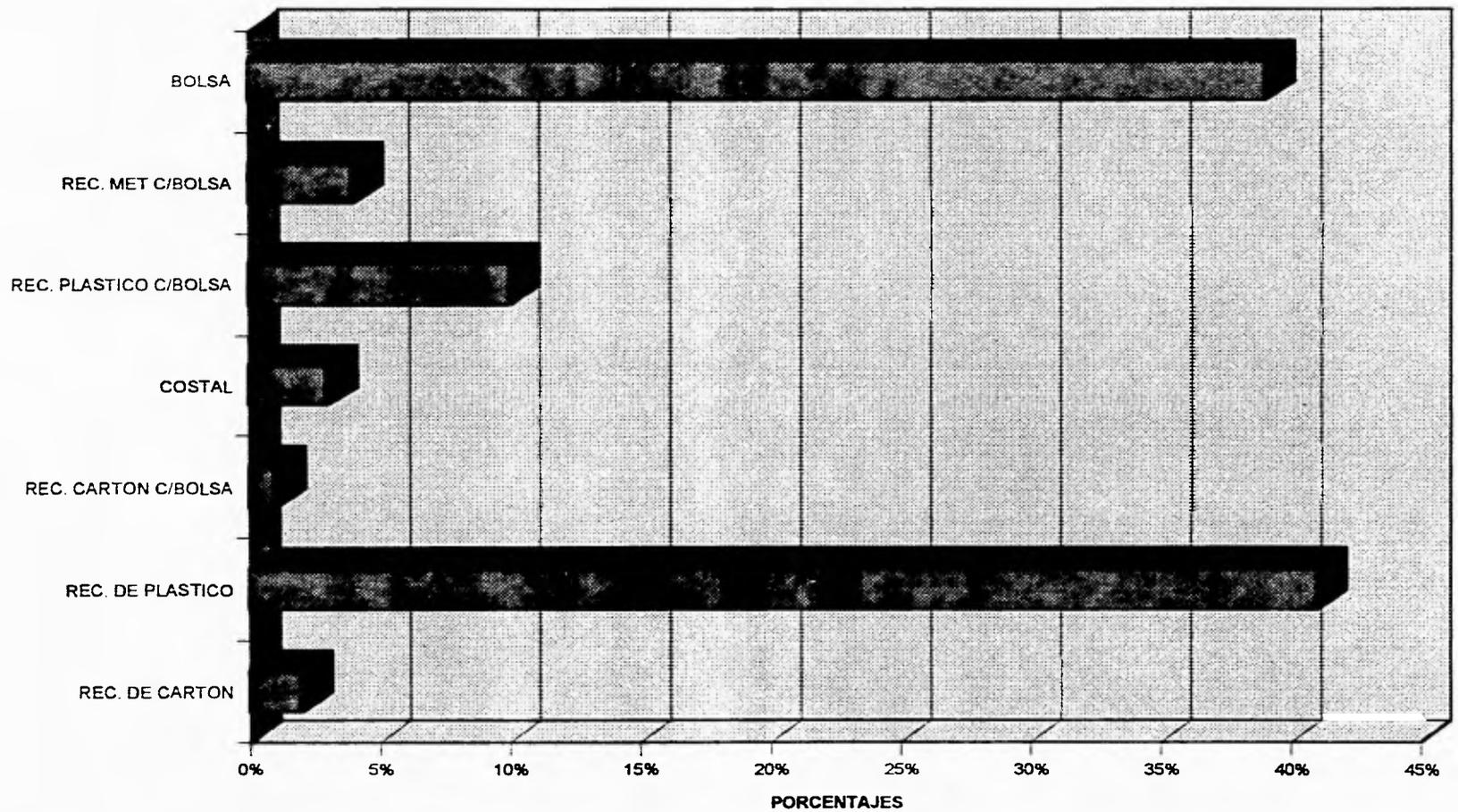
### **II.4 Recolección y transporte de residuos**

En la ciudad de Manzanillo, el servicio de recolección de residuos sólidos es llevado a cabo tanto por el municipio como por diversas compañías a las que se les ha otorgado la concesión. Enseguida se presenta un análisis de las particularidades en la operación por los prestadores de dicho servicio.

#### **II.4.1 Servicio municipal**

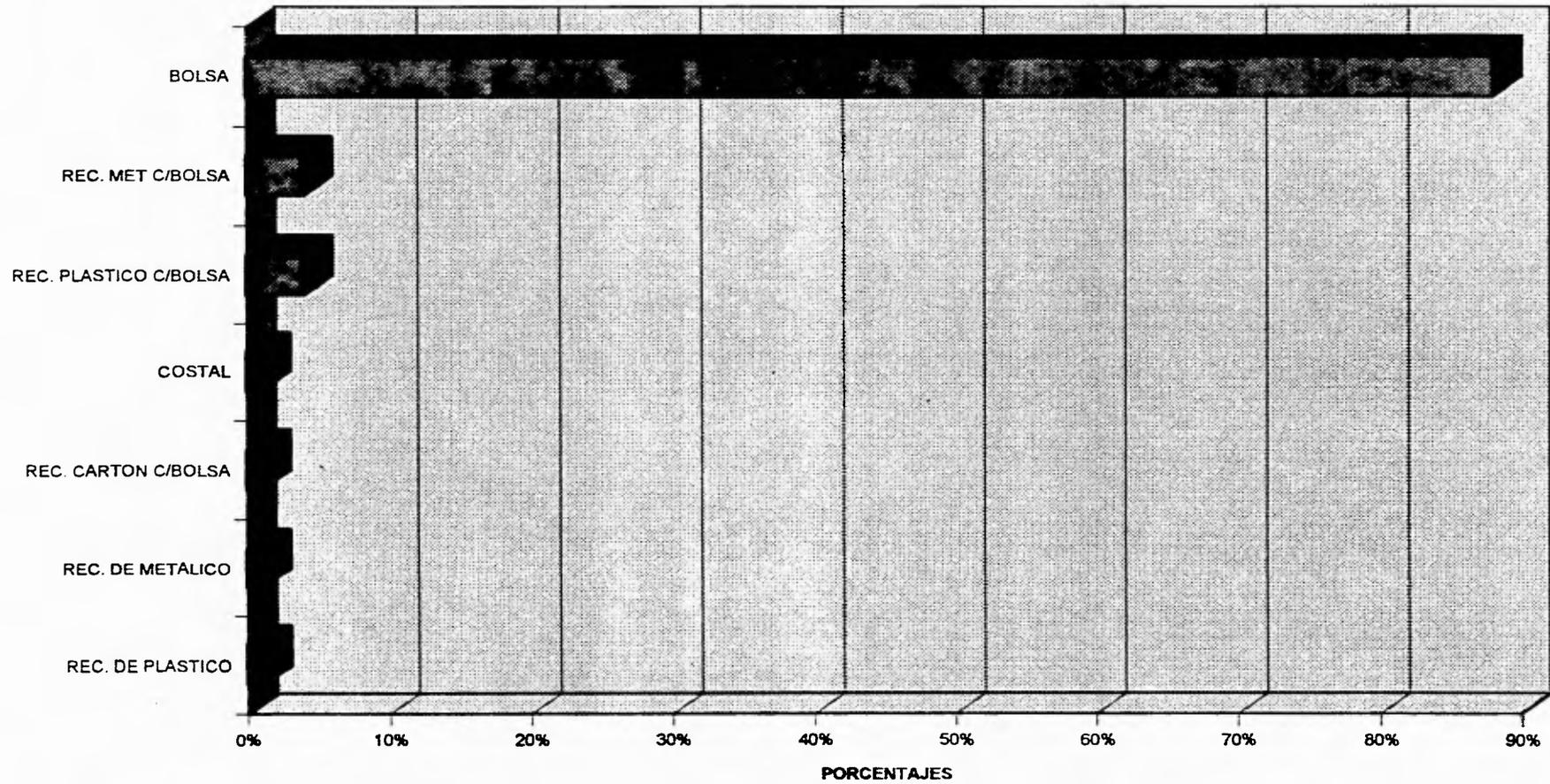
El servicio de recolección que brinda el municipio a los habitantes de Manzanillo está fundamentado en el Reglamento de Limpieza. De acuerdo a esta reglamentación, el municipio proporciona el servicio a los generadores domiciliarios, así como a instituciones, comercios y otras fuentes de pequeña generación. Igualmente, ha

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA  
TIPO DE RECIPIENTES UTILIZADOS EN ESTRATO BAJO**



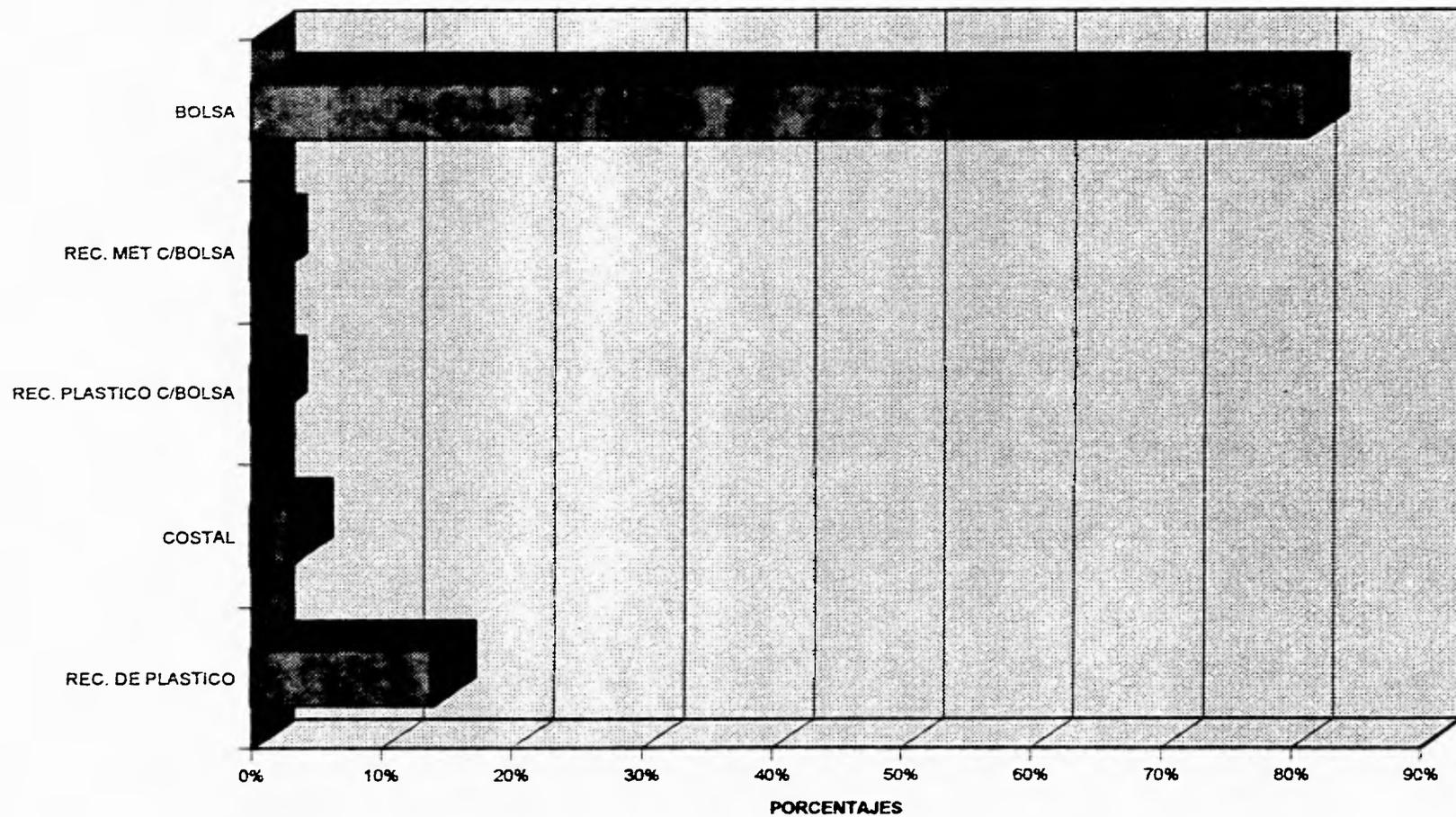
**FIGURA 2.10**

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA  
TIPO DE RECIPIENTES UTILIZADOS EN ESTRATO MEDIO**



**FIGURA 2.11**

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA  
TIPO DE RECIPIENTES UTILIZADOS EN ESTRATO ALTO**



**FIGURA 2.12**

otorgado diversas concesiones a compañías particulares que dan el servicio a particulares cuya generación rebasa los 25 kg. En la actualidad, el servicio municipal es gratuito, y se está estudiando la posibilidad de implantar un sistema tarifario cuando la cantidad de residuos recolectados a un sólo generador sobre pase los 15 kg en un día.

Los aspectos involucrados en la recolección y el transporte de residuos sólidos son los siguientes: métodos de recolección, rutas, planta vehicular y su mantenimiento, personal y turnos de trabajo, cantidades recolectadas de residuos y eficiencia del servicio.

#### **II.4.2 Distribución promedio de tiempos en rutas de recolección**

La figura 2.13 presenta los promedios de las variables analizadas, así como los porcentajes correspondientes respecto al tiempo total en ruta.

Igualmente, la figura 2.13 ilustra gráficamente la distribución promedio de los tiempos empleados por actividad en una ruta de recolección municipal de residuos sólidos.

#### **II.4.3 Servicios concesionados**

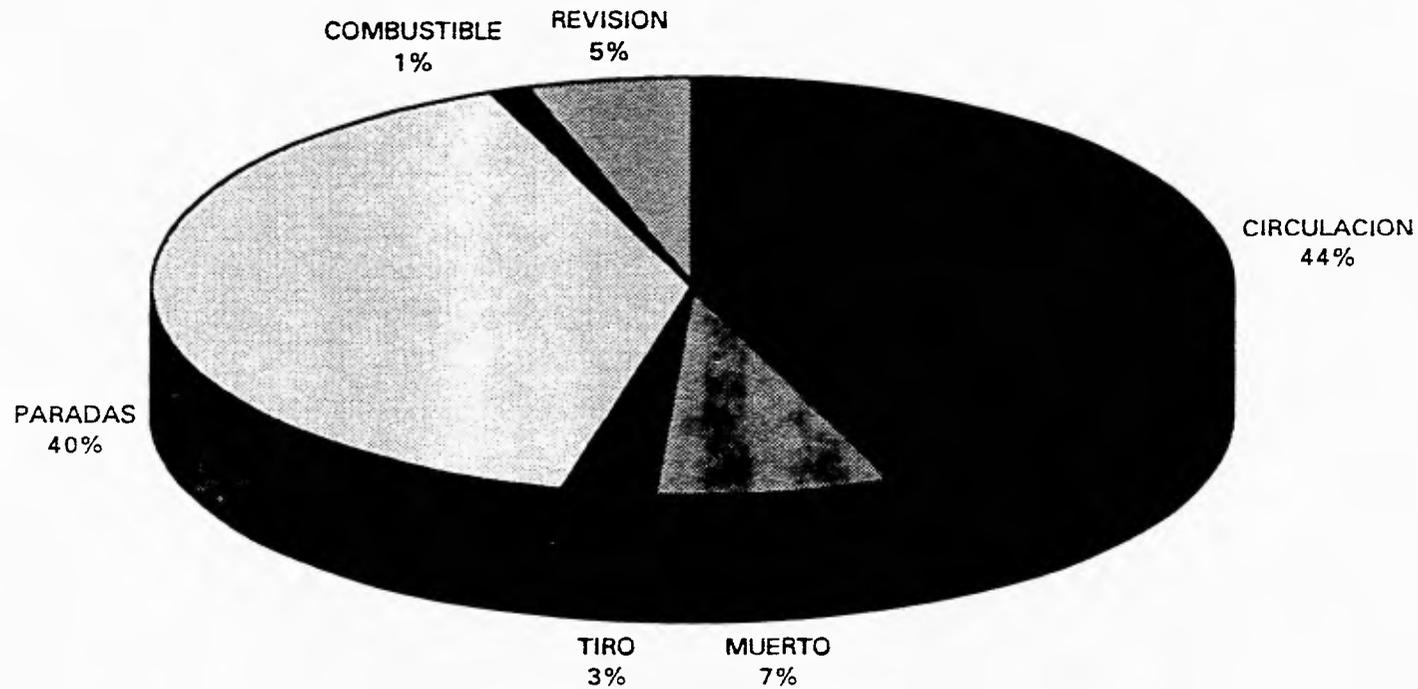
El municipio de Manzanillo ha autorizado la operación de diversas compañías privadas o asociaciones que llevan a cabo el servicio de recolección de residuos sólidos a restaurantes, comercios, hoteles y negocios de diversa índole. En muchos casos, los comercios no contratan servicio de recolección alguno, ya que ellos mismos disponen de vehículos en los cuales transportan sus residuos al tiro actual.

Una de las principales asociaciones particulares que existen en Manzanillo para la recolección y transporte de residuos es, la denominada "APROPESAC" (Asociación de Propietarios de la Península de Santiago, A.C.), la cual es quizá la única zona residencial en toda la bahía.

De acuerdo con información del Departamento de Limpia referente al ingreso de unidades particulares al sitio de disposición y al promedio de viajes mensuales que realizan los vehículos particulares, se puede deducir una transportación al sitio de disposición por particulares de unas 55 ton/día.

Es necesario mencionar, nuevamente, que todos los datos anteriores son información proporcionada por el Departamento de Limpia de Manzanillo; sin embargo, las estimaciones realizadas por una empresa particular indican que la generación ( y, en consecuencia, la transportación) de basura por los particulares debe ser bastante menor en realidad, ya que se obtuvo un promedio de 7.122 ton/día para el total de comercios (incluye hoteles, peluquerías, restaurantes, cervecerías, farmacias, abarrotes, papelerías, expendios de vino y licores, tiendas de ropa y novedades, otros).

# DIAGNOSTICO EN EL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS CIUDAD MANZANILLO, COLIMA RUTAS DE RECOLECCION



ACTIVIDADES EFECTUADAS

FIG.2.13

## **II.5 Barrido manual**

El servicio de barrido manual en la ciudad se lleva a cabo por medio de 36 empleados en 24 áreas de cobertura durante turnos de trabajo (matutino y vespertino).

Como relevo por vacaciones se tienen 5 empleados para los dos turnos de trabajo. Las distancias recorridas por los barrenderos son, en promedio, de 1 km. No usan uniforme sino una casaca y un pantalón cualquiera de uso diario.

El recipiente en el que vierten los residuos de barrido es un tambo común de 200 litros, montado sobre una base metálica con ruedas tipo "diablito". Únicamente utilizan un solo tambo metálico.

Los barrenderos suelen recoger los residuos de domicilios y comercios a cambio de alguna gratificación, por lo que su recipiente se satura rápidamente. Asimismo los empleados generalmente son de edad avanzada, lo que les impide hacer recorridos largos en condiciones de calor severo.

En términos generales, el barrido manual es bueno, pues se pueden observar calles relativamente limpias en el centro de Manzanillo. No obstante, es posible mejorar el servicio incrementando la cobertura y mejorando los utensilios y condiciones de trabajo de los barrenderos. En la tabla 2.3 se muestran los principales problemas detectados en el servicio de barrido manual.

### **DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS CIUDAD MANZANILLO, COLIMA PROBLEMATICA DEL SERVICIO DE BARRIDO MANUAL**

- \* **SOLO EXISTEN RUTAS PARA EL CENTRO DE MANZANILLO**
- \* **LA EFICIENCIA ES DE 1 KM/PERS., AUNQUE DEBE SER DE 2.5**
- \* **SE REALIZA RECOLECCION DOMICILIARIA EN RUTAS DE BARRIDO**
- \* **NO SE CUENTA CON EL EQUIPO ADECUADO**
- \* **NO HAY SUFICIENTE BARRIDO EN LA COSTERA Y EN PLAYAS**
- \* **NO HAY BODEGAS PARA ENCIERRO DEL EQUIPO**
- \* **NO SE DETECTO MANTENIMIENTO DEL EQUIPO**
- \* **EL PERSONAL ES DE EDAD AVANZADA**

**TABLA 2.3**

## **II.6 Disposición final**

La situación de la disposición final en Manzanillo es moderadamente satisfactoria, pues no presenta los problemas agudos de otras ciudades en cuanto a la no cobertura de residuos, quema de basura, fauna nociva, etc. A continuación se hará referencia al estado actual de la disposición de residuos en Manzanillo.

### **II.6.1 Antecedentes**

Con el desarrollo turístico de Manzanillo, durante los últimos 20 años, la generación de residuos sólidos se incrementó substancialmente, y con ello los requerimientos de disposición final.

Diversos sitios se utilizaron para el vertido de residuos a cielo abierto, los cuales eran clausurados al término de su corta vida útil. No fue sino hasta la década de los 80's cuando se comenzó a depositar basura en un socavón de unos 80 metros de profundidad, cerca del entronque a la carretera a Colima.

Según informes del Departamento de Limpia el terreno anterior operó durante más de 10 años hasta que se saturó de residuos. Posteriormente, se hicieron los arreglos necesarios para disponer los residuos de la ciudad en un Ejido denominado "Punta de Agua" (ubicado a unos 9 km del Crucero del Pez Vela por la carretera a Minatitlán).

El sitio de Punta de Agua funcionó poco tiempo, pues sólo se depositó basura en una extensión de una hectárea, con pocos metros de la capa de residuos. Estos se cubrieron con material propio del lugar y no se instalaron pozos de venteo de biogás; por este motivo actualmente se observan agrietamientos en el lugar, por donde se escapa el gas y se infiltra el agua pluvial.

Se decidió entonces depositar la basura en un socavón ubicado junto al tiro previo a Punta de Agua. Ese socavón es el que ha venido recibiendo residuos desde diciembre de 1992.

### **II.6.2 Descripción del sitio de disposición actual**

El tiro actual de residuos se localiza en el Ejido de Tapeixtles, a 1.5 km. en línea recta de la Laguna de San Pedrito. No existen letreros o señalamientos que indiquen la existencia del tiradero.

El sitio es un pequeño socavón de aproximadamente una hectárea de superficie. No hay ningún tipo de vegetación en la zona. A un lado del área donde se vierten los residuos puede observarse un depósito de materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el cual ya no se usa desde hace algún tiempo. En sentido opuesto, en lo alto de la sección de la colina que limita al sitio de disposición, se tiene una torre con cables de alta tensión, propiedad de C.F.E.

Por último, en el costado Este del relleno, puede visualizarse la Bahía de Manzanillo.

### **II.6.3 Operación y vida útil estimada**

El sitio de disposición recibe los residuos sólidos recolectados y/o transportados por el servicio municipal y los particulares. Hasta la fecha, nunca se ha aplicado tarifa alguna a los vehículos particulares para que puedan depositar sus residuos.

La actividad normal del relleno comienza poco antes de las 7:00 hr., cuando llegan los primeros vehículos, por lo general pertenecientes a hoteles y restaurantes. Después de las 7:00 hr. comienza el arribo de vehículos municipales, en virtud del horario propio de recolección.

Cuando los vehículos llegan, el personal comisionado del Departamento de Limpia en el relleno anota la razón social o procedencia de la unidad transportadora, su tipo, placas, nombre del conductor y hora de entrada.

Después, el encargado en el relleno indica al conductor del vehículo, el lugar preciso en donde deberá descargar los residuos. Dependiendo del tipo de vehículo, la operación de descarga puede ser mecánica (por gravedad) o manual, con la ayuda de palas.

El frente de descarga es de aproximadamente 50 m y el encargado trata de que los residuos vayan quedando uniformemente distribuidos a todo lo largo del frente.

Cuando un vehículo de recolección termina las maniobras de descarga, procede a retirarse de inmediato del relleno, y entonces el responsable de la operación del sitio anota la salida en el formato indicado.

Mientras una sección del frente de trabajo continúa operando, en la otra se procede a efectuar las labores de extendido y compactación de los residuos; para ello, se cuenta con un tractor tipo D-7 con sistema de orugas. El operador de la máquina acciona la hoja topadora y empuja los residuos hacia cotas más bajas del relleno, al tiempo que los va compactando. Una vez que termina de extender, da varias pasadas más con el tractor para incrementar la compactación.

La cobertura de los residuos no se lleva a cabo diariamente, ya que por lo común se prefiere que se acumule una cantidad suficiente de residuos; esto se logra después de 3 a 4 días de operación del relleno. El material de cubierta se excarva de las paredes laterales del socavón y se va extendiendo sobre la capa de residuos ya compactados. También el material de cubierta se ve sujeto a compactación, a fin de incrementar la estabilidad del terreno y mejorar las condiciones de tracción para los vehículos que ingresan al sitio. El espesor de la cubierta final una vez compactada es de 15 cm, aproximadamente. Las labores normales del relleno concluyen entre las 18:30 y 20:00 hr.

Cabe hacer mención que al sitio de disposición llegan, además de los vehículos municipales y particulares (con residuos de domicilios, comercios, instituciones públicas, hoteles, restaurantes, etc.), otras unidades procedentes de la CFE, Petróleos Mexicanos (oficinas y planta, en ambos casos), Servicios Portuarios de Manzanillo, Base Naval y Base Militar. Los residuos que transportan no son peligrosos y se les mezcla con los municipales.

Sin embargo, en el caso de residuos de la construcción (cascajo, varilla y otros), se les tiene asignada una zona de disposición en la zona Este del sitio, cerca de la barranca. A los residuos allí depositados, no se les pone material de cobertura.

Según estimaciones del Departamento de Limpia de Manzanillo, diariamente se reciben en el sitio, un promedio de 120 ton de residuos sólidos. No se permite el ingreso de residuos peligrosos, ni de aquéllos que, por sus características, puedan causar perturbaciones en la operación del relleno (lodos, que ocasionan el atascamiento de los vehículos recolectores y la máquina de compactación).

De acuerdo a la experiencia en las labores del relleno, el personal comisionado considera que la vida útil del mismo no podrá exceder de unos cuantos meses.

#### **II.6.4 Situación actual**

Haciendo una evaluación global de los distintos aspectos involucrados en la operación del relleno en Manzanillo, puede concluirse que su situación es moderadamente satisfactoria, ya que no existe la problemática detectada en otros rellenos o tiraderos a cielo abierto de la República.

Por ejemplo en el sitio no se apreció fauna nociva tal como ratas, cucarachas o una cantidad exagerada de moscas; tampoco hay perros u otros animales que puedan ocasionar problemas de diversa índole.

Por otro lado, las actividades de pepena son inexistentes en la zona de disposición, excepto por algún pepenador ocasional.

No se percibe una generación importante de biogás en el sitio, aunque sería recomendable ubicar algunos pozos de venteo a la atmosfera. Asimismo no se sabe con exactitud si haya habido algún tipo de infiltración de lixiviado a mantos acuíferos.

Finalmente, la situación más apremiante es la reducida vida útil remanente del sitio de disposición. En primer lugar, ya se está alcanzando la cota máxima del socavón; en segundo término, ya casi no se puede extraer material de cobertura de las paredes laterales del sitio por estar cerca del límite de estabilidad para la torre de cables de alta tensión de C.F.E., así como del derecho de vía cercano al relleno.

En vista de la situación, y a fin de evitar la aparición de tiraderos a cielo abierto en diversos sitios, sería muy conveniente contar con un relleno sanitario de gran capacidad (con 5 a 10 años de vida útil, como mínimo).

## **II.7 Tratamiento y Reciclaje de Residuos Sólidos**

En este lugar no se observan centros de acopio que comercialicen los materiales recuperados, ni cerca del relleno ni en zonas alejadas y además no existen pepenadores en el sitio de disposición.

Por lo anterior, se considera que el reciclaje de residuos sólidos es nulo y muy poco significativo. No se tiene programa alguno de separación y recuperación de materiales reciclables por parte de las autoridades municipales, particulares o asociaciones.

Se puede considerar que hay algunas condiciones dadas que permitirían el reciclaje de ciertos materiales en pequeña escala. Por ejemplo, la alta generación de envases de plástico para leche haría atractiva su recuperación y reprocesamiento.

Respecto al tratamiento de residuos, éste es igualmente casi nulo. No existe el compostaje de residuos orgánicos, y la incineración de residuos sólo se da en muy bajo porcentaje en el caso de residuos hospitalarios.

Cabe señalar que los residuos hospitalarios son transportados al relleno actual en bolsas de plástico polietileno de color negro o verde, por lo cual son fácilmente identificables; no obstante, son depositados en el relleno sin recibir tratamiento alguno.

**EL RELLENO SANITARIO COMO SOLUCION, EN LA DISPOSICIÓN  
FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LA CIUDAD DE  
MANZANILLO, COLIMA**

**CAPITULO III**

**ESTUDIOS PREVIOS**

**III.1 Estudio demográfico**

III.1.1 Proyecciones de población

III.1.2 Densidades de población

III.1.3 Porcentaje de personas que cuentan con servicios  
(Agua, Drenaje, Luz, etc.)

**III.2 Proyección de la generación de residuos sólidos**

**III.3 Sitio Alternativo para el proyecto del relleno sanitario**

III.3.1 Ubicación geográfica

III.3.2 Uso de suelo

III.3.3 Vías de comunicación

III.3.4 Características fisiográficas

III.3.5 Hidrología superficial y subterránea

III.3.6 Flora y Fauna

III.3.7 Normas de selección

# **EL RELLENO SANITARIO COMO SOLUCION, EN LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA**

## **CAPITULO III**

### **ESTUDIOS PREVIOS**

#### **III.1 Estudio demográfico**

##### **III.1.1 Proyecciones de población**

Para efectuar las proyecciones de población que definieran el comportamiento demográfico de la localidad, de manera que se apegara en lo más posible a lo que se presenta en la realidad, se realizó un análisis de la información de los Censos Poblacionales a partir del año de 1950. Dicho análisis, contempla las tasas de crecimiento registradas hasta la fecha actual, cuyo comportamiento puede observarse en la fig.3.1.

Los métodos utilizados para el análisis y la proyección de la población fueron: aritmético, geométrico y el de incremento medio total. En cada uno de estos se realizó el ajuste por los métodos de mínimos cuadrados logarítmico.

##### **Método aritmético**

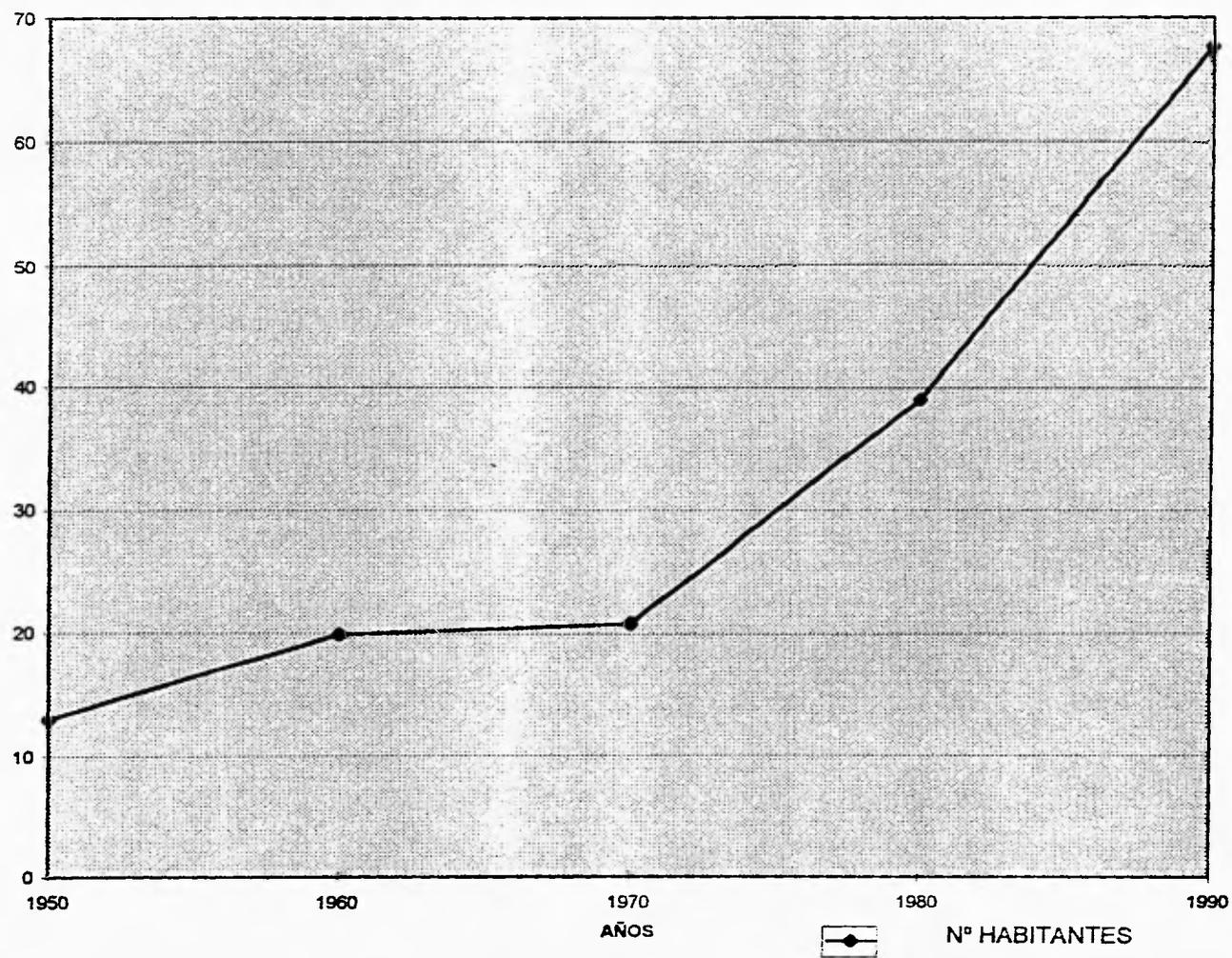
Como puede observarse, en la tabla 3.1 se presentan las proyecciones de población utilizando las tasas de crecimiento a partir de los años 1950, 1960 y 1970 respectivamente, los cuales fueron considerados para el análisis de los períodos previamente establecidos. De esta forma se obtuvo la figura 3.2, donde se aprecia el comportamiento que tendrá la población hasta el año 2008.

##### **Método geométrico**

Para la proyección poblacional a través de este método, también se utilizaron las tasas de crecimiento de los años 1950, 1960 y 1970, representadas en la fig. 3.1.

Al realizar las proyecciones de población por este método, se observó que el crecimiento registrado en el período 1970-1990, fue el más alto de los períodos analizados, resultando que la localidad contará con aproximadamente 196,000 habitantes para el año 2008. En la tabla 3.2 se presentan los valores esperados

## CRECIMIENTO DEMOGRAFICO PARA LA LOCALIDAD DE MANZANILLO, COLIMA



**FIGURA 3.1**

# PROYECCION DE POBLACION PARA LA LOCALIDAD DE MANZANILLO, COLIMA.

## METODO ARITMETICO

Pf = Pa + n	n = 54,691/40 = 1,367		
AÑO	Nº HAB.	INCREMENTO	Nº AÑOS
1950	13 006		
1960	19 950	6 944	10
1970	20 777	827	10
1980	39 088	18 311	10
1990	67 697	28 609	10
		<b>54 691</b>	<b>40</b>

AÑO	*(1950 - 1990)	*(1960 - 1990)	*(1970 - 1990)
	Nº HAB.	Nº HAB.	Nº HAB.
1990	67 697	67 697	67 697
1991	69 064	69 289	70 043
1992	70 432	70 880	72 389
1993	71 799	72 472	74 735
1994	73 166	74 063	77 081
1995	74 533	75 655	79 427
1996	75 901	77 246	81 773
1997	77 268	78 838	84 119
1998	78 635	80 430	86 465
1999	80 002	82 021	88 811
2000	81 370	83 613	91 157
2001	82 737	85 204	93 503
2002	84 104	86 796	95 849
2003	85 472	88 387	98 195
2004	86 839	89 979	100 541
2005	88 206	91 571	102 887
2006	89 573	93 162	105 233
2007	90 941	94 754	107 579
2008	92 308	96 345	109 925

\*Periodo que comprende la tasa de crecimiento utilizada  
en la proyección de población.

**TABLA 3.1**

# PROYECCION DE POBLACION PARA MANZANILLO, COLIMA METODO ARITMETICO

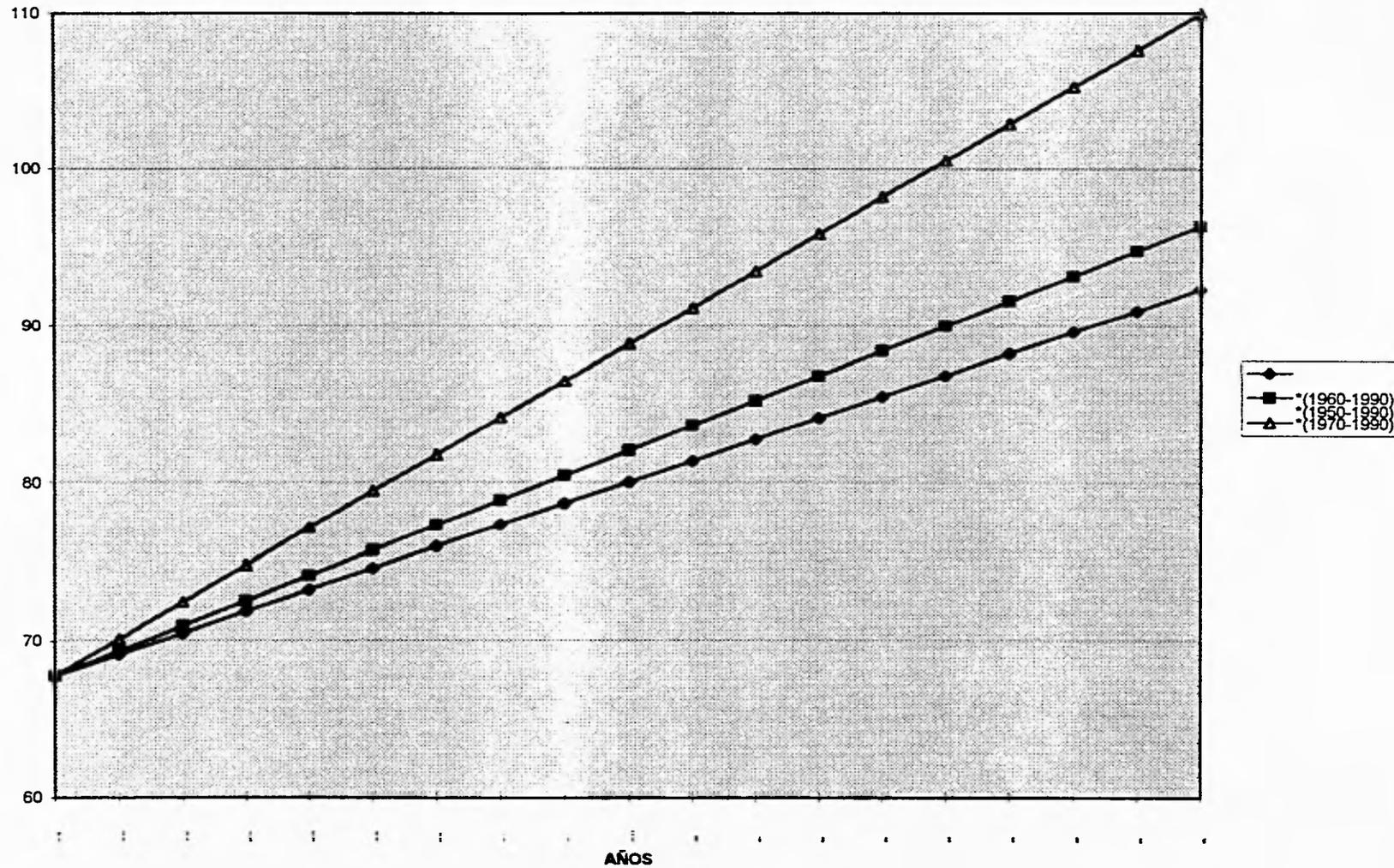


FIGURA 3.2

## PROYECCION DE POBLACION PARA LA LOCALIDAD DE MANZANILLO, COLIMA.

### METODO GEOMETRICO

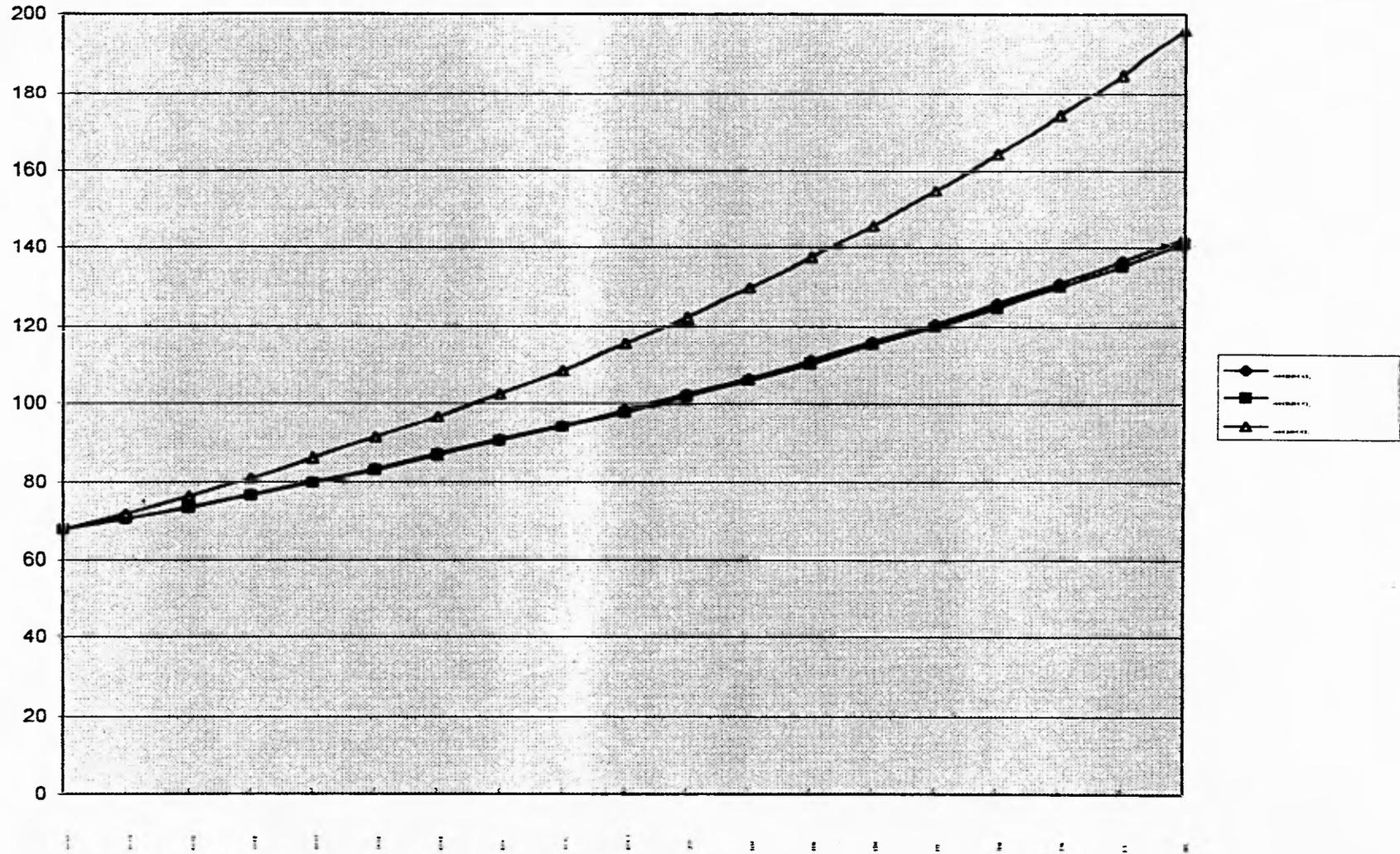
AÑO	Nº HAB.
1950	13 006
1960	19 950
1970	20 777
1980	39 088
1990	67 697

AÑO	*(1950 - 1990)	*(1960 - 1990)	*(1970 - 1990)
	Nº HAB.	Nº HAB.	Nº HAB.
1990	67697	67697	67697
1991	70547	70511	71816
1992	73517	73422	76185
1993	76613	76495	80820
1994	79838	79675	85737
1995	83200	82986	90953
1996	86703	86436	96486
1997	90353	90029	102356
1998	94157	93771	108584
1999	98122	97669	115190
2000	102253	101729	122198
2001	106558	105958	129632
2002	111045	110362	137519
2003	115720	114950	145885
2004	120592	119728	154760
2005	125669	124705	164176
2006	130960	129888	174164
2007	136474	135288	184760
2008	142220	140911	196001

\*Periodo que comprende la tasa de crecimiento utilizada  
en la proyección de población.

**TABLA 3.2**

PROYECCION DE POBLACION PARA LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA  
 METODO GEOMETRICO



et

FIGURA 3.3

de población. Cabe mencionar que la diferencia entre el valor máximo y mínimo de la proyección para el año 2008, es de 55,090 habitantes y corresponde a la diferencia entre los periodos comprendidos entre 1960-1990 y 1970-1990.

### **Método de incremento total**

Como puede observarse en la tabla 3.3 se muestran las proyecciones de población esperadas a partir de este método, formando la figura 3.4.

El objetivo de efectuar las proyecciones de población a través de diferentes métodos, es el de comparar el comportamiento demográfico real con el que resulta a través de la aplicación de los métodos y procedimientos de ajuste correspondientes.

Con base en lo anterior, se identificaron dos metodologías que proyectan un crecimiento poblacional similar al que se ha presentado durante las dos últimas décadas, siendo estos el geométrico y el de incremento medio total. Cabe mencionar que el periodo de análisis utilizado para dicha comparación es el de 1970-1990, ya que durante esta etapa se presentó un crecimiento muy estable con respecto al que se observó en las décadas anteriores.

De acuerdo con los resultados, el crecimiento que muestra la población a partir de 1970 es el que mejor representa el comportamiento que se espera en los años subsecuente; esto basado en el hecho de que a partir de ese año, la localidad experimentó un auge en el sector turismo que se vio reflejado en el crecimiento poblacional.

Con base en lo anterior y después de realizar el análisis correspondiente para cada método de proyección en cada uno de los periodos de observación considerados, se decidió utilizar el Método de Incremento Medio Total con la tasa correspondiente para la proyección de población de la localidad de Manzanillo.

### **III.1.2 Densidades de población**

La población del municipio de Manzanillo es de 92,863 habitantes, con un área superficial de 1,332.73 km<sup>2</sup>, por lo que su densidad poblacional es de 69.7 habitantes por kilómetro cuadrado.

El principal centro de población es la cabecera municipal de Manzanillo, con una población de 67,697 habitantes, que representan el 73% de la población municipal.

Las poblaciones que integran el área urbana de Manzanillo son: La Central, El Naranjo, Jalipa, Francisco Villa y Vida del Mar, con lo cual se alcanza una población de 92,863 habitantes que representan el 85.72 % de la población municipal.

## PROYECCION DE POBLACION PARA LA LOCALIDAD DE MANZANILLO, COLIMA.

### METODO DE INCREMENTO MEDIO TOTAL

$P_f = P_a + n$	$n = 54,691/40 = 1,367$	$\text{Log}(1+r) = (\text{log}P_f - \text{log}P_a)/n$
-----------------	-------------------------	---

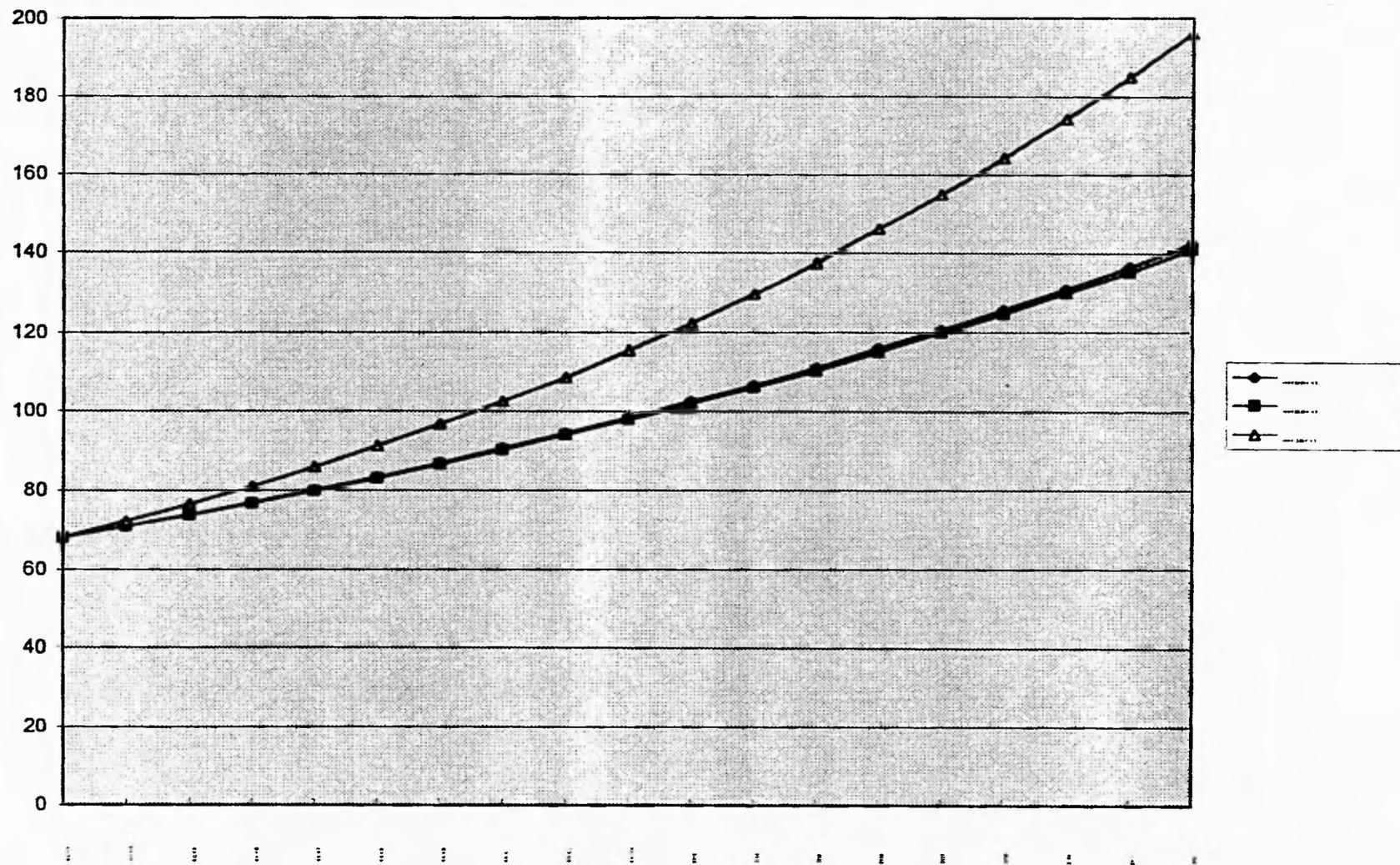
AÑO	Nº HAB.	LOG HABITANTES	Nº AÑOS
1950	13 006	4.11414	
1960	19 950	4.29994	0.01858
1970	20 777	4.31758	0.00176
1980	39 088	4.31758	0.02745
1990	67 697	4.83057	0.02385
			0.07164

AÑO	*(1950 - 1990)	*(1960 - 1990)	*(1970 - 1990)	*(1970 - 1990)
	Nº HAB.	Nº HAB.	Nº HAB.	AJUSTE LINEAL
1990	67 697	67 697	71816	80052
1991	70547	70511	76185	84901
1992	73517	73443	80820	89750
1993	76612	76496	85737	94599
1994	79838	79676	90954	104298
1995	83199	82989	96487	109147
1996	86702	86439	102357	113996
1997	90352	90033	108585	118845
1998	94156	93776	115191	123694
1999	98120	97674	122199	128543
2000	102251	101735	129634	133392
2001	106556	105964	137521	138242
2002	111043	110370	14588	143091
2003	115718	114958	154764	147940
2004	120589	119737	164180	152789
2005	125666	124715	174168	157789
2006	130957	129900	184765	157638
2007	136471	135301	196006	162487
2008	142216	140925	109 925	167336

\*Periodo que comprende la tasa de crecimiento utilizada  
en la proyección de población.

**TABLA 3.3**

**PROYECCION DE POBLACION PARA LA CIUDAD DE MANZANILLO, COLIMA  
METODO DE INCREMENTO TOTAL**



**FIGURA 3.4**

7

Para la zona urbana de Manzanillo, las tablas 3.4 y 3.5 muestran la estimación de las densidades poblacionales de acuerdo con los sectores urbanos que tiene definidos la Dirección de Obras y Servicios Públicos.

Es conveniente mencionar que el Plan Director de Desarrollo Urbano de Manzanillo establece algunos criterios para la determinación de áreas de crecimiento urbano a diferentes horizontes de planeación, considerando densidades poblacionales de 46, 75 y 100 Hab/Ha. A continuación se presentan las estimaciones elaboradas en el plan de desarrollo.

Como puede observarse, se señala un crecimiento de la superficie urbana de hasta 3,288 Ha (32.88 km<sup>2</sup>) para el año 2005, de acuerdo al incremento poblacional estimado (del 8.13 % al año 2000 y 2.4 % para los años sucesivos), y empleando las densidades poblacionales actuales de 46 Hab/Ha).

### **III.1.3 Porcentaje de personas que cuentan con servicios (agua, drenaje, energía eléctrica, etc.)**

La zona urbana de Manzanillo comprende un área de 920 Ha.; a esto deben sumarse las 507 Ha de asentamientos irregulares que se han desarrollado a lo largo de la costa, valles y áreas de cultivo.

El municipio de Manzanillo tiene una regular disponibilidad de agua entubada en viviendas particulares, según se observa en la tabla 3.6

El servicio de agua potable cubre al 95% de la población, en tanto que el alcantarillado ha sido un problema para el municipio, ya que por cuestiones de ubicación geográfica, se dificulta la prestación del mismo. De esta manera, sólo se alcanza a satisfacer al 51% de los habitantes.

En el caso de energía eléctrica, el porcentaje de atención llega al 99.7% en el municipio.

Debe señalarse que sólo la cabecera municipal cuenta con mercado, jardines y centros recreativos y deportivos.

La pavimentación está restringida a la zona centro de Manzanillo, extendiéndose sólo a las arterias principales de comunicación, siendo éstas las avenidas que están cerca del puerto. Existen zonas residenciales que no están pavimentadas, como Las Brisas.

La zona de Santiago tiene un contraste muy especial, ya que se pueden encontrar tanto áreas pavimentadas y asfaltadas como calles de terracería.

# DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS

## CIUDAD MANZANILLO, COLIMA

### DENSIDADES POBLACIONALES EN LA ZONA URBANA DE MANZANILLO

COLONIA	AREA SUPERFICIAL	POBLACION EN 1990	DENSIDAD POBLACIONAL
(EJEMPLO)	(HA)	(HAB)	(HAB/HA)
Bonanza	104.2	433.0	4.2
Cerro de la Cru	68.7	47.0	0.7
Zona Naval	34.0	2119.0	62.3
B. Domínguez	9.7	677.0	69.8
Cuautemo	24.6	1137.0	46.2
Sector Cinco	40.0	1004.0	27.6
Libertad	26.7	1388.0	52.0
El Cerro	50.2	1320.0	26.3
Rocío	84.9	2410.0	28.4
IMSS	32.4	1686.0	52.0
San Pedrito	47.5	1645.0	34.6
Las Joyas	100.2	1733.0	17.3
Punta Grande	69.1	670.0	9.7
Leandro Valle	78.8	2457.0	31.2
Bellavista	76.7	1591.0	20.7
16 de Sept	63.8	3064.0	48.5
Benito Juárez	60.0	2078.0	34.6
Tapeixtles	50.9	3168.0	62.2
INDECO	76.0	1841.0	24.2
PEMEX	130.3	900.0	6.9
Laguna Garzas	124	0	0
Las Brisas	61.3	2762.0	45.1
Morelos	53.4	3331	62.4
TOTALES		37561	766.9

**DENSIDAD POBLACIONAL PROMEDIO:**

**(DE TABLAS 3.4 Y 3.5)**

**33.6 HAB/HA**

**TABLA 3.4**

# DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS

## CIUDAD MANZANILLO, COLIMA

### DENSIDADES POBLACIONALES EN LA ZONA URBANA DE MANZANILLO

COLONIA	AREA SUPERFICIAL	POBLACION EN 1990	DENSIDAD POBLACIONAL
(EJEMPLO)	(HA)	(HAB)	(HAB/HA)
Zona Rural	12.4	515.0	41.5
Ejidal Miramar	53.7	555.0	10.3
Club Santiago	64.6	1340.0	20.7
Maeva	44.8	616.0	13.8
Abelardo Rod.	79.0	2187.0	27.7
Santiago	51.9	2085.0	40.2
Las Joyas	51.8	1435.0	27.7
San Martín	72.9	1767.0	24.2
Obrera	64.7	2017.0	31.2
Río Colorado	82.1	3412.0	41.6
Villas El Faro	42.3	1171.0	27.7
Las Hadas	103.3	2864.0	27.7
Nuevo Salahua	48.4	3013.0	62.3
Las Huertas	73.2	758.0	10.4
Las Huertas	82.2	4840.0	58.9
Las Palmas	18.0	684.0	38.0
UD 5 de Mayo	25.1	1036.0	41.3
Cond. Garzas	20.5	1280.0	62.4
Zona Rural	19.5	0.0	0.0
Pacífico	18.5	1279.0	69.1
TOTALES		32854.0	676.7

DENSIDAD POBLACIONAL PROMEDIO:

(DE TABLAS 3.4 Y 3.5)

33.6 HAB/HA

TABLA 3.5

**VIVIENDAS PARTICULARES POR DISPONIBILIDAD DE  
AGUA ENTUBADA EN EL MUNICIPIO AL 12 DE MARZO  
DE 1990**

DISPONE DE AGUA			NO DISPONE DE AGUA	TOMAS DOMICILIARIAS	NO ESPECIFICADO
DENTRO DE LA VIVIENDA	FUERA DE LA VIVIENDA PERO DENTRO DEL TERRENO	DE LA LLAVE PUBLICA O HIDRANTE			
10,730	6,488	321	2,195	19,400	101
					<b>TOTAL 19,838</b>

TABLA 3.6

### III.2 Proyección de la generación de residuos sólidos

Para realizar la estimación de la generación de residuos sólidos, es necesario conocer la aportación de la población flotante de la localidad.

De acuerdo con la información proporcionada por el municipio, llegan a Manzanillo alrededor de 6,000 personas cada fin de semana. Además existen dos periodos vacacionales al año, cada uno de 15 días, en los cuales se calcula que llegan cerca de 50,000 personas.

Por otra parte se tiene que el porcentaje de superficie ocupada por cada uno de los estratos socioeconómicos, corresponde con los siguientes valores: 17% para el estrato alto, 5% para el estrato medio y 78% para el estrato bajo. Con base en lo anterior y de acuerdo con los resultados de la tabla No. 3.3 (punto 3.1.1 Proyecciones de Población) para el año de 1993 se cuenta ya con una población de 104,298 habitantes, los cuales se encuentran repartidos de acuerdo al porcentaje de superficie que ocupa cada estrato socioeconómico. Entonces el número de habitantes que corresponde a cada estrato queda como sigue:

Población de la localidad en 1993: 94,599 habitantes

<b>ESTRATO</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>No. HABITANTES</b>
<b>Alto</b>	<b>17</b>	<b>16 082</b>
<b>Medio</b>	<b>5</b>	<b>4 730</b>
<b>Bajo</b>	<b>78</b>	<b>73 787</b>

De los resultados obtenidos a través de muestreos realizados, así como del número de habitantes para cada estrato, se hace la estimación de la generación de residuos en la localidad, la cual se muestra a continuación:

<b>ESTRATO</b>	<b>No. Hab</b>	<b>*GENERACION (Kg/hab-día)</b>	<b>GENERACION (Kg/día)</b>	<b>GENERACION (Ton/día)</b>
Alto	16082	1.1421	18367.25	18.367
Medio	4730	1.2254	5796.14	5.796
Bajo	73787	0.8794	64888.29	64.888
<b>TOTAL</b>			<b>89051.68</b>	<b>89.052</b>

\*Valores de generación para cada estrato socioeconómico

Para hacer la estimación de la aportación de la población flotante a la generación de residuos sólidos y saber si es o no representativa, se hace necesario conocer el promedio ponderado de la generación de la localidad, el cual resulta ser:

$$(89,052 \text{ kg/día}) / 94,599 \text{ hab} = 0.9414 \text{ Kg/hab-día}$$

Asumiendo que la población flotante permanece 2 días durante cada fin de semana y que llegan entre 5000 y 6000 personas, entonces se asume que generan:

$$94,599 \text{ hab} + 6,000 \text{ hab} = 100,599 \text{ hab}$$

$$(100,599 \text{ hab}) (0.941 \text{ kg/hab-día}) = 94\,663.66 \text{ kg/día} \\ = 94.664 \text{ ton/día}$$

$$(94.664 \text{ ton/día}) (104 \text{ días}) = 9\,845.021 \text{ ton}$$

Considerando que se presentan 2 periodos vacacionales de 15 días cada uno y que se estima que llegan entre 40,000 y 50,000 personas en cada periodo, entonces la generación de residuos sólidos por este concepto es:

$$94\,599 \text{ hab} + 50\,000 \text{ hab.} = 144,599 \text{ hab.} \\ (144,599 \text{ hab.}) (0.941 \text{ kg/hab-día}) = 136\,067 \text{ kg/día} = 136\,067.66 \text{ ton/día} \\ (136.68 \text{ ton/día}) (30 \text{ días}) = 4\,082.030 \text{ ton}$$

de acuerdo con lo anterior, durante 231 días la generación no se verá influenciada por la población flotante, lo que quiere decir que la aportación de los residuos sólidos será únicamente por parte de la población local. Entonces la generación será:

$$(94\,599 \text{ hab.}) (0.941 \text{ kg/hab-día}) = 89\,017.66 \text{ kg/día} \\ = 89.018 \text{ ton/día} \\ (89.018 \text{ ton/día}) (231 \text{ días}) = 20\,536.079 \text{ ton}$$

Sumando las toneladas generadas por la población flotante y la población local durante un año, se tiene:

$$\text{Generación Pf1} = 9\,845.021 \text{ ton/año} \\ \text{Generación Pf2} = 4\,082.030 \text{ ton/año} \\ \text{Generación PL} = \underline{20\,563.079} \text{ ton/año}$$

$$\text{TOTAL} = \underline{34\,490.130} \text{ ton/año}$$

Por otra parte, la generación de residuos sólidos durante un año sin considerar la generación de la población flotante es de:

$$(89.052 \text{ ton/día}) (365 \text{ días}) = 32\,8503.980 \text{ ton/año}$$

Al comparar los resultados, se observa que la aportación que hace la población flotante respecto a lo que genera la población local, es del 6.1 % de la generación de residuos sólidos, lo que equivale a 1 986.15 toneladas en un año.

Con base en el análisis anterior y sabiendo que en un caso extremo la aportación de residuos por concepto de población flotante no será mayor al 6.1%, se puede considerar que no es un valor representativo que infiera para las estimaciones de la generación de residuos sólidos a futuro.

De acuerdo con lo anterior, y con base en los resultados obtenidos durante un muestreo de generación, (realizado en 1993) aplicado en las diversas fuentes, se realizó la estimación de la generación de los residuos sólidos a 15 años, (a partir de 1995).

Utilizando los valores obtenidos de un análisis de cada una de las diversas fuentes generadoras como lo son domicilios, hospitales, barrido y los clasificados como "otros", en donde se incluyen las instituciones. La aportación de residuos sólidos por tipo de fuente, es como se muestra a continuación:

#### **GENERACION TOTAL POR DIA ESTIMADA PARA MANZANILLO**

Domicilios	89.052 Toneladas
Comercios	7.122
Mercados	2.500
Hospitales	0.143
Otros	5.520
Barrido	3.120
<b>TOTAL</b>	<b>107.757 Toneladas</b>

Tomando en consideración el incremento poblacional que tendrá la localidad, así como sus hábitos de consumo, se espera un aumento en la generación de residuos sólidos, el cual se presenta en la tabla 3.7 "Proyección de la Generación de Residuos Sólidos, donde se presenta la estimación de la generación en toneladas por año, así como el acumulado esperado durante el período 1993-2008, en la localidad de Manzanillo, Colima.

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA**

**PROYECCION DE LA GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS EN  
LA LOCALIDAD DE MANZANILLO, COLIMA**

<b>AÑO</b>	<b>HABITANTES</b>	<b>GENERACION (Ton/día)</b>	<b>GENERACION (Ton/año)</b>	<b>ACUMULADO (Ton/año)</b>
1993	94599	107.757	39331	39331
1994	99488	114.459	41778	81109
1995	104298	119.993	43797	124906
1996	109147	125.572	45834	170740
1997	113996	131.150	47870	218610
1998	118845	136.729	49906	268516
1999	123694	142.308	51942	320458
2000	128543	147.887	53979	374437
2001	133392	153.465	56015	430452
2002	138242	159.045	58051	488503
2003	143091	164.624	60088	548591
2004	147940	170.202	62124	610715
2005	152789	175.781	64160	674875
2006	157638	181.360	66196	741071
2007	162487	186.939	68233	809304
2008	167336	192.517	70269	879573

### **III.3 Sitio alternativo para el proyecto del relleno sanitario**

Una parte importante del servicio de limpia en cualquier comunidad es la referente a la disposición final. La situación ideal es contar con un relleno sanitario de larga vida útil, que esté correctamente diseñado para evitar cualquier tipo de contaminación al ambiente.

En la ciudad de Manzanillo, la situación que se presenta en la actualidad involucra la existencia de un tiradero controlado, esto es, un sitio de disposición final sin la infraestructura requerida para el control de la contaminación; este sitio se diferencia de un tiradero a cielo abierto en que los residuos son cubiertos con una capa de material al final de la jornada de trabajo, si bien no hay una adecuada conformación diaria.

Existen dos diferentes acciones para encontrar la solución más conveniente, al problema de disposición de residuos en dicha ciudad portuaria, ya que se calculaba que el lugar de disposición, denominado Tapeixtles, se encontraba al límite de su vida útil en el año de 1993, por lo que, en primer lugar se debió clausurar ese sitio de tiro, para después llevar a cabo la construcción y operación de un relleno sanitario de larga vida útil.

Al hacer la visita al sitio seleccionado, se observaron diversas características que no cumplen las normas actuales para seleccionar un sitio de disposición para residuos sólidos municipales, cabe señalar que dicho reglamento se hizo vigente en noviembre de 1994, cuando el sitio ya estaba funcionando. En el capítulo V referente al estudio de impacto ambiental del predio, se hará mención de las especificaciones de acuerdo a las normas actuales.

#### **Características generales del sitio seleccionado para la operación de un relleno sanitario.**

La descripción de las características del sitio propuesto para relleno sanitario es muy importante, ya que permite tener una clara idea de la magnitud de afectación de la obra, necesidades de acondicionamiento del terreno y, en general, todos los requerimientos que involucra el proyecto de disposición final de residuos sólidos

De acuerdo a las normas actuales se deberá contar como mínimo con un estudio geofísico y un estudio geohidrológico, con las características que marca el reglamento.

Enseguida se presentan los principales puntos que definen al sitio en estudio:

### **III.3.1 Ubicación geográfica**

La posible ubicación del relleno sanitario, es la base de una pequeña zona de lomeríos, a unos 500 metros al Sureste de la Planta Peletizadora de Peña Colorada, y a unos 100 m al Este de la Quebradora San Agustín (fig.3.5). Sus coordenadas geográficas aproximadas son las siguientes 104° 16' 15" Longitud W y 19° 04' 52" Latitud N. Ver croquis de localización.

### **III.3.2 Uso de suelo**

El terreno propuesto no tiene actualmente un uso específico, y según se pudo apreciar mediante recorridos por el sitio, sólo existen en él palmeras y árboles no frutales con maderas de escaso valor comercial, arbustos y algunas pequeñas zonas de cultivo de temporal poco significativas. Este sitio forma parte del Ejido Jalipa-Tapeixtles.

### **III.3.3 Vías de comunicación**

Para llegar al sitio desde Manzanillo, se encuentra el Bulevar Costero Miguel de la Madrid, y a la altura del Crucero del Pez vela está una desviación rumbo a la ciudad de Colima; posteriormente, hacia la izquierda se pasa por el camino que está entre las instalaciones de PEMEX y CONASUPO. Al finalizar la planta de PEMEX a la derecha hay un camino de terracería de aproximadamente 1 km de longitud. En el camino se llega hasta la Quebradora San Agustín.

Cabe señalar que el camino de terracería se encuentra en muy mal estado, por lo que es necesario contar con un camino más ancho, y posteriormente, pavimentar adecuadamente para soportar el peso de los vehículos de recolección.

### **III.3.4 Características fisiográficas**

El sitio propuesto está localizado en una zona de lomeríos; en él puede observarse la presencia de rocas ígneas intrusivas de constitución granítica. El suelo predominante, está formado por boleos y grava-arena, con escasa presencia de limos.

La excavación de tres pozos a cielo abierto para obtención de muestras representativas de la estratigrafía del sitio (llevada a cabo por el municipio de Manzanillo), no detectó niveles de aguas freáticas a menos de 2.5 m de profundidad y un suelo vegetal arenoso en los primeros 0.50 m. y una mezcla de arenas y grava en los siguientes 1.5 m de profundidad.

Asimismo, un corte litológico profundo efectuado en el sitio indica la presencia

de los siguientes estratos:

<u>Profundidad</u>	<u>Características</u>
0.00 -12.00	Gravas y arenas
12.00-36.00	Boleos y gravas
36.00-40.00	Gravas, arenas y arcillas
40.00-56.00	Boleos y gravas
56.00-78.00	Gravas y arenas con clásticos gruesos

La topografía es sumamente abrupta, con pendientes hasta de 30°, por lo que también se pueden presentar escurrimientos con coeficientes elevados.

### **III.3.5 Hidrología superficial y subterránea**

La zona bajo estudio se encuentra ubicada dentro de la Cuenca de la Laguna de Coyutlán. Por ser una zona de lomeríos, presenta escurrimientos importantes en la temporada de lluvia y ciclones. Los escurrimientos se dirigen hacia el W, esto es, hacia donde se encuentra la quebradora San Agustín.

Fuera de estas corrientes intermitentes, no se tienen otros cuerpos de agua superficiales cercanos al sitio que puedan ser afectados.

En cuanto a las aguas subterráneas, de acuerdo con la Carta Estatal Hidrológica Subterránea 1:250,000 de Colima, indica que dicho sitio queda justamente en el límite de dos zonas con posibilidad de extracción de agua: una con material consolidado de baja permeabilidad (hacia el E del sitio), y otro con material consolidado de alta permeabilidad (hacia el W, esto es, hacia la Bahía de Manzanillo, donde se concentran muchos de los pozos registrados por la Comisión Nacional del Agua), asimismo el flujo de agua subterránea es hacia el SW, concentrándose en la región de la bahía.

### **III.3.6 Flora y fauna**

Se nota la presencia de árboles no frutales de escasa altura y cocoteros de más de 10 m de altura. Las maderas de estas especies vegetales son poco atractivas desde el punto de vista económico. En el sitio se tienen también numerosos arbustos y matorrales.

Respecto a la fauna de la zona, no se tienen especies de gran tamaño. Sólo existen algunas especies de aves, pequeños insectos, roedores y reptiles.

### **III.3.7 Normas de selección**

Dicho sitio ya está siendo utilizado como sitio de disposición de residuos sólidos. Aparentemente no se realizaron los estudios requeridos, por lo que a simple vista, se puede apreciar que dicho lugar podría no cumplir con las especificaciones necesarias para ser destinado a ser relleno sanitario. Se pudieron observar las siguientes condiciones:

- a) A un lado del sitio de disposición se encuentra un canal de lo que parece ser una corriente intermitente, y la presencia de charcos de agua que podrían ser ojos de agua, dicho canal podría ser algún tipo de falla geológica.
- b) No se cuenta con bancos cercanos para la cobertura de material
- c) Según los operadores del sitio el lugar está ya a su máxima capacidad, cuando a penas tiene 2 años de estar operando.

**EL RELLENO SANITARIO COMO SOLUCION  
EN LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LA CIUDAD DE  
MANZANILLO, COLIMA**

**CAPITULO IV**

**DISEÑO FUNCIONAL DEL RELLENO SANITARIO**

**IV.1 Diseño del relleno sanitario**

- IV.1.1 Necesidades de acondicionamiento**
- IV.1.2 Parámetros de diseño**
- IV.1.3 Diseño del frente de trabajo**
- IV.1.4 Diseño de la celdas y niveles del relleno sanitario**
- IV.1.5 Capacidad volumétrica y vida útil**
- IV.1.6 Determinación del material de cobertura**
- IV.1.7 Uso final del sitio**

**IV.2 Ingeniería ambiental**

- IV.2.1 Cálculo de generación de biogás**
- IV.2.2 Control de biogás en el relleno sanitario**
- IV.2.3 Cálculo de generación de lixiviado**
- IV.2.4 Cálculo de la interfase**
- IV.2.5 Requerimientos de impermeabilización y control de lixiviado**
- IV.2.6 Control de fauna nociva**
- IV.2.7 Sistema de monitoreo ambiental**

**IV.3 Ingeniería aplicada**

- IV.3.1 Drenaje pluvial**
- IV.3.2 Camino interior**
- IV.3.3 Drenaje y fosas de colección de lixiviado**
- IV.3.4 Colocación de geomembrana**
- IV.3.5 Pozos de control de biogás y Pozos de monitoreo ambiental**

**IV.4 Infraestructura**

- IV.4.1 Caseta de control y vigilancia**
- IV.4.2 Báscula**
- IV.4.3 Oficinas generales**

- IV.4.4 Cobertizo para maquinaria**
- IV.4.5 Subestación eléctrica**
- IV.4.6 Abastecimiento de agua**
- IV.4.7 Instalaciones hidráulicas y sanitarias**
- IV.4.8 Malla ciclónica galvanizada**
- IV.4.9 Sistema de señalamientos**

7

**EL RELLENO SANITARIO COMO SOLUCION  
EN LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LA CIUDAD DE  
MANZANILLO, COLIMA**

**CAPITULO IV**

**DISEÑO FUNCIONAL DEL RELLENO SANITARIO**

**IV. DISEÑO FUNCIONAL DEL RELLENO SANITARIO**

En el presente capítulo debido a que el sitio ya se encuentra operando como disposición de residuos sólidos, se presenta el diseño como se debió de haber realizado. Al parecer no se hicieron los estudios requeridos para que el lugar pudiera funcionar como relleno sanitario, por lo que en algunos casos se suponen datos únicamente para poder presentar como ejercicio de esta tesis las partes principales en el diseño de un relleno sanitario.

**IV.1.1 Necesidades de acondicionamiento**

Uno de los puntos más importantes en considerar para el desarrollo del proyecto desde el punto de vista económico es el referente al acondicionamiento del terreno para la recepción de residuos sólidos.

Muchos son los factores que influyen en la necesidad de adecuar el sitio para que opere eficientemente como relleno sanitario. Entre estos se encuentran:

- Existencia de una vegetación muy espesa.
- Elevado coeficiente de escurrimiento.
- Alta permeabilidad del suelo.
- Topografía irregular.
- Falta de camino de acceso adecuado.

En base a lo anterior, las siguientes acciones son recomendables como parte de las obras de construcción del relleno sanitario:

- Desmonte, despalle y nivelación del terreno.
- Compactación del suelo natural.
- Colocación de una cubierta impermeable natural de 15 cm de espesor en toda la superficie útil del relleno sanitario, a base de material semi-arcilloso compactado al 80 % de la prueba PROCTOR standard como mínimo.
- Construcción de canales para desvío de aguas pluviales y captación de lixiviado para su manejo y/o tratamiento.
- Ampliación y pavimentación del camino de acceso actual.
- Construcción de caminos interiores en el sitio de disposición.

#### IV.1.2 Parámetros de diseño

El establecimiento de los parámetros confiables es una parte fundamental, ya que serán utilizados para el desarrollo de los cálculos que intervienen en el diseño del relleno sanitario.

La información utilizada para el establecimiento de los parámetros de diseño es obtenida de los estudios previos y como se mencionó anteriormente, no se contó con todos los estudios requeridos, por lo que en algunos casos se utilizarán datos supuestos utilizados en otros rellenos con características semejantes al de Manzanillo.

Los parámetros a considerar para el diseño del relleno sanitario se presentan a continuación:

Tipo de residuos a recibir	Municipales
Horario de recepción	24 Horas
Días del año trabajados	312
Cantidad de residuos a recibir	98 ton/día promedio
Peso volumétrico de residuos en relleno	0.85 ton/m <sup>3</sup>
Impermeabilización	Limo arcilloso
Material de cobertura	Tepetate
Material de cobertura final	Tierra vegetal
Espesor de material de cobertura intermedio	0.25 m abundado y 0.20 comp.
Espesor de mat. de cob. para capa final	0.60 m
Impermeabilización	Geomembrana de HDPE de 1mm de espesor

#### IV.1.3 Diseño del frente de trabajo

El diseño del frente de trabajo consiste en la determinación del ancho mínimo que se debe tener en las zonas de tiro de residuos sólidos diariamente, de manera que se optimice el rendimiento de la maquinaria, la compactación de los residuos, el material de cubierto diario, y sean expeditas las maniobras de los vehículos que descargan los residuos.

Para el diseño de frente de trabajo, se utilizan una serie de datos en base a estudios realizados en rellenos sanitarios similares. Asimismo, se dividieron los vehículos usuarios del relleno sanitario en dos tipos: los de descarga lenta (que son vehículos que no poseen mecanismos para su descarga, la cual se hace manualmente), y los de descarga rápida (que si tienen mecanismo de descarga).

Los datos se resumen a continuación:

Toneladas diarias	98
Horas pico	12:00-13:00

No. vehículos que ingresarán al sitio:

		<u>Tiempo de descarga</u>	<u>Ancho</u>	<u>Dist. entre vehic.</u>
Descarga lenta	7 Veh/día	30 min	2.40 m	2.50 m
Descarga rápida	26 Veh/día	8 min	2.40 m	2.50 m

Promedio estimado de vehículos en horas pico: 11 vehículos

6 descarga lenta (55 %)

5 descarga rápida (45%)

Cálculos del frente de trabajo:

*Intervalo de entrada:*

Descarga lenta  $i = 60 \text{ min}/6 \text{ veh} = 10 \text{ min/veh} = 10'00''$

Descarga rápida  $i = 60 \text{ min}/5 \text{ veh} = 12 \text{ min/veh} = 12'00''$

*Ancho del frente de trabajo:*

Se considera un frente para un período crítico de 10 min. en la hora pico. Entonces:

$$\text{Ancho} = (2 \times 2.50) + (2 \times 2.50) = 10.00 \text{ m}$$

Aplicando un factor de seguridad del 35 % se tiene:  $1.35 \times 10 = 13.5 \text{ m}$

En vista de lo anterior, se concluye que el frente de trabajo será de 15 m, el cual podría llegar a variar hasta 25 m. En la figura 4.1 se muestran las dimensiones de frente de trabajo con referencia a la hora pico de operación del relleno sanitario.

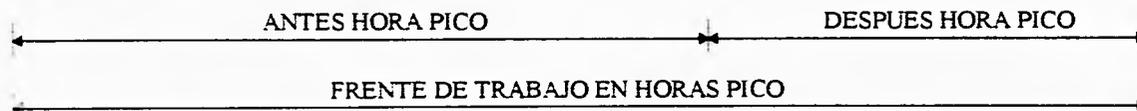
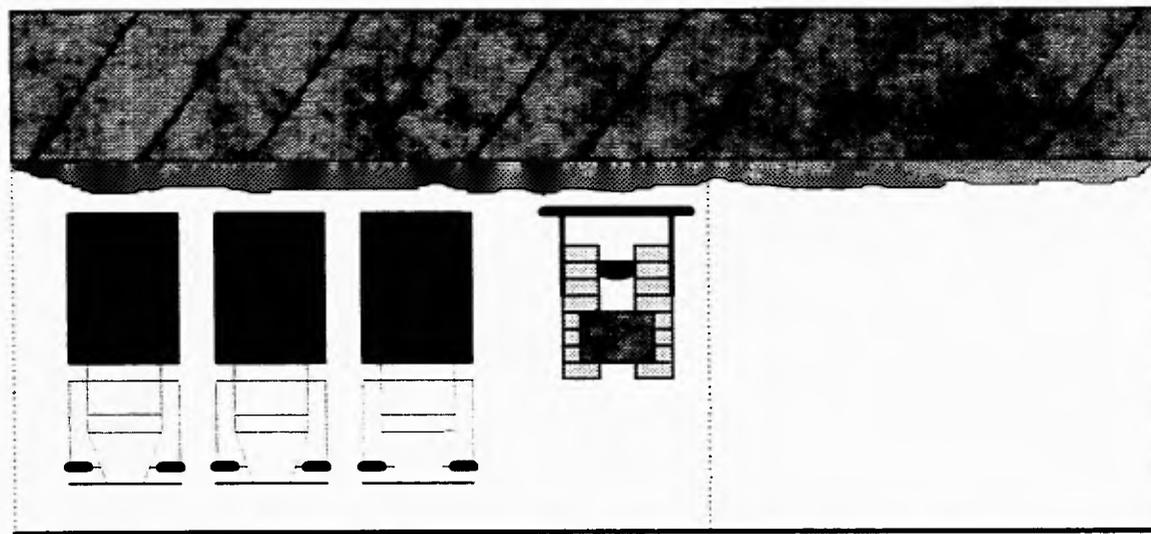
#### **IV.1.4 Diseño de la celdas y niveles del relleno sanitario**

##### **Diseño de celdas**

De acuerdo a las condiciones del terreno lo más adecuado en el sistema de operación para este relleno sería un método combinado de zanja y área; para poder llevarlo a cabo, es necesaria la construcción de las celdas formadas por los caminos construidos.

Los espesores de diseño partiendo de la altura tipo de una celda, pueden ser como se muestra en la tabla 4.1.

# DISEÑO DEL FRENTE DE TRABAJO



**FIGURA 4.1**

**TABLA 4.1**

<b>ESPEORES DE MATERIALES PARA UNA CELDA TIPO</b>	
<b><u>TIPOS DE MATERIALES</u></b>	<b><u>CENTRO DE LA CELDA</u></b> <b><u>(METROS)</u></b>
Material de preparación	0.30
Material de drenaje (arena)	0.30
Material de protección	0.40
Primer nivel de residuos sólidos	3.00
Primera capa de material de cobertura	0.20
Niveles subsecuentes de residuos sólidos	3.00
Niveles subsecuentes de capa de material de cobertura	0.60
Capa final de material de cobertura	0.20
Capa final de tierra vegetal	0.50

### **Niveles de relleno**

Se deberá crecer en sentido NW-SE cubriendo desde la cota mas baja hasta la superior. en sentido vertical y según los niveles predeterminados del diseño. Las alturas se tomarán al centro de las celdas, éstas serán en total de 17 m, dentro de las cuales cada nivel de residuos será de 3 m, excepto en el nivel de excavación el cual será llenado con dos niveles de residuos de 2.5 m cada uno.

Las pendientes de las celdas, a fin de lograr las alturas mencionadas y para facilitar el escurrimiento de drenaje pluvial, serán del 3 %.

Los límites de las celdas son los caminos propios del relleno sanitario. La sección de la celda estará conformada por un talud formado con residuos ya cubiertos, con una pendiente de 3:1 hasta lograr la altura de 3 m, que se especificó en el primer nivel de la celda. Posteriormente se creará una superficie recta plana que hará función de camino perimetral de los niveles subsecuentes, el cual será de un ancho de 5 m para todas las celdas.

Respecto a los espesores de los diversos materiales que se utilizarán en el relleno sanitario, se tiene que básicamente se conforman por material de preparación limoarcilloso, geomembrana de 1 mm de espesor, arena en un espesor de 0.30 m, material o suelo de protección con un espesor de 0.40 m, primer nivel de residuos, primera capa de material de cubierta, niveles subsecuentes de residuos sólidos con sus consecuentes capas de material de cubierta; una vez logrado el nivel definitivo, se colocará la capa final de material de cobertura y de tierra vegetal.

#### **IV.1.5 Capacidad volumétrica y vida útil**

Para la determinación de la capacidad volumétrica y vida útil del futuro relleno sanitario, se tomó como punto de partida el plano topográfico de la Dirección de Obras y Servicios Públicos de Manzanillo 92-94, escala 1:1000, denominado "Plano de configuración con curvas de nivel del terreno del basurero ubicado en el ejido de El Colomo, Manzanillo, Colima".

Este plano muestra curvas de nivel a cada 10 metros, desde la cota 90 hasta la 200. Proyectando curvas a cada 3 metros (por ejemplo, delineando las cotas 93 y 96, 103 y 106, etc.) adicionales a las que señala el plano, se puede diseñar un avance de llenado desde la parte inferior del sitio hacia la superior (dirección NW-SE, de acuerdo con el plano referido), por medio de terrazas de 3 metros de altura y taludes de 3:1.

Bajo las anteriores consideraciones, se puede determinar la capacidad volumétrica del sitio de disposición. Los resultados de capacidad volumétrica y capacidad de tonelaje, suponiendo un grado de compactación de los residuos de 0.850 ton/m<sup>3</sup>, se presentan en la tabla 4.2. Al comparar los datos de dicha tabla con los que se presentan en la tabla 4.3, (referida a la proyección de generación de residuos para los próximos 15 años en la localidad de Manzanillo), se observa que la vida útil del nuevo sitio de disposición será de 11 años.

Si el relleno hubiera comenzado a operar en 1994, el volumen disponible considerado sería suficiente para cubrir las necesidades de disposición de basura de la ciudad de Manzanillo hasta el año 2004.

Para realizar una programación de llenado del terreno se debe de analizar la topografía del sitio, misma que nos permitirá analizar la vida útil real del sitio, calculando el volumen total de las celdas diseñadas. Esta tesis no muestra el llenado de acuerdo a las celdas del relleno, debido a que no se pudo contar con el plano topográfico utilizado para el cálculo de capacidad volumétrica del sitio. Por lo que a continuación se presenta como ejercicio de esta tesis el desarrollo de la vida útil real del relleno.

Para conocer el tiempo de uso que se le puede dar a un relleno es necesario calcular su vida útil, para ello, se determinan las siguientes actividades:

##### **a) Volumen útil real**

De la tabla 4.4 se puede observar que el volumen total que se dispone para la construcción del relleno sanitario es de 719118 m<sup>3</sup>, de los cuales 610716 m<sup>3</sup> están disponibles para depositar residuos sólidos, 56796 m<sup>3</sup> serán ocupados por el material de cobertura compactado, 30230 m<sup>3</sup> por material de preparación, 21375 m<sup>3</sup> por arena de dren y 40307 m<sup>3</sup> por material de protección.

DIAGNOSTICO EN EL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA

**CAPACIDAD VOLUMETRICA DEL NUEVO SITIO DE DISPOSICION**

CURVA DE NIVEL	AREA (M2)	VOLUMEN (M3)	MAT. COBERT. (M3)	VOL. UTIL (M3)	DENSIDAD (TON/M3)	RESIDUOS (TON)
90	19630					
93	11550	46770	7016	39755	0.85	33792
96	12490	36060	5409	30651	0.85	26053
100	15050	41310	6197	35113	0.85	29846
103	15630	46020	6903	39117	0.85	33249
106	17820	50175	7526	42649	0.85	36252
110	16640	51690	7754	43937	0.85	37346
113	16450	49635	7445	42190	0.85	35862
116	17780	51345	7702	43643	0.85	37097
120	18550	54495	8174	46321	0.85	39373
123	16570	52680	7902	44778	0.85	38061
126	17290	50790	7619	43172	0.85	36695
130	16550	50760	7614	43146	0.85	36674
133	16620	49755	7463	42292	0.85	35948
136	16080	49050	7358	41693	0.85	35439
140	16670	49125	7369	41756	0.85	35493
150	26320	64485	9673	54812	0.85	46590

**TOTAL: 573769**

**DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS  
CIUDAD MANZANILLO, COLIMA**

**PROYECCION DE LA GENERACION DE RESIDUOS  
SOLIDOS EN LA LOCALIDAD DE MANZANILLO, COLIMA**

<b>AÑO</b>	<b>HABITANTES</b>	<b>GENERACION (Ton/día)</b>	<b>GENERACION (Ton/año)</b>	<b>ACUMULADO (Ton/año)</b>
1993	94599	107.757	39331	39331
1994	99488	114.459	41778	81109
1995	104298	119.993	43797	124906
1996	109147	125.572	45834	170740
1997	113996	131.150	47870	218610
1998	118845	136.729	49906	268516
1999	123694	142.308	51942	320458
2000	128543	147.887	53979	374437
2001	133392	153.465	56015	430452
2002	138242	159.045	58051	488503
2003	143091	164.624	60088	548591
2004	147940	170.202	62124	610715
2005	152789	175.781	64160	674875
2006	157638	181.360	66196	741071
2007	162487	186.939	68233	809304
2008	167336	192.517	70269	879573

**PROYECTO EJECUTIVO DE RELLENO SANITARIO  
MANZANILLO, COLIMA  
VOLUMEN UTIL POR CELDA  
Valores en m3**

CELDA	VOLUMEN DE RESIDUOS	VOLUMEN DE MATERIAL DE COBERTURA COMPACTADO	VOLUMEN DE MATERIAL DE PREPARACION (ARCILLA)	VOLUMEN DE ARENA	VOLUMEN MATERIAL DE PROTECCION (SUELO)	VOLUMEN TOTAL
<b>A</b>	101786	9466	5038	3563	6717.876	126571
<b>B</b>	101786	9466	5038	3563	6717.876	126571
<b>C</b>	101786	9466	5038	3563	6717.876	126571
<b>D</b>	101786	9466	5038	3563	6717.876	126571
<b>E</b>	101786	9466	5038	3563	6717.876	126571
<b>F</b>	101786	9466	5038	3563	6717.876	126571
<b>TOTAL</b>	610716	56797	30230	21375	40307	
<b>ACUMULADO</b>	610716	667513	697743	719118	759425	759425

#### **b)Toneladas de residuos a depositar anualmente**

La cantidad de residuos a depositar anualmente se determinó en función de la generación de residuos generados y del número de días que operará anualmente el relleno.

El relleno operará 312 días al año, ya que se considera una operación de lunes a sábado, de acuerdo al siguiente planteamiento.

	<u>DIAS</u>
TOTAL DE DIAS DEL AÑO EN QUE SE GENERAN RESIDUOS	365
DIAS QUE NO INGRESAN AL AÑO	53
DIFERENCIA	312

En la tabla 4.3 "GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS" se presenta el cálculo de residuos sólidos que ingresarán anualmente al relleno. Tomando como base iniciar en 1994 con un ingreso promedio de 134 toneladas, esto es 41832 metros cúbicos durante ese año.

#### **c)Vida útil**

En la tabla 4.5 se presenta el CALCULO DE LA VIDA UTIL para el relleno, determinado en función del volumen de residuos que ingresarán anualmente y del volumen disponible por celda.

#### **d)Programación y calendarización**

La programación y calendarización de actividades se elabora a partir del diseño de celdas y niveles del relleno sanitario así como de su vida útil. Tomando en cuenta las actividades a realizar dentro del sitio.

Las actividades de preparación de las celdas se lleva a cabo en los primeros meses de la operación del relleno en 1994, en tanto que la operación del relleno costará de actividades relativamente constantes que se verificarán desde el inicio hasta el término de la vida útil del sitio en el 2004. Ver tabla 4.6.

#### **IV.1.6 Determinación del material de cobertura**

En un relleno sanitario, la cobertura diaria o frecuente de los residuos sólidos tiene una doble finalidad. Por un lado, disminuye la entrada de agua pluvial a los estratos de desechos por efecto de retención temporal de humedad (lo que facilita la evaporación) y en menor medida por los escurrimientos de agua hacia afuera de la celda diaria. Esto trae aparejada una reducción en la cantidad de lixiviado a generar y, consecuentemente, en la posibilidad de contaminación al manto de aguas subterráneas.

El material de cobertura más adecuado para un sitio de disposición final particular debe seleccionarse teniendo en cuenta dos criterios importantes: a)técnico y b)económico. Desde el punto de vista técnico, el mejor material será aquel que tenga el valor de permeabilidad más bajo posible y, además,

**PROYECTO EJECUTIVO DE RELLENO SANITARIO  
MANZANILLO, COLIMA  
VIDA UTIL  
Valores en m3**

CELDA	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	TOTAL
A	51955	54466	13432									119853
B			43567	59531	16755							119853
C					45308	64595	9950					119853
D							57178	62675				119853
E								6985	72192	40676		119853
F										34049	77257	111306
SUBTOTAL	51955	54466	56999	59531	62063	64595	67128	69660	72192	74725	77257	
ACUMULADO	51955	106421	160887	217886	277417	339480	404075	471203	540863	613055	687780	710571

que evite la creación de túneles por los roedores, así como también debe de evitar la salida de gas a la atmósfera. Las tablas 4.6 y 4.7 muestran algunos datos del volumen de agua infiltrable a través de distintos tipos de material usado para cobertura de residuos.

Sin embargo, considerando el aspecto económico, el material de cobertura se obtendrá tomando de un banco de préstamo cercano al sitio de disposición; con el propósito de reducir los costos por transportación de material.

Se colocará el material de cobertura para cada uno de los niveles del relleno sanitario; en los primeros, se cubrirán los residuos con una capa de 25 cm de material. Una vez compactada, dicha capa deberá tener un espesor de 20 cm. Para la capa final se consideró una capa de 60 cm de tepetate y 50 cm de tierra vegetal.

#### **IV.1.7 Uso final del sitio**

Normalmente, un sitio de disposición final clausurado se destina para la creación de áreas verdes, campos deportivos u otro tipo de áreas de esparcimiento. Sin embargo, por la ubicación del relleno y su relativa lejanía a los asentamientos humanos, se considera que no es conveniente adaptar el sitio clausurado para dichos fines. Únicamente se deberán seguir las indicaciones, principalmente de señalización y cercado del lugar para prevenir daños y accidentes.

### **IV.2 Ingeniería ambiental**

#### **IV.2.1 Cálculo de generación de biogás**

La materia orgánica biodegradable contenida en los residuos sólidos se ve sujeta a descomposición microbiana en un relleno sanitario. Al principio, dicha descomposición ocurre bajo condiciones aerobias, debido a que cierta cantidad de aire queda atrapado en el estrato de residuos una vez que se coloca el material de cobertura. No obstante, al agotarse el oxígeno del aire comienza a desarrollarse un proceso de descomposición más prolongado en condiciones anaerobias.

El biogás puede causar explosiones debido a que su principal componente es el metano (CH<sub>4</sub>).

La densidad del biogás es un factor que incide en su peligrosidad. Con un 35% de contenido de CO<sub>2</sub> su densidad es de 1.09 g/l, menor al valor normal de la del aire (1.293 g/L), por lo que puede diluirse en él fácilmente.

Si la proporción de CO<sub>2</sub> rebasa el 46%, el biogás es más denso que el aire y se vuelve muy peligroso (por ejemplo, si llega a 0.1 % de monóxido de carbono, es fatal en cuatro horas; un contenido de 0.6% de ácido sulfhídrico lo torna letal en menos de media hora).

Etapa aerobia: el producto formado en mayor proporción es el CO<sub>2</sub>, puede durar de unos días a varios meses, dependiendo de la velocidad de descomposición.

## CLASIFICACIONES GENERALIZADAS DE LA ADECUABILIDAD DE VARIOS TIPOS DE SUELOS PARA USO COMO MATERIALES DE RECUBRIMIENTO DE RELLENOS SANITARIOS

	GRAVA LIMPIA	GRAVA LIMO ARCILLOSA	ARENA LIMPIA	ARENA LIMO ARCILLOSA	LIMO	ARCILLA
EVITA QUE LOS ROEDORES SAQUEN SUELO O HAGAN TUNELES	B	R-B	B	P	P	P
IMPIDE LA SALIDA DE MOSCAS	P	R	P	B	B	Eb
MINIMIZA LA ENTRADA DE LA HUMEDAD AL RELLENO	P	R-B	P	B-E	B-E	Eb
MINIMIZA LA SALIDA DE GAS A TRAVES DE LA CUBIERTA DEL RELLENO	P	R-B	P	B-E	B-E	Eb
DA UNA APARIENCIA AGRADABLE Y CONTROLA EL VUELO DE PAPELES	E	P	P	P	P	E
SOPORTA VEGETACION		B	P-F	E	B-E	B-E
SALE GAS DE LA DESCOMPOSICION (ES PERMEABLE)	E	P	P	P	P	P

- a. E, EXCELENTE; B, BUENO; R, REGULAR; P, POBRE  
 b. EXCEPTO CUANDO HAY GRIETAS A LO LARGO DE TODA LA CUBIERTA  
 c. SOLO SI ESTA BIEN DRENADO

REF.: DETERMINACION DEL RIESGO DE CONTAMINACION DE AGUAS SUBTERRANEAS.CEPIS.

EQUIPO DE TRABAJO  
 ESTE TRABAJO HA SIDO  
 REALIZADO EN EL  
 MARCO DE LA  
 INVESTIGACION

**TABLA 4.6**

**VOLUMEN TEORICO DE AGUA QUE PUDIERA ENTRAR EN UN RELLENO SANITARIO TERMINADO A TRAVES DE UN PIE CUADRADO DE VARIOS MATERIALES DE RECUBRIMIENTO EN UN DIA**

<b>MATERIAL DE RECUBRIMIENTO</b>	<b>VOLUMEN DE AGUA (EN GALONES) m3</b>
<b>ARENA GRUESA UNIFORME</b>	<b>9.970</b>
<b>ARENA MEDIA UNIFORME</b>	<b>2.490</b>
<b>ARENA Y GRAVA LIMPIA BIEN GRADUADA</b>	<b>2.490</b>
<b>ARENA LIMOSA Y GRAVA BIEN GRADUADA</b>	<b>9.700</b>
<b>ARENA LIMOSA</b>	<b>2.200</b>
<b>LIMO UNIFORME</b>	<b>1.200</b>
<b>ARCILLA ARENOSA</b>	<b>0.120</b>
<b>ARCILLA LIMOSA</b>	<b>0.022</b>
<b>ARCILLA (39 A 50% TAMAÑOS DE ARCILLA)</b>	<b>0.0022</b>
<b>ARCILLA COLOIDAL</b>	<b>0.000022</b>

NOTA: LA RELACION DE 1 GALON ES IGUAL A 0.003785 METROS CUBICOS

TABLA 4.7

7

**Etapa anaerobia:** en esta etapa la producción de metano adquiere un carácter francamente ascendente y no varían los porcentajes de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> con el tiempo.

Diversos análisis, tanto técnicos como empíricos se han hecho con el fin de poder estimar la producción de biogás por los residuos sólidos. En la tabla 4.8 se presenta un condensado de algunos de los resultados obtenidos.

<b>ANALISIS</b>	<b>PRODUCCION DE BIOGÁS (L/kg)</b>
Estimación teórica, a partir de residuo municipal de E.U.	520
Estimación teórica, con base en peso de material biodegradable	100-300
Medición en laboratorio, digestión anaerobia con lodos de drenaje	210-260
Lisímetro o contenedor cerrado, por períodos de 1-3 años	0.5-40
Rellenos sanitarios, con datos de corto plazo	50-400

**TABLA 4.8**

Haciendo una evaluación de los resultados presentados en la tabla 4.8 y considerando las variables que influyen en la producción de biogás en un sitio de disposición, puede tomarse como confiable un intervalo de 100-250 L boinas/kg de residuo municipal. Para el relleno sanitario de Manzanillo, Colima se tenía considerado únicamente ventear el boinas a la atmósfera, y preferentemente quemarlo, para evitar riesgos de altas concentraciones de metano en un área reducida si no llegara a haber dispersión del biogás por baja velocidad de los vientos o escasa diferencia de densidades con el aire atmosférico.

#### **IV.2.2 Control de biogás en el relleno sanitario**

Existen diferentes alternativas de uso o tratamiento del biogás que se produce en un relleno sanitario. Principalmente en los países industrializados, el biogás se ve sometido a varios procesos, con objeto de aumentar el poder calorífico del gas y hacer más atractivo su aprovechamiento, desde el punto de vista económico.

No obstante, el dar un cierto uso al biogás depende de diversos factores, entre los que se encuentran principalmente: la existencia de una demanda local del biogás para un fin determinado y la elaboración de un estudio de factibilidad técnica y económica del proyecto.

7

Por lo anterior, y dadas las condiciones sociales y económicas que prevalecen en la zona de estudio, se considera que no es viable la utilización de boinas con algún fin determinado. En consecuencia lo más factible es ventear el boinas a la atmósfera, por medio de pozos de venteo.

En términos generales, un pozo de venteo es un orificio o ducto que cruza verticalmente el estrato de residuos sólidos hasta la superficie del relleno sanitario. El pozo tiene un cierto "radio de influencia".

Por lo general, los valores del radio de influencia más comunes que se consideran para la determinación del número de pozos de venteo de boinas en un relleno sanitario van de 40 a 60 m. Existen igualmente distintos arreglos en la ubicación de los pozos, de manera que sus líneas circulares de influencia se traslapen, y se mejore de esta manera la captación del gas que se esté generando.

En la figura 4.2 se presenta un corte esquemático de la posible construcción de pozos de venteo en el relleno de Manzanillo, Colima.

En algunos casos se recomienda un quemador, sobre la boca del tubo principalmente en zonas donde se presentan inversiones térmicas, aunque en el sitio no se presenta el caso, sí se consideran para el presente diseño.

#### **IV.2.3 Cálculo de generación de lixiviado**

Uno de los factores que requieren más atención durante la etapa de diseño de un relleno sanitario es el referente a la generación de lixiviado, debido a las posibles repercusiones que puede tener sobre la calidad del agua subterránea en la zona de influencia.

El lixiviado se produce como resultado de la percolación de agua a través de los residuos sólidos y la compactación que sufren éstos al verse sometidos a la acción de una fuerza externa, como puede ser el propio peso de residuos sólidos depositados en capas superiores. Asimismo, se produce por efecto del metabolismo ocasionado por los microorganismos presentes en los residuos. Un esquema simplificado de estos procesos se presenta en la figura 4.3.

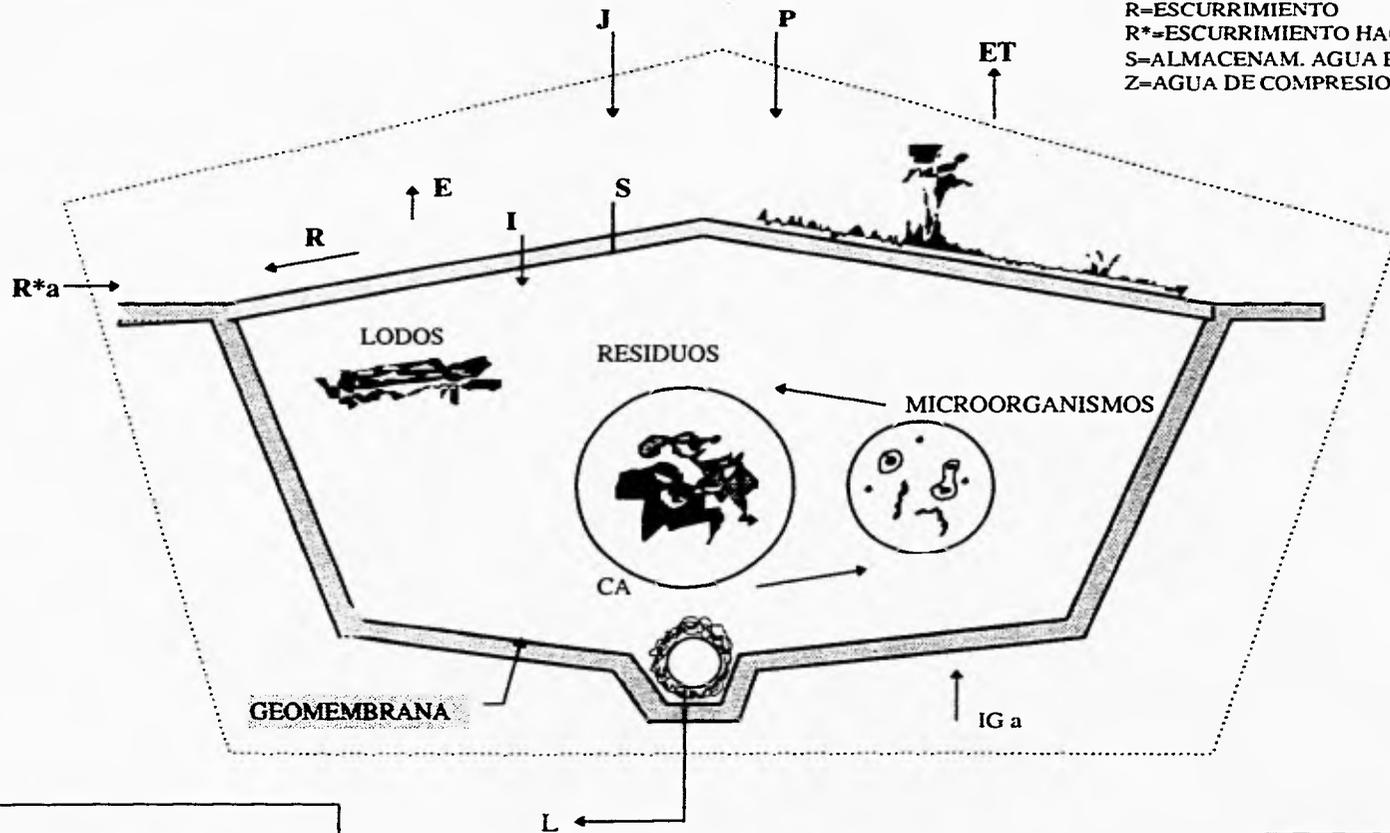
Debido a la carga de elementos contaminantes, el lixiviado representa un impacto potencial cuando el relleno sanitario se construye en una zona con presencia de agua subterránea, especialmente si ésta funciona como fuente de abastecimiento de agua potable para la población aledaña y si los estratos naturales del terreno son porosos.

Dependiendo de la estratigrafía del terreno, suele presentarse migración lateral de lixiviado, aflorando en zonas más bajas, con el consecuente deterioro de la calidad del suelo y la vegetación. Asimismo, el lixiviado puede alcanzar cuerpos superficiales de agua tales como ríos o lagos, contaminándolos.

# BALANCE HIDRICO PARA EL MODELO DE ESTIMACION DE LIXIVIADO EN EL RELLENO SANITARIO

## NOMENCLATURA

CA=CAP. ABSORCION DE RESIDUOS  
 E=EVAPORACION  
 Hc=HUMEDAD CONS. FASE AEROBIA  
 I=INFILTRACION  
 IG=INTRUSION AGUA SUBTERRANEA  
 J=RECIRC. LIXIVIADO Y/O RIEGO  
 ET= EVAPOTRANSPIRACION  
 L=LIXIVIDADADO  
 P=PRECIPITACION  
 R=ESCURRIMIENTO  
 R\*=ESCURRIMIENTO HACIA ADENTRO  
 S=ALMACENAM. AGUA EN CUBIERTA  
 Z=AGUA DE COMPRESION DE LODOS



## NOTAS:

..... VOLUMEN DE CONTROL  
 a NO SE PRESENTARA EN EL SITIO

**FIGURA 4.3**

Por lo anterior, queda de manifiesto la importancia de conocer los factores que intervienen en la generación de lixiviado, con el fin de minimizar su influencia o prever las medidas de control adecuadas. En términos generales dichos factores son:

a) Infiltración de agua, que tiene tres variables importantes:

- Precipitación pluvial
- Cubierta final e intermedia
- Evaporación-Evapotranspiración

b) Características de los residuos sólidos

- Tipo
- Porcentaje de humedad y capacidad de absorción de agua
- Tamaño y grado de compactación
- Desarrollo de canalizaciones en el estrato de residuos

c) Actividades microbianas

- Tiempo de retención
- Naturaleza de los materiales
- Temperatura
- Relación Carbono/Nitrógeno
- Potencial de Hidrógeno
- Sustancias tóxicas

d) Etapa del relleno sanitario y eficiencia en su operación

e) Intrusión de agua subterránea

### **Método de cálculo para estimación de la generación de lixiviado**

Con base en el análisis de los factores que propician la generación de lixiviado, se han desarrollado diversos modelos matemáticos para la estimación de dicha generación. Los modelos parten de un balance hídrico en un volumen de control (que corresponde al propio relleno sanitario).

El modelo matemático de estimación de la generación de lixiviado para el relleno sanitario de Manzanillo, Colima, es el siguiente:

#### **PRIMERA ETAPA**

**Durante la operación del relleno sanitario:**

$$L_v = (P + H_L) - (E + CA + H_c)$$

#### **SEGUNDA ETAPA**

**Después del cierre del relleno sanitario:**

$$L_v' = P - (E + R + DS + H_c) \text{ si } 0 < t < 2 \text{ años después del cierre}$$

$$L_v' = P - (ET + R + DS + H_c) \text{ si } t > 2 \text{ años después del cierre}$$

donde:

$L_v$  = volumen de lixiviado producido antes del cierre del relleno

$P$  = volumen de precipitación

$H_L$  = humedad liberada de la fase aerobia

$E$  = volumen de agua perdida por evaporación

$CA$  = capacidad de absorción de los residuos

$H_c$  = humedad consumida de la fase anaerobia

$L_v'$  = volumen de lixiviado producido después del cierre del relleno

$P$  = volumen de precipitación

$ET$  = volumen de agua perdida por evapotranspiración

$R$  = volumen de agua perdida por escurrimiento

$S$  = volumen de agua retenida por la cubierta final

## PRIMETA ETAPA

### Precipitación y evaporación

$$P = 78.32 \text{ mm}$$

$$E = 142.48 \text{ mm}$$

### Capacidad de absorción de los residuos

$CA$  = Capacidad de campo - Contenido de humedad (% en volumen)

Se considerará una capacidad de campo de 40% y un contenido de humedad del 20% en volumen.

$$CA = 40 - 20 = 20\%$$

$$= 200 \text{ mm de agua/m de capa de residuo}$$

Considerando una altura promedio del relleno de 20 m, la capacidad de absorción de los residuos será:

$$200 \text{ mm agua/m capa de residuos} \times 20 \text{ m} = 4000 \text{ mm}$$

### Humedad liberada de la fase aerobia

Cada metro cúbico de residuos generará por acción metabólica en fase aerobia, 37 gramos de agua; esto es 0.035 L  $H_2O/m^3$  de residuo.

Si este último resultado se considera como una columna de agua, se tendrá un equivalente de 0.037 mm/m de líquido percolado; para propósitos prácticos, este valor se considerará como cero, ya que es muy poco significativo.

### Humedad consumida en la fase anaerobia

Se tiene que el agua consumida en fase anaerobia es igual a 55 L H<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup> residuos. Por lo tanto, se tiene que el agua consumida en fase anaerobia, expresada como columna de agua, será de 55 mm/m<sup>3</sup>, la cual será considerada constante a lo largo del tiempo.

Cada valor mensual de lixiviado se calcula mediante la fórmula:

$$L_v = (P + H_L) - (E + C_A + H_c)$$

Cuando se da un resultado negativo significa que los parámetros que impiden o minimizan la producción de lixiviado son mucho mayores que aquellos que la promueven. Según se aprecia en la tabla 4.9, debido a las condiciones de alta evaporación en la zona de Manzanillo, así como la alta capacidad de absorción de humedad por los residuos sólidos, no se prevé una generación real de lixiviado.

Por lo anterior, en las tablas obtenidas se anotó un valor cero, en vez de valores negativos, que significa nula generación de lixiviado.

### SEGUNDA ETAPA: TIEMPO DESPUES DE CLAUSURA < 2 AÑOS

**Escurrecimiento (R).**- se determina

$$R = C \times P \quad \text{donde:} \quad \begin{array}{l} P = \text{precipitación} \\ C = \text{coeficiente de escurrecimiento} \end{array}$$

De acuerdo a las características finales del relleno sanitario  $C=0.72$

**Evaporación (E).**- para esta etapa aún predomina la evaporación sobre la evapotranspiración que pudiera presentarse, debido a que se considera que el crecimiento de la vegetación inducida es aún muy pobre. Por lo tanto se aplican los valores promedio tomados de la estación de Manzanillo.

**Capacidad de almacenamiento de agua del suelo.**- Es importante recalcar que en el momento en que se realizó el estudio aun no se tenía localizado el banco de material para ocupar en el relleno, por lo que los cálculos efectuados se llevan a cabo con un supuesto material que determinará las funciones que se presentan a continuación. Ver tabla 4.10.

### SEGUNDA ETAPA: TIEMPO DESPUES DE CLAUSURA > 2 AÑOS

**Evapotranspiración.**- La ecuación desarrollada por Thornthwaite para el cálculo de la evapotranspiración potencial es:

$$PE = 16 ( 10 T_i / I_t ) C_i$$

donde PE= evapotranspiración potencial en el mes (mm/mes)

## METODO DE BALANCE DE AGUA PARA EL RELLENO SANITARIO DE MANZANILLO, COLIMA

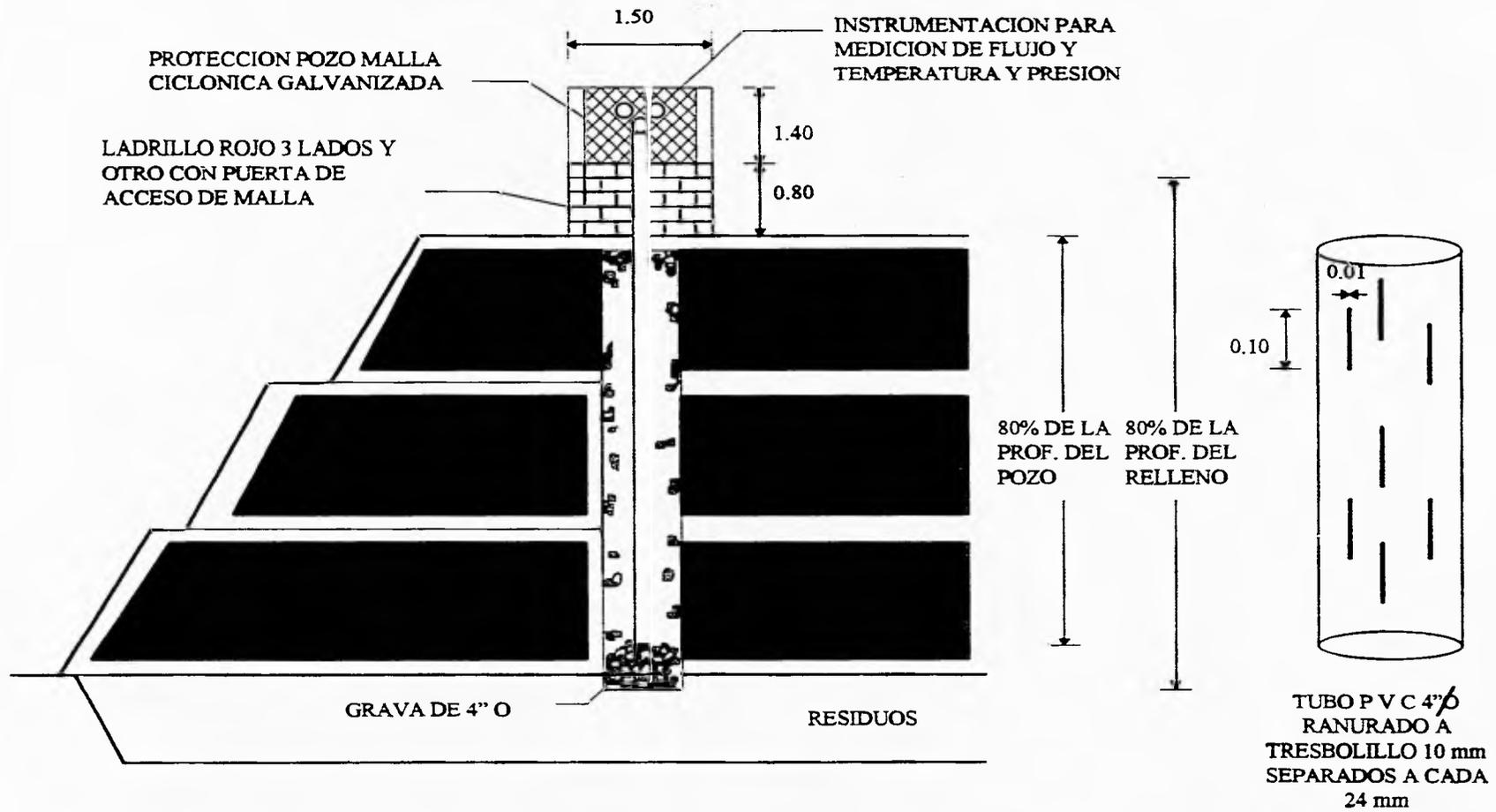
DURANTE LA OPERACION

PARAMETRO / MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Nov	Dic	Anual
Precipitación <b>P</b>	33.30	4.60	0.30	0.10	11.60	107.10	189.80	259.20	102.30	45.30	14.30	14.30	939.80
Humedad liberada <b>HL</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Evaporación <b>E</b>	115.83	127.16	162.25	165.08	182.38	171.86	150.97	150.52	132.53	129.68	117.79	103.75	1709.80
Capacidad de absorción <b>CA</b>	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Humedad consumida <b>Hc</b>	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Lixiviado <b>LV</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

$$LV = (P + HL) - (E + HC + CA)$$

**TABLA 4.9**

## CONSTRUCCION DE POZOS DE BIOGAS



**FIGURA 4.3**

METODO DE BALANCE DE AGUA PARA EL RELLENO SANITARIO DE  
MANZANILLO, COLIMA

POSTERIOR AL CIERRE HASTA T=2 AÑOS

PARAMETRO / MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Nov	Dic	Anual
Precipitación P	33.3	4.6	0.3	0.1	11.6	107.1	172.0	189.8	259.2	102.3	45.3	14.3	939.8
Evaporación E	115.8	127.2	162.3	165.1	182.4	171.9	151.0	150.5	132.5	129.7	117.8	103.8	1709.8
Escurrimiento R	9.0	1.2	0.1	0.0	3.1	28.9	46.4	51.2	70.0	27.6	12.2	3.9	253.7
Humedad consumida Hc	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
Lixiviado LV	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

$$L = P - (E + R + Hc)$$

$T_i$  = temperatura media mensual ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $a = 6.75 \times (10^{-2} \times l_i^2) + 7.71 \times (10^{-5} \times l_i^3) + 1.79 \times (10^{-2} \times l_i) + 0.4$   
 $l_i$  = índice térmico anual  
 $C_i$  = Coeficiente de corrección, relativo al mes, el cual toma en cuenta la variación de la longitud del día según la latitud geográfica del sitio

Una vez que se tienen todos los datos para llevar a cabo el balance de agua, se tiene que el resultado de ésta es el mismo que en los dos balances anteriores, no se observará generación. Ver tabla 4.11.

#### **Comentarios sobre el método de balance de agua**

El presente método aparentemente presenta la no existencia de lixiviados, debido a que algunos de los datos han sido supuestos y la variación de los resultados obtenidos puede ser muy grande.

#### **IV.2.4 Cálculo de la interfase**

El cálculo de suelo necesario para remover los contaminantes contenidos en el lixiviado antes que éste alcance el nivel de aguas freáticas, es una de las partes más importantes en el diseño de un relleno sanitario.

Por lo general, los suelos presentan un gran potencial de retención de contaminantes debido a su buena característica de capacidad de intercambio catiónico, lo cual provoca que los iones positivos presentes en el lixiviado se adhieran al suelo. Este mecanismo se conoce como adsorción y es el fundamento para el diseño de la interfase.

$$Q_s = 0.6065 \text{ m}^3 \text{ suelo/m}^3 \text{ lixiviado}$$

donde  $Q_s$ .-cantidad de suelo por unidad de volumen de lixiviado (g/t)

Lo que significa que para una lámina de 1 m de lixiviado se requeriría una profundidad mínima de 0.6065 m de suelo con el fin de remover por adsorción catiónica los contaminantes del suelo.

#### **IV.2.5 Requerimientos de impermeabilización y control de lixiviado**

De acuerdo con el balance hidrológico elaborado, se espera que la cantidad de lixiviados a generar sea nula o reducida; sin embargo, diversas situaciones no previstas en los cálculos (como temporadas de lluvia, especialmente acentuadas, disposición de materiales con gran cantidad de humedad, etc.) pueden propiciar la aparición de lixiviado.

Por lo tanto, para prevenir la aparición de este y para proteger los mantos acuíferos y el subsuelo de la infiltración del lixiviado que pudiera ocurrir, se debe contar con diversos sistemas de protección.

- Impermeabilización en el fondo de las celdas con geomembrana plástica
- Drenes para captación y conducción de agua pluvial
- Cobertura diaria de residuos y las pendientes a manejar en el terreno minimizarán la posibilidad de infiltraciones y la consecuente generación de lixiviados.
- Sistemas de captación de lixiviado y almacenamiento en depósito para su posterior recirculación.

La impermeabilización en el fondo de la celda se realizará con geomembrana plástica de 1.00 mm de espesor, colocada tanto en la base como en los taludes de la celda excavada. Como material de preparación para la colocación de la membrana deberá colocarse un capa de 0.20 m de material limo-arcilloso compactado.

Los detalles de colocación de la geomembrana y la unión entre cada sección se presentan en la figura 4.4, así como el detalle de anclaje de la misma en el borde de cada celda que se presentan en la figura 4.5.

Para proteger la membrana de rasgaduras o incisiones provocadas por los materiales depositados deberá colocarse sobre ésta capa de material un estrato de protección de 0.20 m, constituida por arena fina.

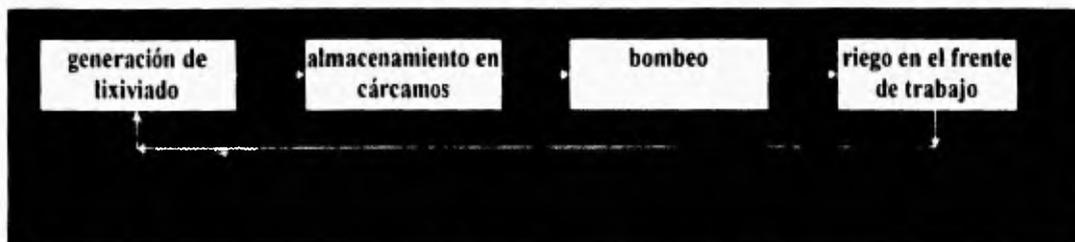
Los cárcamos para la captación y extracción de lixiviados de las celdas, serán colocados de manera tal que permitan que el lixiviado que se pudiera generar viaje una distancia corta hacia estos, en donde será extraído para ser reciclado posteriormente.

Como manejo de los lixiviados generados y extraídos de los cárcamos de lixiviados se considera que la recirculación de éstos al frente de trabajo del relleno sanitario constituye una medida adecuada para disminuir el volumen del líquido contaminante, ya que con ella se logra que el agua se evapore, en tanto que los contaminantes en suspensión y solución quedan retenidos en el material de cobertura, esto es, confinados dentro del mismo sitio de disposición. Entre las principales ventajas que proporciona la recirculación de lixiviados es la de mejorar la compactación de la cobertura diaria, así como favorecer la degradación anaerobia de la materia orgánica.

El ciclo comprendido desde la generación del lixiviado en los estratos de basura, su captación, su permanencia en el depósito y riego en el frente de operaciones se ilustra en la figura 4.6.

Ciclo de recirculación de lixiviados

FIGURA 4.6



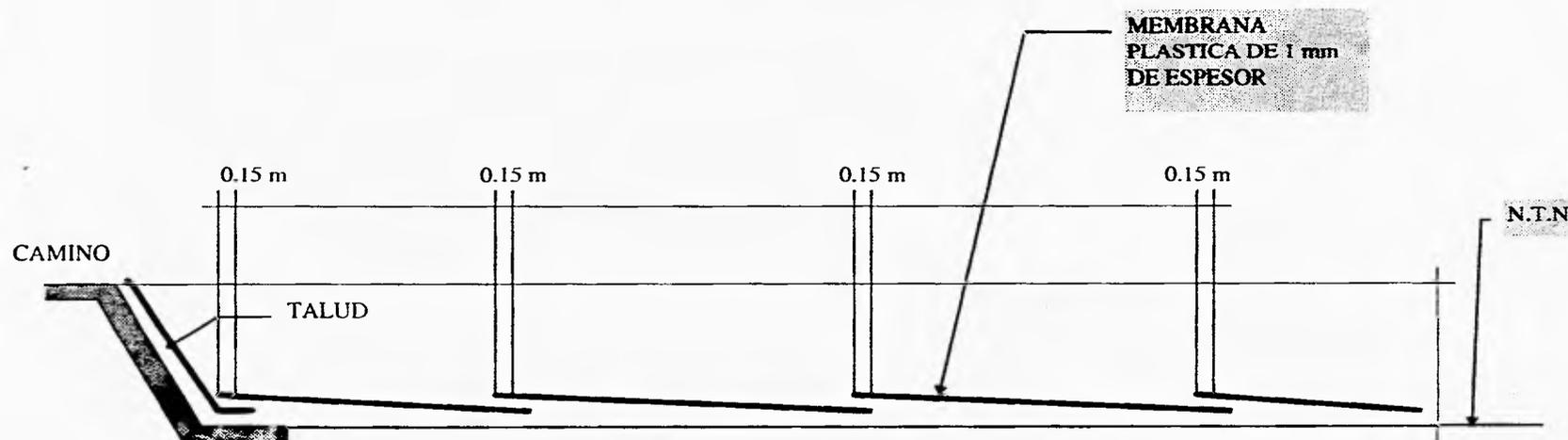
METODO DE BALANCE DE AGUA PARA EL RELLENO SANITARIO DE  
MANZANILLO, COLIMA

POSTERIOR AL CIERRE HASTA T>=2 ANOS

PARAMETRO / MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Nov	Dic	Anual
Precipitación P	33.3	4.6	0.3	0.1	11.6	107.1	172.0	189.8	259.2	102.3	45.3	14.3	939.8
Evapotranspiración ET	115.8	127.2	162.3	165.1	182.4	171.9	151.0	150.5	132.5	129.7	117.8	103.8	1709.8
Escurrimiento R	9.0	1.2	0.1	0.0	3.1	28.9	46.4	51.2	70.0	27.6	12.2	3.9	253.7
Humedad consumida Hc	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
Lixiviado LV	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

$$L = P - (ET + R + Hc)$$

# COLOCACION DE MEMBRANA Y TRASLAPE



**FIGURA 4.4**

# ANCLAJE DE LA GEOMEMBRANA

MATERIAL  
PARA FIJAR  
MEMBRANA

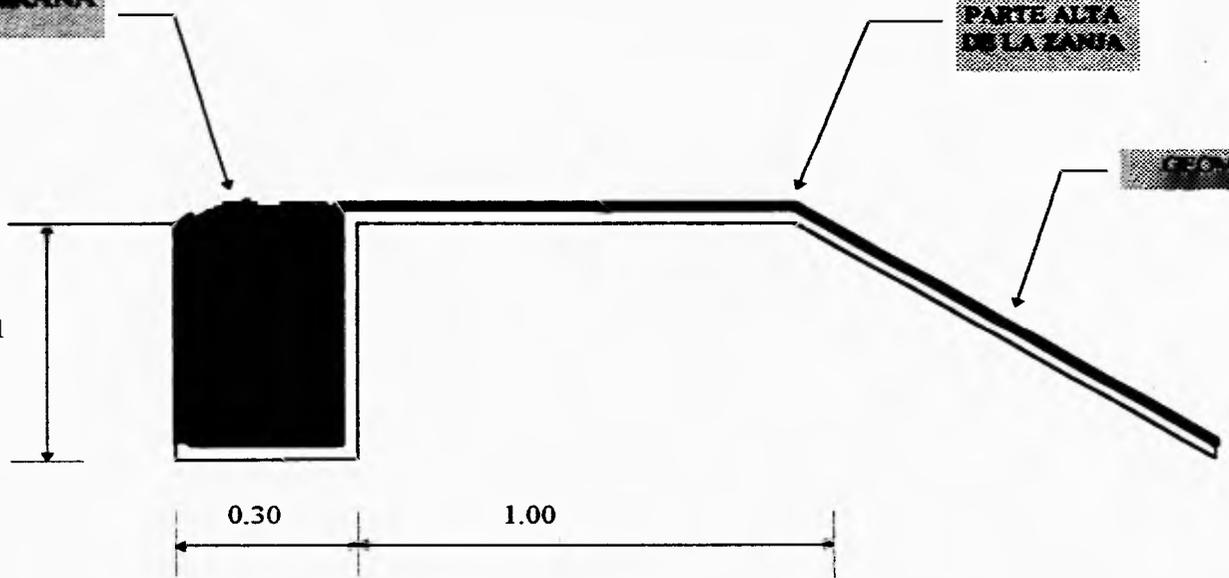
PARTE ALTA  
DE LA ZARZA

GEOMETRÍA

0.61

0.30

1.00



Los detalles constructivos de un cárcamo de lixiviado se presenta en la figura 4.7

#### **IV.2.6 Control de fauna nociva**

Asociado al inadecuado manejo y disposición final de residuos sólidos, existe el problema de la fauna nociva, la cual está constituida por roedores, insectos y aves, la que puede afectar además la operación del relleno, las instalaciones propias de este, y a la población cercana al sitio.

Los principales problemas causados por la fauna nociva son:

- Son portadores de organismos patógenos
- Causan pérdidas económicas por la afectación de materiales, construcciones y alimentos.
- Afectan la estética y funcionamiento del sitio.

Su mitigación se da a través del uso de insecticidas o plaguicidas para que su presencia no afecte el buen manejo del relleno sanitario.

#### **IV.2.7 Sistema de monitoreo ambiental**

El monitoreo ambiental en un relleno sanitario se realiza para asegurar que los contaminantes que se puedan emitir provenientes del relleno no afecten la salud pública, ni el ambiente circundante.

El monitoreo requerido puede ser dividido en tres categorías generales:

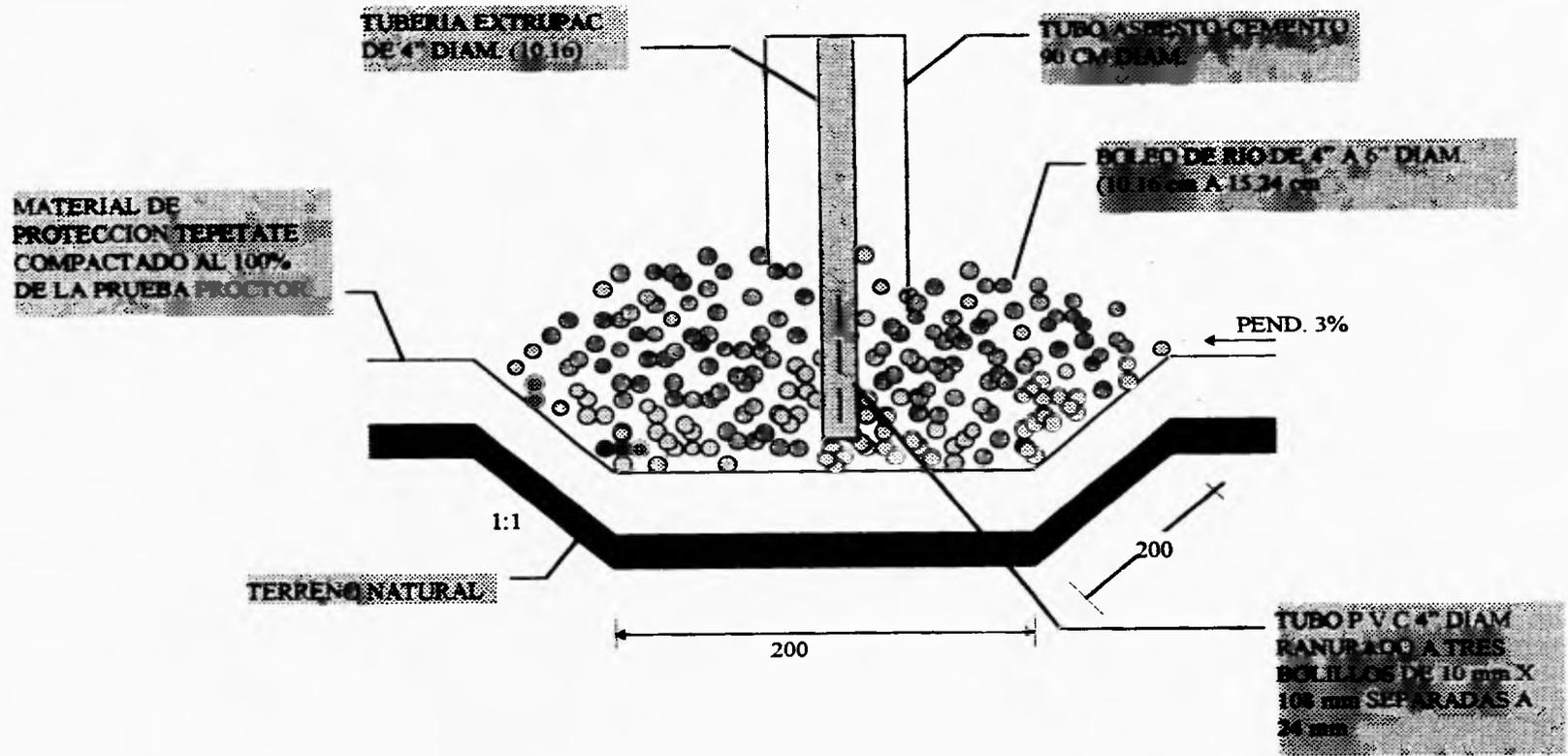
- Monitoreo en zona no saturada (entre la superficie y el acuífero, para gases y líquidos)
- Monitoreo de agua subterránea
- Monitoreo de la calidad de aire

##### **Monitoreo en la zona no saturada**

La zona de interfase es la zona que va desde la superficie, del suelo, hasta la profundidad en donde se encuentren los mantos freáticos permanentes. Una característica importante de esta zona es que los espacios entre los poros no están llenos con agua, y que las pequeñas cantidades de esta coexisten con aire, por lo que el monitoreo en esta zona incluye gases y líquidos.

El monitoreo de líquidos en esta zona es necesario para determinar si existen fugas de lixiviado en la parte baja del relleno.

**CARCAMO TIPO PARA LIXIVIADO**



**FIGURA 4.7**

### **Monitoreo de agua subterránea**

El monitoreo de agua subterránea es necesario para detectar cambios en la calidad del acuífero, que pueden ser causados por la fuga de lixiviados y gases del relleno. Para el monitoreo de aguas subterráneas se construirán pozos de extracción en la zona.

### **Monitoreo de biogás**

El muestreo de biogás se realizará para determinar la presencia de migraciones laterales de éste hacia las colindancias del terreno, por lo cual serán colocados 4 pozos de muestreo de biogás en los cuatro puntos cardinales del relleno. Estos pozos no deberán colocarse a una distancia mayor de 50 m del relleno.

### **Monitoreo de lixiviado**

Es importante realizar un muestreo de lixiviado para caracterizarlo, así como para determinar el flujo de este y las variaciones de acuerdo a la temporada y zona.

## **IV.3 Ingeniería aplicada**

En esta sección se describen todas aquellas obras complementarias a la operación del relleno, las cuales permitirán además que la disposición de los residuos en el sitio se realice bajo condiciones controladas, y se disminuyan los riesgos de generar impactos ambientales.

### **IV.3.1 Drenaje pluvial**

Su función es la de captar el agua pluvial que escurre hacia dentro del relleno sanitario, de manera que se minimice la posible formación de lixiviado contaminante. De acuerdo con la topografía y características del suelo en el sitio, así como la cantidad de lluvia que se presente de manera regular, se presenta un diseño de canal utilizado para el dren del sito anterior

Se considerarán canales abiertos, para la captación del escurrimiento interno de agua pluvial, recubiertos de mortero montados sobre una cama de tepetate o material del propio lugar, ver figura 4.8 para detalles.

Asimismo se requiere de un canal perimetral que no permita el flujo de agua pluvial hacia el interior del relleno, para dicho canal se presentan los detalles en la figura 4.9.

### **IV.3.2 Camino perimetral**

Como parte básica del diseño funcional, se propone un camino perimetral a lo largo de la cota 155 y parte de la 140 y 130. Por este camino circularán los vehículos recolectores que fueran a descargar sus residuos a la zona de tiro.

ESCURRIMIENTO INTER O DE AGUA PLUVIAL

m= 2% →

0.25

0.25

0.10

MORTERO DE  
CEMENTO DE  
19mm DE  
ESPESOR

CAMA DE TEPETATE PARA  
AMORTIGUAR  
ASENTAMIENTOS Y EVITAR  
FRATURAS DE CANALETA

FIGURA 4.8

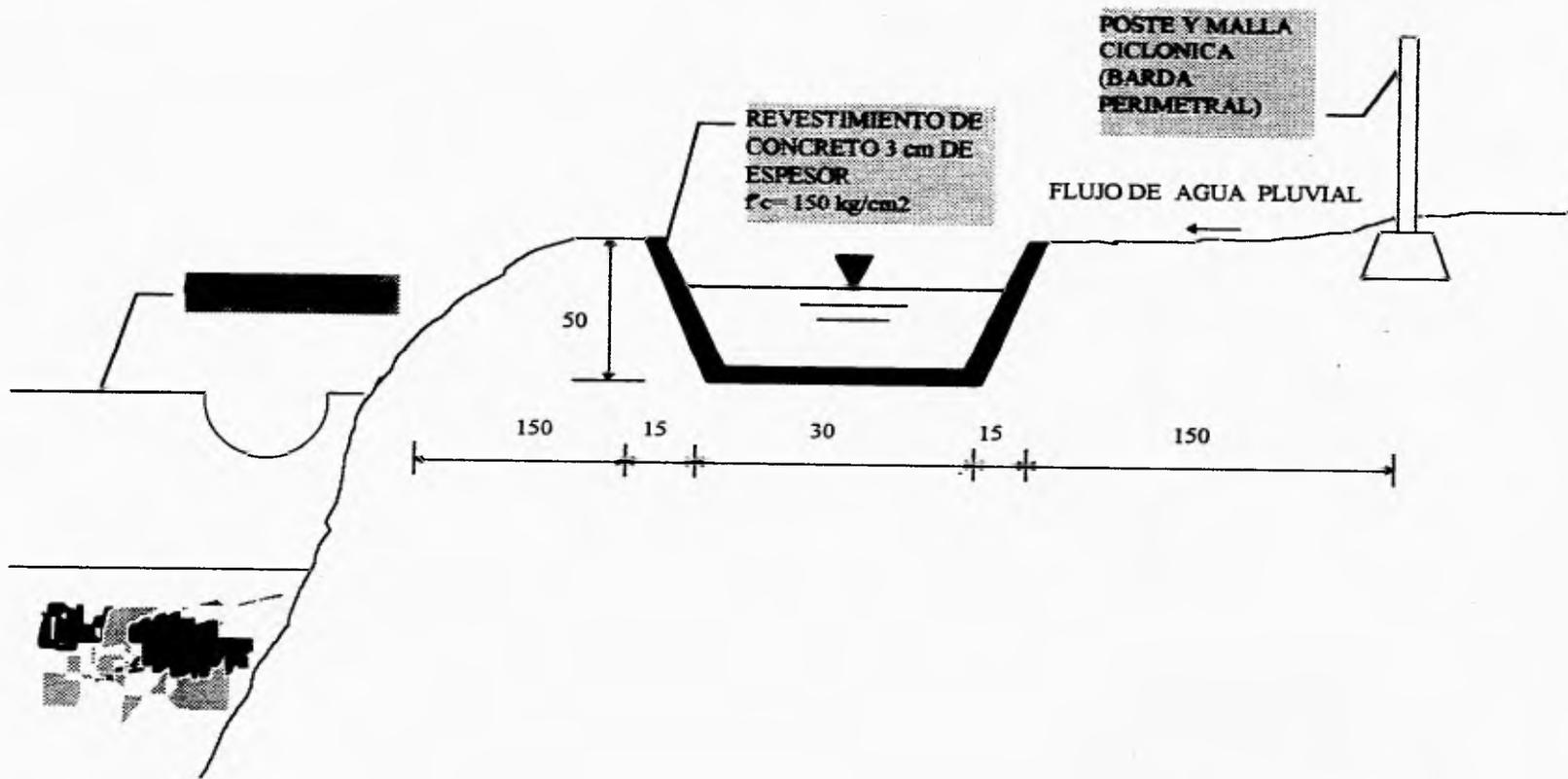


FIGURA 2.9

# PROBLEMA DE CAPTURA DE AGUA DENTRO DE UN CONCRETO

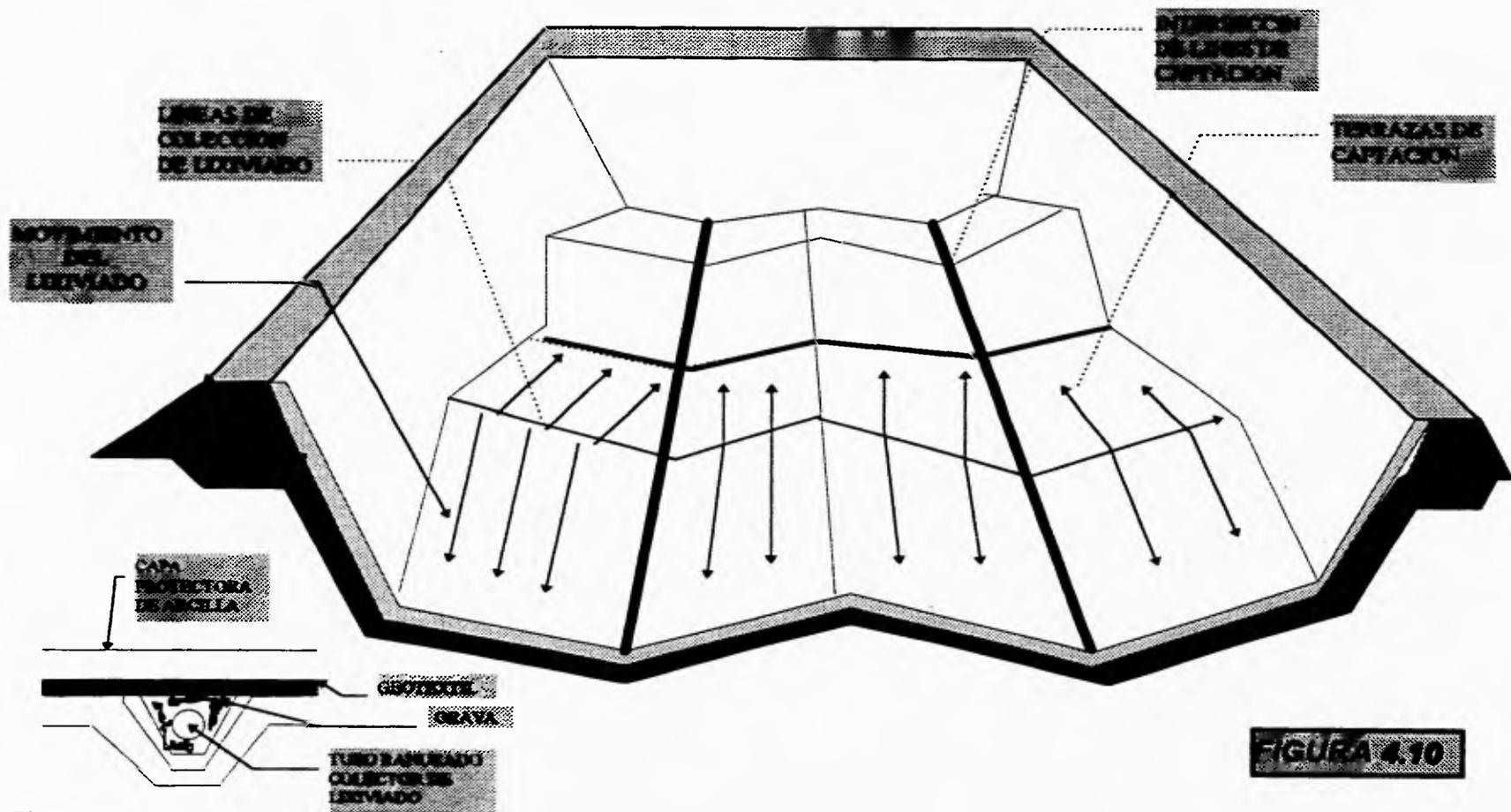


FIGURA 4.10

### **Caminos interiores**

Estos caminos se clasifican en primarios y secundarios; la diferencia entre ellos radica en que los primarios se conservan durante toda la vida útil del relleno, en tanto que los secundarios se cubren de residuos sólidos durante toda su vida útil; por lo que los primarios deben ser construídos de materiales tales que eviten su deterioro excesivo.

Los caminos secundarios sirven de acceso a las celdas y a la zona de tiro, además estos delimitarán las celdas, estos podrán ser de materiales de menor calidad, pues tendrán una vida útil menor. Los caminos primarios tendrán 7 m de ancho útil y los caminos interiores o secundarios serán de 6 m de ancho, con el fin de que permitan la circulación en ambos sentidos y que los vehículos recolectores maniobren con facilidad.

### **IV.3.3 Drenaje y fosas de colección de lixiviado**

Las fosas para lixiviado consistirán en estructuras hechas en la base del terreno que recibirá los residuos, las cuales permiten el almacenamiento de lixiviado que se llega a formar. El lixiviado se conducirá por gravedad, de donde se le extraerá por bombeo para su recirculación posterior.

La base de los cárcamos estará ubicada en la parte inferior de la celda.

En la figura 4.10 se esquematiza una posible alternativa para la captación de lixiviados en el fondo del relleno.

### **IV.3.4 Colocación de geomembrana**

Con objeto de proteger los mantos acuíferos de una posible contaminación por lixiviado, se colocará en toda la superficie del terreno una capa de plástico de polietileno de alta densidad de 1.5 mm de espesor. La capa, cuyo nombre técnico es el de geomembrana o "liner" se entrega en rollos y se unen entre sí por termofusión. Estos se extenderán sobre una superficie preparada con material de protección compactado en dos capas de 0.15 m de espesor cada una.

El material de protección deberá ser arcilla compactada al 95% de la prueba PROCTOR STD, para lograr una compactación adecuada ésta deberá realizarse con un porcentaje de humedad de la arcilla del 2 al 3% mayor del límite óptimo de humedad.

## IV.3.5 Pozos de control de biogás y pozos de monitoreo ambiental

### Pozos de control ambiental

Para la ventilación a la atmósfera de los gases producidos por la descomposición de la basura se dispondrá de pozos de venteo, sin embargo, se piensa que lo mejor es quemar los gases producidos para evitar los riesgos asociados a la acumulación de gases en el terreno por falta de corrientes de aire, así como las molestias ocasionadas por la presencia de malos olores. Para llevar a cabo el quemado de gases, se conectará a la boca del tubo de venteo un conjunto de válvulas y un mechero en la punta.

Por lo que respecta a la construcción de los pozos de biogás, ésta obedecerá a los detalles indicados en la figura 4.2. Los pozos deberán construirse a una distancia equidistante uno con otro.

Los pozos deberán construirse una vez que se alcance la altura de diseño de una zona en particular. En términos generales la construcción efectuará mediante una perforación de 1.00 m de diámetro, hasta una profundidad igual al 80% de la altura de la zona en particular.

Dentro de la perforación se colocará una tubería de PVC o de polietileno de alta densidad, de 6 pulgadas de diámetro, ranurado a tresbolillo, con cortes de aproximadamente 0.10 m de largo por 0.05 m de ancho.

Alrededor del tubo de plástico se colocará grava de 6 pulgadas de diámetro, bien graduada. Este material tiene como función servir como un medio poroso que permite el paso de los gases hacia el tubo de conducción y de allí, por diferencia de presiones, hacia la superficie del sitio para ser quemado, y servirá de soporte al tubo.

La parte del tubo que salga a la superficie no deberá estar ranurada, y será sujeta al terreno mediante una losa de concreto o cemento alrededor del mismo, y sobresaldrá a una altura mínima de 2 m sobre el nivel del terreno terminado del relleno sanitario.

Según se señaló, se debe instalar junto con el mechero de quemado de gases un conjunto de válvulas de regulación y control, a fin de ajustar manualmente la cantidad de gas que va a ser quemado y evitar cualquier incidente por causa de un contraflujo de los gases producidos en el relleno. Una adaptación que constará de una reducción del diámetro de salida del tubo, así como una válvula de operación manual.

La caseta de protección debe evitar que se encienda la flama directamente en la boca del tubo, sin el uso de las boquillas especiales, lo cual provoca que el plástico se funda y la boca del tubo quede deteriorada irreversiblemente.

De acuerdo a la experiencia en rellenos sanitarios el número y ubicación de pozos de biogás depende de las dimensiones del relleno, su profundidad, el

tipo de materiales que fueron depositados en cada zona, la existencia de asentamientos humanos cercanos que puedan verse afectados por la migración lateral de los gases, la economía y otros.

En general se ha considerado con éxito la colocación de pozos de biogás a cada 50 m, a fin de que el radio de influencia de cada uno de ellos fuera de 25 m.

#### **Pozos de monitoreo ambiental**

Son de tres tipos: para agua subterránea, lixiviados y biogás. En el primer caso, de la fosa de colección de lixiviado en el fondo del relleno sanitario sube una tubería de material apropiado hacia la superficie del relleno sanitario; en esa zona se pone un registro de protección. De la boca del tubo se extrae por bombeo el lixiviado, para su análisis en el laboratorio. Los pozos para monitoreo de agua subterránea se construyen de la misma manera que los pozos de agua potable.

Para el caso del biogás, los pozos de monitoreo se toman de entre aquellos construidos para el venteo de gas a la atmósfera (o para su quemado).

#### **IV.4 Infraestructura**

La infraestructura propiamente dicha consiste en todos aquellos elementos que se instalan o construyen en el sitio a fin de hacer posible, directa o indirectamente, la operación del relleno sanitario. Tales elementos permiten un efectivo control de ingresos y salidas de vehículos recolectores, proporcionan los servicios que la propia disposición de desechos y su administración demandan, limitan el acceso de personas ajenas al sitio, y coadyuvan a la protección del ambiente.

##### **IV.4.1 Caseta de control y vigilancia**

Permite tener control sobre los vehículos y personal que ingresan al sitio de disposición. Por lo general es de dimensiones reducidas (suficientes para que uno o dos empleados puedan laborar en ella).

##### **IV.4.2 Báscula**

Permite registrar el peso de vehículos cargados con desechos a la entrada al sitio, así como su peso a la salida.

##### **IV.4.3 Oficinas generales**

Son la infraestructura que permite la realización de labores administrativas y de control en el relleno sanitario.

#### **IV.4.4 Cobertizo para maquinaria**

Se refiere a una instalación con techumbre, en donde se guarda la maquinaria al final de la jornada o durante períodos de tormenta.

#### **IV.4.5 Subestación eléctrica**

Se emplea en casos en que es necesario tomar electricidad directamente de los cables de alta tensión, por lo que se necesita bajar el voltaje mediante transformadores.

#### **IV.4.6 Abastecimiento de agua**

Se requiere tener disponibilidad de agua para servicios sanitarios, lavado de vehículos, etc.

#### **IV.4.7 Malla ciclónica galvanizada**

En la zona de entrada al sitio de disposición se instalará una cerca perimetral, hecha de malla ciclónica galvanizada.

Esta cerca tendrá una altura mínima de 2.50 m, rematada con tres hiladas de alambre con púas. La malla normalmente va soportada a cada 3 m por tubo de acero galvanizado.

#### **IV.4.8 Señalamientos**

Dentro del relleno sanitario, es indispensable contar con un sistema de señalamientos tanto para vialidad como para seguridad e higiene, con el fin de facilitar la operación y que a la vez prevengan accidentes.

7

**EL RELLENO SANITARIO COMO SOLUCION, EN LA DISPOSICIÓN  
FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LA CIUDAD DE  
MANZANILLO, COLIMA**

**CAPITULO V**

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PREDIO**

**V.1 Aspectos generales del medio natural y socioeconómico**

- V.1.1 Aspectos del medio natural
- V.1.2 Aspectos del medio socioeconómico

**V.2 Vinculación con las normas y regulaciones sobre uso del suelo**

- V.2.1 Ley de preservación ambiental de Colima
- V.2.1 Uso de suelo

**V.3 Identificación de impactos ambientales ocasionados por el acondicionamiento del relleno**

- V.3.1 Etapa de selección del sitio
- V.3.2 Desmonte
- V.3.3 Obras de control de acceso y protección ambiental
- V.3.4 Ingreso de vehículos al sitio de disposición
- V.3.5 Empuje y cobertura de residuos
- V.3.6 Disposición permanente de residuos

**V.4 Impacto ambiental actual, ocasionado por el mal diseño y operación del relleno**

- V.4.1 Selección del sitio
- V.4.2 Diseño de frente de trabajo y celdas
- V.4.3 Generación de biogás
- V.4.4 Generación de lixiviados
- V.4.5 Drenaje pluvial
- V.4.6 Presencia de fauna nociva
- V.4.7 Afectación a la fauna silvestre
- V.4.8 Infraestructura
- V.4.9 Impacto social
- V.4.10 Personal de operación

**V.5 Medidas de mitigación para el impacto ambiental ocasionado actualmente**

## **V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PREDIO**

El siguiente capítulo está dividido en dos etapas, los incisos V.1,V.2 y V.3 comprenden una primera etapa de estudio que fue realizada durante el desarrollo del proyecto y como apoyo para la selección del sitio, los incisos V.4 y V.5 presentan una segunda etapa que muestra el estudio ambiental del lugar funcionando ya como lugar de disposición de residuos sólidos.

### **V.1 Aspectos generales del medio natural y socioeconómico**

#### **V.1.1 Aspectos del medio natural**

Como se mencionó antes los recorridos efectuados en el sitio, durante la planeación del proyecto, permitieron notar la presencia de árboles no frutales de escasa altura y cocoteros de más de 10 m de altura. Las maderas de estas especies vegetales son poco atractivas desde el punto de vista económico, y sólo llegan a emplearse para consumo doméstico ya que su aptitud de explotación es mediana. En el sitio se tienen también numerosos arbustos y matorrales.

Es importante mencionar que algunas zonas aledañas muestran agricultura mecanizada de temporal para régimen de humedad disponible del tipo subhúmedo.

Respecto a la fauna de la zona, no se detectó presencia de especies de gran tamaño. Sólo se observaron algunas especies de aves, pequeños insectos, roedores y reptiles. Aunque no se realizó ningún tipo de censo poblacional, se observó que el número de individuos de estas especies no parece ser elevado.

#### **V.1.2 Aspectos del medio socioeconómico**

El municipio de Manzanillo cuenta con una población de 92,863 habitantes y la zona en estudio tiene una población de 67,697 habitantes.

#### **Actividades económicas**

Al analizar las tasas de participación económica, se observa que la correspondiente al total de la entidad es de 45.9 %. El municipio de Manzanillo cuenta con una tasa de participación económica por sexo de 22.3% para mujeres y 71.3 % para hombres.

Las principales actividades que se realizan en Manzanillo son las siguientes:

- a) Servicio de hoteles y restaurantes
- b) Comercio
- c) Industria
- d) Instalaciones de PEMEX
- e) Instalaciones C.F.E.
- f) Puerto Marítimo
- g) Agricultura y Ganadería
- h) Minería
- i) Forestal
- j) Pesca
- k) Manufacturera
- l) Construcción

La zona metropolitana de Manzanillo se integra por 13 localidades que van desde las netamente rurales como Jalipa, hasta las urbanas como Manzanillo, y las de uso exclusivamente turístico como son la Península de Santiago y Playa de Oro. Estas últimas ocupan las mejores zonas del paisaje, dándose marcados contrastes con otras partes de la zona metropolitana. Aunque de acuerdo al sitio seleccionado para el proyecto, no se afecta el tipo de uso de suelo que se tiene designado para los planes de desarrollo municipal y estatal.

En general, las localidades rurales no presentan una imagen con alteraciones importantes, pero en las zonas de bajos recursos y con un crecimiento acelerado, se presenta de manera más intensa el deterioro del medio natural y urbano.

La zona conurbada de Manzanillo no ha tenido una planeación adecuada y no se han cuidado las características propias de este bello lugar.

No existen poblaciones urbanas o rurales en el entorno al sitio del proyecto. Lo más cercano al sitio es la Planta Peletizadora de Peña Colorada a 500 m al sureste, la Quebradora San Agustín a 100 m al este y las instalaciones de Pemex a 1 km de distancia aproximadamente.

En conclusión, de acuerdo a los aspectos generales del medio natural y socioeconómico del sitio, se puede observar que debido a que es un lugar con relativa lejanía a los asentamientos humanos, no se puede decir que la construcción del relleno sanitario causará un impacto negativo a cualquiera de las actividades que se desarrollan en su entorno físico, Sin embargo si pueden subrayarse los ventajas que tendrá una población con tanta actividad productiva, que requiere crecer ordenadamente y tratar de preservar su entorno natural de una manera adecuada.

## **V.2 Vinculación con las normas y regulaciones sobre uso del suelo**

De acuerdo a la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Colima, los Ayuntamientos tienen la facultad de expedir, de acuerdo con las bases normativas que establece la Legislatura del Estado, los reglamentos circulares y disposiciones administrativas de observancia general dentro de sus respectivas jurisdicciones.

### **V.2.1 Ley de Preservación Ambiental del Estado de Colima**

A continuación se presentan los aspectos más importantes para el desarrollo del presente estudio, de la Ley de Preservación Ambiental del Estado de Colima, es decir, se presenta una síntesis de los lineamientos relacionados con la prevención y en contra de la contaminación del suelo y la operación de rellenos sanitarios.

De acuerdo a esta Ley, corresponde al Gobierno del Estado y a los Ayuntamientos la regulación del manejo y disposición final de los residuos sólidos que no sean peligrosos conforme a la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente para lo cual, deberán, entre otras cosas:

I. Formular las disposiciones que regulen las actividades de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos no peligrosos, observando lo que dispongan la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, esta Ley, los Reglamentos, los Bandos de Policía y Buen Gobierno y las Normas Técnicas Ecológicas correspondientes.

II. Autorizar el establecimiento de los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos no peligrosos.

III. Ejercer el control sobre las instalaciones y la operación de los rellenos sanitarios o depósitos de residuos no peligrosos.

IV. Ejercer el control y emitir las autorizaciones correspondientes, respecto del funcionamiento, transporte, sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reúso, tratamiento y disposición final de los residuos en cuestión, ya sea operados por los propios municipios o concesionados a particulares.

Corresponde al Gobierno del Estado y a los Ayuntamientos llevar el inventario de rellenos sanitarios o depósitos de residuos sólidos no peligrosos, así como el de fuentes generadoras, cuyos datos se integrarán al Sistema Nacional de Información Ambiental que opera la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

Para la localización, instalación y funcionamiento de sistemas de manejo de residuos sólidos no peligrosos, se tomará en cuenta el ordenamiento ecológico y los Planes de Desarrollo Urbano Estatal, Municipal y Centros de Población.

Se considera, en el ámbito de competencia estatal y municipal, lo siguiente:

- a) La operación de los sistemas de limpia y de disposición final de residuos municipales, en rellenos sanitarios;
- b) Las autorizaciones para la instalación y operación de rellenos sanitarios o depósitos de residuos no peligrosos.

Queda sujeto a la autorización del Gobierno del Estado, o en su caso, de los Gobiernos Municipales, con apego a las normas técnicas ecológicas que se expidan, el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reusos, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales.

El Gobierno Estatal y de los Municipios, podrán celebrar acuerdos de coordinación y asesoría con la Federación para:

-La identificación de alternativas y reutilización y disposición final de residuos sólidos municipales, incluyendo la elaboración de inventarios de los mismos y sus fuentes generadoras.

Toda descarga, depósito o infiltración de sustancias o materiales contaminantes en los suelos, en el ámbito de competencia estatal, se sujetará a lo que disponga esta Ley, sus disposiciones reglamentarias y las normas técnicas-ecológicas aplicables.

#### **Reglamento de Desarrollo Urbano y Seguridad del H. Ayuntamiento Constitucional de Manzanillo, Colima.**

Considera como usos peligrosos, insalubres o molestos la excavación de terrenos, depósitos de basura y escombros.

Por lo anterior, limita la autorización de construcciones que presenten dicho riesgo dentro de zonas habitacionales, comerciales o cualesquiera en las que considere inconvenientes, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 15o., Fracción II.

#### **Reglamento de Limpieza para el Municipio de Manzanillo**

Para la prestación eficiente del servicio de Aseo Público, el Reglamento señala que el Director de Servicios Públicos municipales, debe proponer los sitios para realizar los rellenos sanitarios atendiendo las indicaciones de las Secretarías de Salud y Desarrollo Urbano y Ecología; y presentar a la Comisión del Ramo el Programa de Limpieza Anual y listado de necesidades para cumplirlo.

Por otra parte señala que los tiraderos de basura o rellenos sanitarios y desperdicios se deben localizar a distancia conveniente de los centros de población y su ubicación será fijada por el Ayuntamiento, en coordinación con las autoridades competentes.

El Artículo 61o. del Reglamento de Limpieza, señala que "Es opcional de los propietarios de casas, de departamentos, multifamiliares, hospitales, establecimientos industriales, oficinas y en general de todos aquellos edificios, que a juicio de la autoridad lo ameriten por la cantidad de basura que generan, construir depósitos para las basuras que deban ser incineradas, ajustándose a las disposiciones que sobre el particular dicte la autoridad competente."

### **V.2.2 Uso de suelo**

El terreno propuesto no tiene actualmente un uso específico. De acuerdo con la Carta Urbana 1:10,000 E13B43-41 del INEGI, y según se pudo apreciar mediante recorridos por el sitio, sólo existen en él palmeras y árboles no frutales con maderas de escaso valor comercial, arbustos y algunas pequeñas zonas de cultivo de temporal poco significativas.

El sitio forma parte del Ejido Jalipa-Tepeixtles. El uso de suelo propuesto para el sitio concuerda con lo establecido por los planes de desarrollo urbano estatal y municipal.

### **V.3 Identificación de impactos ambientales ocasionados por el acondicionamiento del relleno sanitario**

En la actualidad, y debido a la creciente preocupación por la conservación del medio ambiente, muchos proyectos requieren la presentación de una manifestación de impacto ambiental, en la cual se estime, mediante técnicas objetivas conocidas, el grado de afectación y beneficio que dicho proyecto traerá a una comunidad humana así como al entorno ecológico circundante; se hará una evaluación de los aspectos más importantes involucrados en la construcción y operación del relleno sanitario.

Existen diversos métodos para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental. Cada método se adapta a la situación particular de un proyecto dado. Sin embargo, todos los métodos tienen en común varios pasos:

- Identificación de acciones del proyecto que puedan afectar factores ambientales (físicos y socioeconómicos) del área involucrada.
- Selección de parámetros de medición de calidad de cada uno de los factores ambientales probablemente afectados.

-Medición e interpretación del significado de estos parámetros y su efecto en cada categoría.

Para el presente estudio, se decidió emplear una matriz de identificación de impactos sin el empleo de factores de peso, y hacer posteriormente una evaluación cualitativa de tales impactos.

La tabla 5.1 muestra la matriz de identificación de impactos ambientales para las etapas de construcción y operación del relleno sanitario, asimismo, la tabla 5.2 muestra una evaluación cualitativa con los valores de adverso significativo, adverso, adverso significativo atenuable, adverso atenuable, benéfico significativo y benéfico.

De acuerdo con esta matriz, los principales impactos esperados en función de cada una de las etapas del proyecto son los siguientes:

### **V.3.1 Etapa de selección del sitio**

Al seleccionar el sitio que operará como relleno sanitario, automáticamente se está descartando su afectación; en este caso el impacto es negativo, ya que la disposición de residuos afecta el entorno natural. Por otra parte, la designación del sitio involucrará aspectos relacionados con la tenencia de la tierra (trámites legales, compra del predio, etc.)

En la selección interviene un grupo de personas especializadas, lo que en otras palabras significa generación de empleos.

### **V.3.2 Desmonte**

Se tendrán impactos negativos sobre todo en el drenaje natural del sitio. Al eliminar la cubierta vegetal, se afectará la capacidad de absorción de agua pluvial y se incrementarán los escurrimientos, de manera que se reducirá la recarga al acuífero.

La erosión del suelo será muy marcada, lo que traerá cambios en la calidad del aire (tolvaneras) y el microclima (pérdida de zonas con sombra, aumento de la reflexión de los rayos solares). Asimismo, la fauna y flora locales serán totalmente desplazados, afectándose la diversidad y productividad biológicas.

Las labores de desmonte requerirán de suministro de energía (gasolina, diesel, aceites, etc.); su efecto negativo sobre la estética del lugar será muy marcado, al eliminarse un área natural de dimensiones significativas. Se producirán ruido y vibraciones fuertes, registradas sólo a nivel local, que no incidirán sobre la

**IMPACTOS AMBIENTALES DEBIDOS A LA CONSTRUCCION Y OPERACION  
DEL RELLENO SANITARIO  
MANZANILLO, COLIMA  
MATRIZ DE IDENTIFICACION DE IMPACTOS**

	ACTIVIDADES IMPACTANTES					
	SELECC	DESMONTE	OBRAS	INGR. VEHICULOS	EMPUJE/COBERT.RE	DISPOSICION PERM
<b>FACTORES FISICOS</b>						
<b>AGUA SUPERFICIAL</b>						
Calidad del agua						
Sedimentaciones						
Drenaje natural						
<b>AGUA SUBTERRANEA</b>						
Calidad del agua						
Recarga al acuífero						
Dirección del flujo						
Profundidad al acuífero						
<b>SUELO</b>						
Uso						
Calidad						
Estabilidad						
Compactación						
Erosión						
<b>AIRE Y CLIMA</b>						
Calidad del aire						
Microclima						
<b>BIOTA</b>						
Comunidad vegetal natural						
Cultivos						
Comunidad animal natural						
Comunidad animal doméstica						
Diversidad						
Productividad						
Ciclos nutrientes						
Fauna nociva						
<b>ENERGIA</b>						
Requerimientos						
<b>FACTORES SOCIOECONOMICOS</b>						
<b>ECONOMIA Y SOCIEDAD</b>						
Infraestructura y servicios						
Empleo						
Economía regional						
Tenencia de la tierra						
Cultura y diversión						
Valor histórico						
<b>BIENESTAR SOCIAL</b>						
Estética del lugar						
Ruido						
Tráfico						
Vibraciones						
Migración humana						

TABLA 5.12

# IMPACTOS AMBIENTALES DEBIDOS A LA CONSTRUCCION Y OPERACION DEL RELLENO

## MATRIZ DE EVALUACION DE IMPACTOS

ACTIVIDADES IMPACTANTES						
	SELECCION	DESMONTE	OBRAS	INGR. VEHIC.	EMP/COB. RES	DISP. PERM.
<b>AGUA SUPERFICIAL</b>						
Calidad del agua		A	A			
Drenaje natural		A	A			
<b>AGUA SUBTERRANEA</b>						
Calidad del agua						
Recarga del acuffero		a				A
<b>SUELO</b>						
Uso	a	a				
Calidad		a	a			
Estabilidad			a	a	a	a
Compactación			a			
Erosión		a				
<b>AIRE</b>						
Calidad del aire		a	a	a	a	a
Microclima		a	a			a
<b>VEGETACION</b>						
Comunidad vegetal natural			a			
Cultivos						
Comunidad animal natural			a			
Comunidad animal doméstica						
Diversidad			a			
Productividad			a			
Ciclos nutrientes			a			
Fauna nociva				a		
<b>REQUERIMIENTOS</b>						
<b>INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS</b>						
Infraestructura y servicios	B					B
Empleo	B	B	B		B	B
Tenencia de la tierra	a					
<b>ASPECTOS SOCIALES</b>						
Estética del lugar		a	a		a	a
Ruido		a	a	a	a	
Tráfico		a	a	a		
Vibraciones		a	a	a	a	
Riesgos físicos		a	a	a	a	
Enfermedades				a	a	

Adverso significativo	A
Adverso	a
Adverso mitigable	A
Adverso mitigable	a
Benéfico significativo	B
Benéfico	b

población, ya que no hay asentamientos humanos cercanos. Desde luego estas labores significan fuente de empleo para mucha gente, lo cual es un impacto positivo del proyecto.

### **V.3.3 Obras de control de acceso y protección ambiental**

Las obras civiles de acondicionamiento del sitio (construcción de oficinas, caseta de vigilancia, impermeabilización del terreno, construcción de drenes, etc.), disminuyen la posibilidad de recarga de acuíferos y las características mecánicas del suelo, como son su grado de compactación y estabilidad naturales.

Los inconvenientes sobre ruido, tráfico y vibraciones serán sólo a nivel local. Las obras civiles impactan positivamente, ya que son fuente de empleo para una gran cantidad de personas.

### **V.3.4 Ingreso de vehículos al sitio de disposición**

El ingreso de vehículos recolectores de basura al sitio de disposición afecta la estabilidad y compactación del suelo, la calidad del aire (aumento de polvos, partículas y malos olores), así como la tranquilidad local (tráfico, ruido).

El ingreso de basura implica un riesgo moderado de infecciones y enfermedades de las vías respiratorias para los operadores del relleno sanitario, así como la posible presencia de fauna nociva, la cual deberá ser mínima con una buena operación del mismo.

### **V.3.5 Empuje y cobertura de residuos**

Estas actividades afectarán las propiedades mecánicas del suelo y la calidad del aire (presencia de contaminantes atmosféricos, originados por consumo de diesel para las máquinas). Local y temporalmente incidirán sobre la tranquilidad de la zona.

### **V.3.6 Disposición permanente de residuos sólidos**

La disposición de residuos sólidos impacta negativa e indefinidamente el uso del suelo (limitándolo casi siempre a áreas verdes o zonas deportivas), debido a la estabilidad del mismo.

La variación en la calidad del aire será notoria debido al biogás que se genere. La estética del lugar quedará alterada, pudiendo minimizarse el impacto visual de su desmonte con medidas de mitigación que comprenden la plantación de árboles o arbustos de fácil adaptación a las nuevas condiciones de la zona.

No obstante, el riesgo mayor de la disposición de residuos es la contaminación del acuífero por lixiviado, en caso de fallar la impermeabilización del terreno o los drenes de captación del líquido percolado. La recarga al acuífero será localmente imposible, aunque no afecta de forma importante a nivel regional.

Después de analizar todos los puntos anteriores, es posible resumir que los mayores impactos ambientales que ocasionará el proyecto serán los siguientes:

#### **Negativos**

- Cambio de uso de suelo
- Desplazamiento de flora y fauna locales
- Pérdida del suelo y la afectación a su captación de agua pluvial y los escurrimientos naturales
- Afectación al microclima de la zona.
- Molestias locales, temporales y relativamente menores de tráfico, ruido, vibraciones, olores y fauna nociva.

#### **Positivos**

- Generación de empleos
- Disposición económica y segura de los residuos sólidos (siguiendo adecuadamente los lineamientos del proyecto ejecutivo del relleno sanitario).

Como conclusión se puede observar que los impactos negativos sobrepasan en número a los positivos, aunque la ponderación objetiva de la importancia de los mismos (duración del impacto, magnitud, área de influencia, etc.) puede no corresponder necesariamente a este balance. Por ejemplo, en determinadas circunstancias, satisfacer las necesidades de disposición final de la basura producida en una comunidad puede ser un impacto positivo muy grande, en comparación con la afectación a un entorno natural.

#### **V.4 Impacto ambiental actual, ocasionado por la deficiente construcción y operación del relleno**

Como parte de la realización de esta Tesis, el jueves 29 de febrero, realicé una visita al sitio del proyecto con el fin de efectuar una auditoría ambiental. La auditoría básicamente es para constatar que el impacto ambiental proyectado realmente se esté llevando a cabo. Dicho sitio ya está siendo utilizado para la disposición de residuos sólidos desde 1994, por lo que a simple vista se pueden observar los daños naturales que esta ocasionando al ambiente, debido a una mala construcción y operación. A continuación se describen los impactos relevantes observados.

## V.4.1 Selección del sitio

### Normas de selección

Aparentemente no se realizaron los estudios geofísicos ni geohidrológicos requeridos por las normas oficiales para los rellenos sanitarios, por lo que a simple vista, se puede apreciar que dicho lugar no cumple con algunas de las especificaciones necesarias para ser destinado a ser relleno sanitario. En el cuadro 5.1 se califican las condiciones selección de acuerdo al Proyecto de Norma Oficial Mexicana para los sitios destinados para ser rellenos sanitarios.

- a) A un lado del sitio de disposición se encuentra un canal de lo que parece ser una corriente intermitente y la presencia de charcos de agua que podrían ser manantiales, dicho canal podría ser también algún tipo de falla geológica.
- b) No se cuenta con bancos cercanos para la cobertura de material, por lo que no hay una cobertura diaria de basura.
- c) Al parecer de la oficina del municipio y el encargado del sitio, el lugar está ya a su máxima capacidad, cuando solo tiene dos años de estar operando, siendo que fue calculado para una vida útil de 10 años.

**CUADRO 5.1**

<p><b>4. ESPECIFICACIONES</b></p> <p>El sitio destinado a relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales deberá reunir las condiciones siguientes:</p> <p><b>4.1 Zona de recarga</b> Deberá estar ubicada a una distancia mayor de un kilometro y aguas abajo de las zonas de recarga de acuíferos o fuentes de abastecimiento de agua potable.</p> <p><b>4.1.2 Ubicación con respecto a la zona de fracturación</b> Deberá ubicarse a una distancia horizontal de 100 m como mínimo del límite de la zona de fracturación o falla geológica.</p> <p><b>4.1.3 Características de los estratos del suelo</b> Las características físicas de los estratos del suelo se deberán conocer a través del estudio geofísico correspondiente, aplicándolo hasta una profundidad de 120 m.</p> <p><b>4.1.4 Características del suelo</b> Deberá reunir condiciones tanto de impermeabilidad como de remoción de contaminantes, representadas éstas por el coeficiente de permeabilidad de <math>1 \times 10^{-5}</math> cm/seg y por la capacidad de intercambio catiónico de 30 meq/100 grs de suelo.</p> <p><b>4.2 Material para cobertura</b> Se deberá contar como mínimo con un 25% de material de cubierta en relación al volumen de los residuos municipales a disponer diariamente</p> <p><b>4.3 Vida útil del sitio</b> Vida útil mínima de 7 años</p> <p><b>4.4 Ubicación con respecto a cuerpos de agua</b> Deberá ubicarse a una distancia mayor de 500 m del área urbana; a una distancia mayor de 70 m de las vías de comunicación terrestre, a una distancia mayor de 3 km de áreas naturales protegidas y aeropuertos, vías de comunicación terrestre, a una distancia mayor de 3 km de áreas naturales protegidas y aeropuertos, así como respetar el derecho de vía de 20 m de cada lado de líneas de conducción de energía eléctrica, oleoductos, poliductos, gaseoductos y a una distancia mayor de 150 m de áreas de almacenamiento de hidrocarburos.</p> <p><b>4.5 Drenaje</b> El sitio referido en el punto 1 de esta norma oficial mexicana deberá permitir la salida de aguas de lluvia naturalmente.</p>
---

Por lo que desde la etapa de planeación, el impacto es negativo ya que estaría violando algunas de las especificaciones establecidas por las normas mencionadas para la selección de un sitio de disposición final de residuos sólidos.

#### **V.4.2 Diseño de frente de trabajo y celdas**

Se puede observar que no ha habido un diseño de frente de trabajo, los camiones descargan en donde encuentran un poco de espacio. Cabe mencionar que las normas señalan una altura máxima de 3 m para la construcción de celdas y aquí se desconoce la profundidad que se tiene en las capas de basura, por lo que no se hizo tampoco ningún diseño adecuado de celdas ni colocación de geomembrana. Por lo tanto es de esperarse que, a no ser de alguna capa impermeable del terreno natural, los lixiviados no tiene ningún tipo de impermeabilización que les impida su paso al subsuelo.

#### **V.4.3 Generación de biogás**

Se observó que existe una gran cantidad de tubos que pretenden cumplir con la función de pozos de venteo, colocados a una distancia promedio de 25 m entre uno y otro, carecen de cualquier tipo de protección alrededor, así como de quemadores, además de estar fabricados de PVC, que es un material no resistente a los rayos solares (ultravioleta). Asimismo se observó la quema de hierbas y basura, por lo que la concentración de dichos gases podría ocasionar incendios en el lugar, así como también, daños a la salud por la inhalación de los mismos.

#### **V.4.4 Generación de lixiviados**

Junto al sitio de disposición se pudo observar un canal natural formado por alguna corriente intermitente. A pesar de no tener corriente de agua en el momento de la visita, algunas partes tenían agua estancada, por lo que podrían ser manantiales. Hacia aguas abajo del canal, las condiciones del agua estancada van empeorando ya que cada vez va tomando una consistencia mas viscosa y olor a putrefacción, por lo que el agua ya está contaminada por acción de los lixiviados. Esto se debería a que no construyó un sistema adecuado de drenaje, impermeabilización del terreno ni se construyó un sistema de captación de lixiviados en el sitio. Se desconoce el alcance del daño que podría ocasionar la infiltración de estos líquidos al acuífero.

#### **V.4.5 Drenaje pluvial**

Existen algunos canales que seguramente fueron diseñados para evitar la acción erosiva del agua sobre el lugar de disposición, desafortunadamente estos canales fueron tapados por la misma basura, por lo que en caso de alguna tormenta fuerte se podría esperar que una gran cantidad se infiltre y provoque una alta

concentración de lixiviados. Asimismo los taludes de la basura se encuentran obstruidos por una gran cantidad de bolsas de basura y llantas, que seguramente arrastrarán la basura a lugares de menor altura. No se detectó ningún sistema para dar las pendientes adecuadas de escurrimiento del terreno.

#### **V.4.6 Presencia de fauna nociva**

No se observó la presencia de roedores y debido a la corriente de aire que había en ese momento tampoco se presentó una gran cantidad de moscas o insectos, que seguramente existen y comenzarán a convertirse en una plaga.

#### **V.4.7 Afectaciones a la fauna silvestre**

Existe una gran cantidad de aves que se alimentan la basura, principalmente se observaron garzas y gaviotas. Es de suponerse que muchas de ellas corren peligro de morir, además de ser portadoras de enfermedades que pueden llegar a transmitir a otras especies de aves, animales o incluso al hombre. Esto se debe a que no hay una cobertura diaria de desechos que sirvan para atenuar debidamente la presencia de fauna nociva en el sitio.

#### **V.4.8 Infraestructura**

La falta de seguridad del lugar así como el que no esté cercado, ha permitido que existan pepenadores en el sitio. Hay una pequeña choza de cartón que parece ser la oficina, no existe ningún tipo de servicio ya sea sanitario, corriente eléctrica, agua, etc. Tampoco hay báscula, ni cobertizo para maquinaria, caminos señalamientos, etc.

#### **V.4.9 Impacto social**

En el momento de la visita se pudieron observar unas 20 personas predominantemente mujeres, pepenando entre la basura. Sabemos que estas personas llegan a crear defensas y pueden soportar condiciones sumamente adversas como lo es el vivir entre la basura. Las condiciones infrahumanas en las que se desarrollan día con día ponen en peligro sus vidas, al estar en contacto con tantos desechos de gran peligrosidad, como lo es el de los hospitales. Desafortunadamente no existe ninguna restricción para el acceso de estas personas al lugar.

#### **V.4.10 Personal de operación**

Aparentemente el relleno es operado por dos personas únicamente. Una de ellas es el operador del tractor, que no cuenta con ningún relevo, no utiliza tampoco ningún tipo de protección, ya sea casco, botas o cubrebocas. La otra persona es la encargada del relleno, cuya función básica es la de llevar el control de los

camiones que llegan al sitio. Cabe señalar que no permite el acceso a cualquier persona, principalmente si es del sector salud, no así a los pepenadores. Se desconoce si hay personal encargado del monitoreo ambiental, al menos no se observó algún tipo de construcción para cumplir dicha función.

Como conclusión de este inciso, se presenta a continuación un análisis del daño ocasionado actualmente (Tabla 5.3) y una gráfica (Figura 5.1) que muestra un contraste entre el daño que se esperaba ocasionar cuando se seleccionó el sitio y los daños ocasionados actualmente debido a la mala construcción y operación del relleno sanitario. Se presenta una tabla cualitativa con los valores de adverso significativo, adverso, adverso significativo atenuable, adverso atenuable, benéfico significativo y benéfico.

En las fotos se pueden observar escenas del mal diseño, operación y control del sitio en la actualidad.

#### **V.5 Medidas de mitigación para el impacto ambiental ocasionado actualmente**

##### **RECOMENDACIONES:**

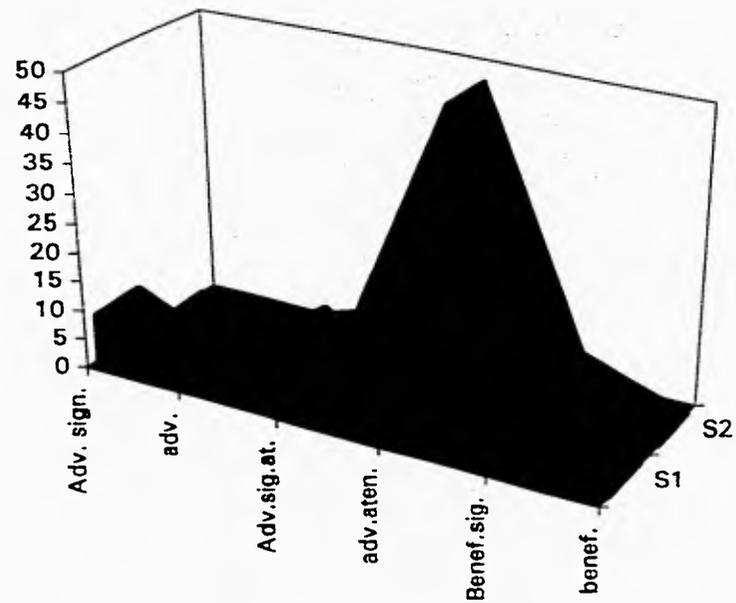
1. Desazolve de los canales que ya se tienen construidos y construcción de canales en aquellas zonas que se encuentran desprotegidas
2. Cercado del lugar y señalamientos adecuados que impidan el paso de personas al lugar.
3. Localización de bancos de material adecuado para cobertura.
4. Acarreo de material de cobertura suficiente para cubrir las áreas descubiertas y el suficiente para realizar una cobertura diaria en lo que se cierra el lugar
5. Limpia de taludes y siembra de zacate para evitar su deslave
6. Acarreo de tierra vegetal y colocación de una capa superficial para la siembra de vegetación resistente y adecuada a las condiciones del sitio, sobre la basura cubierta.
7. Construcción de al menos dos pozos para el monitoreo de lixiviados fuera del basurero, asimismo de las condiciones de la corriente intermitente o manantial que se encuentra a un lado del basurero.
8. Mitigación de la fauna nociva del lugar .
9. Mejoramiento de las condiciones para el personal que opera el basurero.
10. Construcción de oficina y servicios de apoyo como tanque de agua potable, sanitario, cobertizo para maquinaria, etc.

## IMPACTOS AMBIENTALES DEBIDOS A LA DEFICIENTE CONSTRUCCION Y OPERACION DEL RELLENO

	ACTIVIDADES IMPACTANTES			
	A	a	A	a
SUELO				
Calidad del agua				
Drenaje natural				
AGUA SUBTERRANEA				
Calidad del agua				
Recarga del acuífero				
SUELO				
Uso				
Calidad				
Estabilidad				
Erosión			A	
AIRE Y CLIMA				
Calidad del aire			A	
Microclima				a
VEGETACION				
Comunidad vegetal natural			A	
Cultivos			A	
Comunidad animal natural				
Comunidad animal doméstica			A	
Productividad				a
Ciclos nutrientes				
Fauna nociva			A	
ECONOMIA Y SERVICIOS				
Infraestructura y servicios				
Economía regional			A	
Valor histórico			A	
CULTURA Y SOCIEDAD				
Estética del lugar			A	
Migración humana			A	
Riesgos físicos			A	
Enfermedades			A	
Protección civil			A	

Adverso significativo	A
Adverso	a
Adverso mitigable	A
Adverso mitigable	a
Benéfico significativo	B
Benéfico	b

## CONTRASTE ENTRE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTADO Y EL REAL DURANTE OPERACION Y CONSTRUCCION DEL RELLENO



S1.-IMPACTO AMBIENTAL ESPERADO DURANTE LA REALIZACION DEL PROYECTO  
S2.-IMPACTO AMBIENTAL REAL DURANTE LA OPERACION Y CONSTRUCCION

**FIGURA 5.1**

## **CONCLUSIONES**

El proyecto ha permitido presentar la importancia del relleno sanitario como la solución al problema de la basura para una comunidad, planteándolo como una medida preventiva para una gran cantidad de daños ocasionados por el mal manejo de la basura, que deterioran el medio ambiente, incluso de manera irreversible.

Se pudieron ejercitar algunos de los conocimientos que se obtuvieron en el estudio de la carrera de ingeniería civil utilizando como base un método científico que analizó, identificó, corroboró resultados y permitió plantear una solución al problema de la basura en una comunidad determinada.

Técnicamente se presentaron los fundamentos de estudio, diseño y operación en la construcción de un relleno sanitario, mismos que pueden ser aplicados para cualquier caso que pudiera presentarse en algún otro lugar. Pero primordialmente se pudo presentar una solución práctica a un problema real, aplicando los conocimientos adquiridos a través de los estudios prácticos de la ingeniería.

Concientizar a la sociedad acerca de la contaminación y sus consecuencias presentes y futuras, fue otro de los objetivos de esta tesis. La ciudad de Manzanillo propicia, como todas las ciudades, una situación de deterioro ambiental real, que dentro de algunos años afectará de una manera más notoria de lo que ya lo está haciendo, al ser humano y al medio ambiente en el que vive.

Desafortunadamente el problema de la basura no es únicamente técnico, sino que es un problema social y político, que para algunos es una gran fuente de riqueza, aunque suene ilógico. Asimismo sigue existiendo una gran inconsciencia desde los que ostentan el poder y que no creen en invertir grandes presupuestos para este fin, hasta cualquier simple ciudadano que desecha la basura en sitios inadecuados.

Por lo que se refiere a quienes tenemos este conocimiento, corresponde amar al país y el mundo en donde vivimos, hacer frente a los problemas antes de que sea más tarde.

**La palabra "mayordomo" corresponde a alguien a quien se hace responsable de un bien, por lo que a diferencia de cualquier otro ser viviente al hombre se le dio inteligencia, se le dio un bien que es este mundo y se le hizo mayordomo del planeta más hermoso que es la Tierra.**

## **BIBLIOGRAFIA**

**Integrated Waste Managment  
George Thonaboglous  
Mc Graw-Hill**

**Montes de Oca Miguel  
"Topografía"  
Representaciones y servicios de ingeniería**

**Enrique César Valdez  
"Abastecimiento de Agua Potable"  
U.N.A.M.**

**Francisco J. Aparicio Mijares  
Fundamentos de Hidrología de Superficie  
Grupo Noriega Editores**

**Luis Manuel Roca Escoto  
Construcción de rellenos sanitarios, una solución al problema actual  
de la basura en México  
U.N.A.M.**

**PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1994, Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Desarrollo Social.- Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección al Ambiente.

GABRIEL QUADRI DE LA TORRE, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, con fundamento en los artículos 45, 46 fracción II y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, me permito ordenar la publicación en el Diario Oficial de la Federación del proyecto de norma oficial mexicana, NOM-083-ECOL-1994, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales.

El presente proyecto de norma oficial mexicana se publica a efecto de que los interesados dentro de los siguientes 90 días naturales, contados a partir de la fecha de su publicación, presenten sus comentarios ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en Río Eriba número 20, 1er. Piso, Colonia Cuauhtemoc, Código Postal 06500, México, D.F.

Durante el plazo mencionado, los análisis que sirvieron de base para la elaboración del proyecto de norma, estarán a disposición del público para su consulta en el domicilio del Comité

México, Distrito Federal, a veintinueve de marzo de mil novecientos noventa y cuatro - El Presidente del Comité, Gabriel Quadri de la Torre - Rúbrica.

**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-ECOL-1994, QUE ESTABLECE LAS CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS DESTINADOS A RELLENO SANITARIO PARA LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.**

#### 1. OBJETO

Esta norma oficial mexicana establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a relleno sanitario, para la disposición final de los residuos sólidos municipales.

#### 2. CAMPO DE APLICACION

Esta norma oficial mexicana es de observancia obligatoria en la instalación de rellenos sanitarios.

#### 3. DEFINICIONES

##### 3.1 Banco de préstamo

El sitio del que se extraen materiales para diversas aplicaciones.

##### 3.2 Capacidad de intercambio catiónico del suelo

La suma total de cationes intercambiables que puede adsorber un suelo, expresado en miliequivalentes por unidad de peso del mismo.

##### 3.3 Cuerpos de agua

Los lagos, lagunas, acuíferos, ríos y sus afluentes, directos e indirectos, permanentes o intermitentes, presas o embalses, cenotes, manantiales, lagunas litorales, estuarios, esteros, marismas, y en general las zonas marinas mexicanas y otras corrientes de agua.

##### 3.4 Descripción estratigráfica

La descripción de los estratos del suelo, en cuanto a su espesor y características físicas y químicas.

##### 3.5 Falla geológica

El área que presenta desplazamientos por una fisura longitudinal o transversal de origen sísmico o tectónico las cuales producen porosidad y permeabilidad de tipo secundario, dependiendo de su origen.

##### 3.6 Geología

El estudio de la formación, evolución, distribución, correlación y comparación de los materiales terrestres.

##### 3.7 Geohidrología

El estudio del comportamiento de las aguas subterráneas y su composición química.

##### 3.8 Hidrología superficial

El estudio del comportamiento de las aguas superficiales de una cuenca hidrográfica.

##### 3.9 Nivel freático

La superficie de agua que se encuentra únicamente bajo el efecto de la fuerza de gravitación y que delimita la zona de aireación, de la de saturación.

##### 3.10 Topografía

Las características del relieve que presenta el terreno natural.

##### 3.11 Permeabilidad

La propiedad que tiene una sección unitaria de terreno para permitir el paso de un fluido a través de ella sin deformar su estructura, bajo la carga producida por un gradiente hidráulico.

##### 3.12 Relleno sanitario

La obra de ingeniería que reúne características específicas para la disposición final y segura de residuos sólidos municipales.

##### 3.13 Residuo sólido municipal

El residuo sólido que proviene de actividades que se desarrollan en casas-habitación, sitios y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios, así como residuos industriales que no se deriven de su proceso.

##### 3.14 Zona de aireación

El área localizada debajo de la superficie del terreno, en la que las aperturas están parcialmente llenas de aire y parcialmente de agua retenida por atracción molecular.

**3.15 Zona fracturada**

El área que presenta aperturas longitudinales en las rocas o en el suelo conocidas como fracturas sin desplazamiento (diaclasas), las cuales producen porosidad y permeabilidad de tipo secundario, dependiendo de su origen; se clasifican en fracturas de contracción, retención, enfriamiento, erupción, sísmicas o tectónicas.

**3.16 Zona de saturación**

El área que se caracteriza por tener todos sus poros llenos de agua y sus límites se fijan inmediatamente abajo de la zona de aireación y arriba de alguna capa permeable en la profundidad.

**4. ESPECIFICACIONES**

El sitio destinado a relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales deberá reunir las condiciones siguientes:

**4.1 Profundidad del manto freático**

Deberá estar ubicado a una profundidad vertical mayor de 10 m del nivel freático.

**4.1.1 Zona de recarga**

Deberá estar ubicada a una distancia mayor de un kilómetro y aguas abajo de las zonas de recarga de acuíferos o fuentes de abastecimiento de agua potable.

**4.1.2 Ubicación con respecto a la zona de fracturación**

Deberá ubicarse a una distancia horizontal de 100 m como mínimo del límite de la zona de fracturación o falla geológica.

**4.1.3 Características de los estratos del suelo**

Las características físicas de los estratos del suelo se deberán conocer a través del estudio geofísico correspondiente, aplicándolo hasta una profundidad de 120 m.

**4.1.4 Características del suelo**

Deberá reunir condiciones tanto de impermeabilidad como de remoción de contaminantes, representadas estas por el coeficiente de permeabilidad de  $1 \times 10^{-5}$  cm/seg. y por la capacidad de intercambio catiónico de 30 meq/100 grs de suelo.

**4.2 Material para cobertura**

Se deberá contar como mínimo con un 25% de material de cubierta en relación al volumen de los residuos municipales a disponer diariamente.

**4.3 Vida útil del sitio**

Vida útil mínima de 7 años.

**4.4 Ubicación con respecto a cuerpos de agua**

Deberá ubicarse a una distancia mayor de 1 km. De las zonas de inundación, cuerpos de agua y corrientes naturales.

**4.5 Ubicación con respecto a centros de población y vías de acceso**

Estará ubicado a una distancia mayor de 500 m del área urbana; a una distancia mayor de 70 m de las vías de comunicación terrestre, a una distancia mayor de 3 km de áreas naturales protegidas y aeropuertos, así como respetar el derecho de vía de 20 m de cada lado de líneas de conducción de energía eléctrica, oleoductos, poliductos, gaseoductos y a una distancia mayor de 150 m de áreas de almacenamiento de hidrocarburos.

**4.6 Drenaje**

El sitio referido en el punto 1 de esta norma oficial mexicana deberá permitir la salida de aguas de lluvia naturalmente.

**4.7 Topografía**

El sitio destinado a relleno sanitario deberá tener:

**4.7.1 La pendiente media en la base del terreno natural del sitio no mayor del 30 %.**

**4.8 Limitación**

No se podrá operar un sitio destinado a relleno sanitario en zona fracturada.

**5. PROCEDIMIENTO**

Para determinar las condiciones previstas en esta norma oficial mexicana se deberá realizar los siguientes estudios:

**5.1 Estudio geofísico**

Para determinar la estructura, zonas y capas acuíferas, así como la diferencia entre materiales permeables e impermeables y fijar espesores y posición de unos y otros, efectuando sondeos eléctricos verticales a una profundidad de 120 m., su número estará en relación a las hectáreas con que cuenta el sitio.

hectáreas	No. l de sondeos eléctricos verticales
1 - 4	3
4 - 9	5
9 - 15	7
15 - 21	10
21 - 50	12
más de 50	20

**5.2 Estudio geohidrológico**

Para conocer la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea, así como la dirección, velocidad del escurrimiento, o flujo de la misma y su composición química.

**6. ACLARACIONES**

Cuando el terreno donde se instalará el relleno sanitario no cumpla con las condiciones y características señaladas en los puntos 4.1 y 4.1.4, la autoridad competente podrá autorizar la realización de medidas y obras, cuyos efectos resulten equivalentes a los que se obtendría en el cumplimiento de los requisitos previstos en la presente norma oficial mexicana, cuando se le acredite técnicamente su efectividad.

**7. VIGILANCIA**

Los gobiernos del Distrito Federal, de los Estados y municipios en el ámbito de su jurisdicción y competencia, vigilarán el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

**8. SANCIONES**

El incumplimiento de la presente norma oficial mexicana, será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en cada entidad federaliva y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

**9. BIBLIOGRAFIA**

- 9.1 Manual de Relleno Sanitario SEDUE, Subsecretaría de Ecología, 1984.
- 9.2 Manual de Hidráulica Azevedo Alvarez (Editorial Harla)
- 9.3 Mecánica de Suelos E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez (1970)
- 9.4 Sanitari Landfill Design and Operation Dr. Brunner & D.J. Keller, U.S.E.P.A. 1971
- 9.5 Buranek, D. (1987) Construction Guide Liners, Civil Engineering, Nov.1987
- 9.6 EPA Liners Workshop For Region VI and State Permit Writers, Dallas, Texas Environmental Protection Agency (1985)
- 9.7 Standar Number 54 Flexible Membrane Liners, Ann Arbor, Michigan. National Sanitation Fundation (1985)
- 9.8 Poly-America Inc. Reference Manual. An Engineering Aproach to Groundwater Protection, Grand Praire, Texas.
- 9.9 Polyfelt Ts. Chemie Linz (Manual de diseño y Práctica).
- 9.10 Hazardous Waste Engineering Research Laboratory. U.S. Enviromental Protection Agency.
- 9.11 Geosynthetic Desingn Guidance for Hazardous Waste Landfill Cells and Surface Impoundments Cincinnati, Ohio. Soil 6 Materia Engineers, Inc.
- 9.12 Dura-flex. An Innovation for the Environmental Containment Industry. Grand Praire, Texas. Yazdar G. and Nobert J.
- 9.13 Manual de Manejo de Desechos Sólidos Caterpillar Caterpillar.
- 9.14 Guia de Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios. Manuales de Organizacón Panamericana de la Salud. Jorge Jaramilo y Francisco Zepeda (1991).
- 9.15 Practical Waste Management. John R. Holmes (1983) Editorial John Wiley & Sons.
- 9.16 Estudio de Comportamiento de un Relleno Sanitario mediante una celda de contrci D.D.F. (1992).

**10. VIGENCIA**

La presente norma oficial mexicana entrará en vigor a los ciento veinte días naturales después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

**PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-084-ECOL-1994, Que establece los requisitos para el diseño de un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Secretaría de Desarrollo Social.- Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección al Ambiente.

GABRIEL QUADRI DE LA TORRE, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, con fundamento en los artículos 45, 46 fracción II y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, me permito ordenar la publicación en el Diario Oficial de la Federación de proyecto de norma oficial mexicana, NOM-084-ECOL-1994, que establece los requisitos para el diseño de un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias.

El presente proyecto de norma oficial mexicana se publica a efecto de que los interesados dentro de los siguientes 90 días naturales, contados a partir de la fecha de su publicación, presenten sus comentarios ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en Río Elba número 20 1er. Piso, Colonia Cuauhtémoc, Código Postal 06500, México, D.F.

Durante el plazo mencionado, los análisis que sirvieron de base para la elaboración del proyecto de norma, estarán a disposición del público para su consulta en el domicilio del Comité.

México, Distrito Federal, a veintinueve de marzo de mil novecientos noventa y cuatro.- El Presidente del Comité, Gabriel Quadri de la Torre.- Rúbrica.

**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-084-ECOL-1994, QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS PARA EL DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO Y LA CONSTRUCCION DE SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS.**

**1. OBJETO.**

La presente norma oficial mexicana tiene como objeto establecer los requisitos para el diseño de un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias.

**2. CAMPO DE APLICACION**

Esta norma oficial mexicana es de observancia obligatoria para el diseño de un relleno sanitario y construcción de sus obras complementarias.

**3. DEFINICIONES****3.1 Residuo sólido municipal**

El residuo sólido que proviene de actividades que se desarrollan en casa-habitación, sitios y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios, así los residuos comerciales e industriales que no se deriven de su proceso.

**3.2 Generación**

La cantidad de residuos sólidos originados por el componente unitario de una determinada fuente en un intervalo de tiempo.

**3.5 Peso volumétrico**

El peso de los residuos sólidos contenidos en una unidad de volumen.

**3.6 Disposición**

La descarga, depósito, inyección, vertido, derrame o colocación de cualquier tipo de residuo en o sobre el suelo o cualquier cuerpo de agua.

**3.8 Relleno sanitario**

La obra de ingeniería para la disposición final y segura de los residuos sólidos municipales.

**3.9 Celda**

El bloque unitario de construcción de un relleno sanitario.

**3.10 Celda diaria**

Las áreas definidas donde se esparcen y compactan los residuos sólidos durante un día, siendo cubiertos al final del mismo, con una capa de algún material que en caso de ser suelo, también se compacta.

**3.11 Material de cubierta**

El material de origen natural o sintético, utilizado para cubrir los residuos sólidos con el propósito de controlar el ingreso de diversos organismos, así como controlar la humedad de los estratos de residuos, el movimiento de gas producido por la degradación de la materia orgánica, el inicio y propagación de incendios, la dispersión de residuos y también proporcionar al sitio una apariencia adecuada.

**3.12 Cubierta diaria**

La capa de material natural o sintético con que se cubre a los residuos depositados durante un día de operación.

**3.13 Cubierta intermedia**

El estrato de material natural o sintético con que se cubre una franja o capa de residuos en un relleno sanitario.

**3.14 Cubierta final**

El revestimiento de material natural o sintético que confina el total de las capas de que consta un relleno sanitario.

**3.15 Lixiviado**

La solución resultante de la disolución y suspensión de algunos constituyentes de los residuos en el agua que los atraviesa.

**3.16 Biogás**

La mezcla de gases, producto de la descomposición biológica de la fracción orgánica de los residuos sólidos.

**3.17 Sistema pasivo de extracción**

El sistema utilizado para controlar el movimiento del biogás a presión natural y mediante el mecanismo de convección.

**3.18 Sistema activo de extracción**

El control del movimiento del biogás mediante una presión negativa inducida (vacío)

**3.19 Zona de impacto sísmico**

El área que tiene una probabilidad mayor o igual al 10 % de que la aceleración horizontal en roca dura exceda el 10% de la aceleración de la gravedad (g) en 250 años.

**4. DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO**

**4.1** El diseño de un relleno sanitario, para la disposición final de los residuos sólidos municipales, deberá sujetarse al siguiente procedimiento:

**4.1.1 Topografía**

Información referente a la forma superficial y del perímetro (límites) del sitio, que deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

**4.1.1.1 Planimetría**

1. Tolerancia Angular =  $1' N 1/2$

2. Tolerancia lineal =  $1/3000$

Donde:

N = Número de Vértices de la poligonal.

3. Ubicación de los límites del predio, cursos o cuerpos de agua superficial, áreas de inundación, caminos en servicio, líneas de conducción existentes en el sitio (luz, agua, drenaje, gas, teléfono, etc.), así como todo tipo de estructuras y construcciones existentes dentro del predio.

**4.1.1.2 Altimetría**

Una vez establecido un banco de nivel fijo y de fácil localización, se deberá efectuar una nivelación a lo largo de las poligonales abierta y cerrada con puntos de nivelación, a cada 20 m. como máximo y especificar la altura de los sistemas de conducción, que atraviesen el sitio, incluyendo sus sistemas de sujeción.

## 4.1.1.3 Secciones

Se deberán ubicar secciones apartir de la estación 0+000 del camino de acceso, debiendo referenciarse a las estaciones establecidas sobre el perfil del camino, las secciones serán siempre perpendiculares al eje del camino de acceso y abarcarán 20 m., a cada lado de dicho eje. Para la poligonal cerrada, se establecerá un eje central que divida al predio en dos áreas aproximadamente iguales, debiendo definirse ejes paralelos a cada 50 m., mismos que deben seccionarse transversalmente a cada 25 m. aproximadamente para superficies de 8 hectáreas o menos y a cada 50 m. en terrenos mayores a 8 hectáreas.

## 4.1.1.4 Configuración topográfica

Las curvas de nivel se trazarán de acuerdo a los siguientes requerimientos: A cada medio metro para sitios planos y ligeramente ondulados y cada metro para ondulados, hondonadas profundas y valles escarpados.

## 4.1.2 Cantidades y características de los residuos sólidos

Se deberá recabar información referente a las cantidades y características de los residuos sólidos, tanto actuales como proyectadas para un período mínimo igual a diez años o bien igual al período de vida útil del sitio. En caso de que estos datos no se encuentren disponibles, se deberán realizar los muestreos correspondientes conforme a lo establecido en las siguientes normas mexicanas:

NMX-AA-61-1985	DETERMINACION DE LA GENERACION
NMX-AA-15-1985	MUESTREO-METODO DE CUARTEO
NMX-AA-22-1985	SELECCION Y CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS
NMX-AA-19-1985	DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO "IN-SITU"

## 5. SELECCION DEL METODO

La selección del método a utilizar para la operación del relleno sanitario, se deberá realizar con base a las condiciones topográficas, geomorfológicas y geohidrológicas del terreno elegido, seleccionando de entre los siguientes; trinchera, área y combinado.

## 6. REQUERIMIENTOS VOLUMETRICOS

Los requerimientos volumétricos para el diseño del Relleno Sanitario, deberán obtenerse para los años estimados, mediante los volúmenes totales anuales y acumulados tanto de los residuos sólidos municipales como del material de cubierta, empleando para ello la proyección de generación de residuos y los pesos volumétricos establecidos en la tabla 1.

TABLA 1  
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

TAMANO DEL ASENTAMIENTO HUMANO	PARA DISEÑO DE LA CELDA DIARIA PESO VOLUMETRICO TON/M3	PARA EL CALCULO DE VIDA UTIL PESO VOLUMETRICO TON/M3
HASTA 500.000 HAB.	0.500	0.750
MAYORES DE 500.000 HAB.	0.600	0.900

## 7. CALCULO DE LA CAPACIDAD VOLUMETRICA

El cálculo de la capacidad volumétrica del sitio, deberá realizarse considerando la configuración topográfica que presente el predio donde se alojará el relleno sanitario, así como sus niveles de desplante. Se deberá reportar por cada curva de nivel la capacidad volumétrica parcial y acumulada.

## 8. CALCULO DE LA VIDA DEL SITIO

El cálculo de la vida útil del sitio deberá obtenerse por medio de la capacidad volumétrica total del sitio, la cantidad de residuos a disponer y el volumen de material de cubierta requerido, conforme a la siguiente ecuación:

$$U = V / (365 G_t)$$

Donde:

U = Vida útil del relleno sanitario, expresado en años.

V = Volumen del sitio seleccionado, expresado en M3.

G<sub>t</sub> = Volumen ocupado por la cantidad total diaria de residuos sólidos a disponer más la cantidad de material de cubierta demandado para cubrir esos residuos, expresado en m3/día.

## 9. DIMENSIONES DE LA CELDA DIARIA

## 9.1 Altura de la celda

La altura máxima deberá ser de 3.00 m. incluyendo el espesor de los residuos a disponer y el material de cubierta requerido.

## 9.2 Ancho de la celda

El ancho de la celda (frente de trabajo) deberá estar determinado por la longitud necesaria para el funcionamiento adecuado y ejecución de maniobras del equipo, tanto de compactación como de transporte.

9.2.1 Para poblaciones de hasta 250.000 hab. el frente de trabajo se define conforme a la ecuación siguiente:

$$F = 0.0333 N T X$$

Donde:

F = Longitud del frente de trabajo, expresado en metros.

N = Número de vehículos recolectores en la hora pico.

T = Tiempo promedio de descarga de cada vehículo recolector, expresado en minutos.

X = Ancho de los vehículos recolectores, expresado en metros.

9.2.2 Para poblaciones mayores de 250,000 hab. El ancho mínimo del frente de trabajo debe calcularse conforme a la ecuación siguiente:

$$F = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (X_i)^2}$$

Donde:

F = Longitud del frente de trabajo, expresado en metros.

X<sub>i</sub> = Ancho de la hoja topadora de cada una de las máquinas que se utilizarán simultáneamente, expresado en metros.

i = Número de equipos.

9.2.3 El largo de la celda se deberá calcular en función de la altura y el ancho previamente determinados, conforme a la ecuación siguiente:

$$L = \frac{V}{WA}$$

Donde:

L = Largo de la celda, expresado en metros.

V = Volumen de la celda, expresado en M<sup>3</sup>.

W = Ancho de la celda, expresado en metros.

A = Altura de la celda, expresado en metros.

9.2.4 Con base al método de área las celdas se construirán inicialmente en un extremo del sitio y se avanza hasta terminar con el otro extremo, cuando existan ondulaciones y depresiones en el terreno deberán ser utilizadas como respaldo conforme a las primeras celdas de una determinada capa constructiva.

Criterio constructivo:

I. Se prepara el terreno para trabajarlo a base de terrazas y al mismo tiempo extraer material para cubierta.

II. El frente de trabajo o ancho de la celda se calculará de acuerdo a lo establecido en los puntos 9.2.1 y 9.2.2.

III. Los cortes al terreno se harán, siguiendo la topografía del sitio para formar terrazas y aprovechar máximo el terreno.

IV. El talud de la celda diaria tendrá una relación de 1:3 ángulo de 18°.

V. Cada celda del relleno será contigua con la del día anterior y así sucesivamente hasta formar una hilera de celdas que se denominarán franjas. Estas celdas se construirán de acuerdo con la topografía del sitio.

VI. Las franjas al irse juntando forman capas, estas se construirán considerando la altura del sitio disponible para el relleno y al ubicarse en el plano de construcción, se calendarizan y se numeran de abajo hacia arriba usando 3 subíndices, uno indicando capa, el segundo indicará la franja y una tercera para la celda diaria.

VII. Las cubiertas intermedias que sirven de separación de las celdas diarias serán de 30 cms. el espesor de la cubierta debe ser de 60 cms.

VIII. La compactación de los residuos dependerá de su composición, del grado de humedad y del equipo utilizado. Para obtener entre un 50 a 70 por ciento de reducción de su volumen.

IX. Las cubiertas tendrán una pendiente del 2 % para el drenado adecuado que impidan el paso del agua, para evitar la erosión se deberán revegetar con especies propias de la región.

9.2.5 Con base al método de trinchera las celdas se construirán sobre la base del talud de la trinchera donde los residuos son compactados en capas inclinadas, posteriormente será cubierta con el material excavado de la futura trinchera.

Criterio constructivo:

I. La profundidad mínima de la trinchera será de 2.00 m. de los cuales 1.50 m. será de residuos y el resto de material de cubierta.

II. La trinchera deberá contar con una pendiente del 2 % que permita el drenado de la excavación a lo largo de toda su longitud.

III. El ancho de la trinchera será como mínimo de 9.00 m. para facilitar la descarga de los y la operación de la excavación de la máquina.

IV. El procedimiento constructivo, será el mismo a partir del punto IV de los criterios de construcción de las celdas por el método de área.

#### 10. OBRAS COMPLEMENTARIAS

El relleno sanitario deberá comprender además del diseño de las celdas de confinamiento, con las obras complementarias que correspondan de acuerdo a la densidad de población expresada en la tabla 2.

TABLA 2  
RANGO DE POBLACION

INSTALACION DE	NUMERO DE HABITANTES			
	HASTA 50 MIL	50,001 A 200 MIL	200 MIL A 500 MIL	500 MIL EN ADELANTE
AREA DE ACCESO Y ESPERA		*	*	*
CERCA O AREA PERIMETRAL		*	*	*
CASETA DE VIGILANCIA	*	*	*	*
CASETA DE PESAJE Y BASCULAS		*	*	*
CAMINOS PERMANENTES	*	*	*	*
AREA DE EMERGENCIA DE DISPOSICION FINAL		*	*	*
DRENAJES PERIMETRALES E INTERIORES	*	*	*	*
INSTALACION DE ENERGIA ELECTRICA		*	*	*
POZOS DE MONITOREO PARA LIXIVIADOS		*	*	*
SEÑALAMIENTOS FIJOS Y MOVILES	*	*	*	*
SISTEMA DE CAPTACION DE BIOGAS	*	*	*	*
AREA DE AMORTIGUAMIENTO		*	*	*
ALMACEN Y COBERTIZO		*	*	*
AREA ADMINISTRATIVA		*	*	*
SERVICIOS SANITARIOS		*	*	*
SISTEMA DE MONITOREO DE BIOGAS		*	*	*
SISTEMA DE CAPTACION Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS		*	*	*

#### 11. AREAS DE ACCESO Y ESPERA

11.1 Las áreas de acceso y espera tienen como propósito el control de entradas y salidas del personal de los vehículos de recolección.

11.2 El acceso al relleno sanitario debe tener un ancho de 8.00 m. como mínimo.

11.3 Antes del acceso al frente de trabajo se deberá tener una área de espera con la capacidad suficiente para el estacionamiento de los vehículos recolectores y de transferencia en la hora pico.

#### 12. CERCA PERIMETRAL

El Relleno Sanitario deberá estar cercado, como mínimo con alambre de púas de cinco filos de 1.50 m. de alto, a partir del nivel del suelo con postes de concreto o tubos galvanizados, debidamente empotrados, colocados a cada 3 m entre sí, para poblaciones de hasta 500,000 habitantes, y como mínimo con malla ciclónica de 2.20 m. de alto para poblaciones mayores.

#### 13. CASETA DE VIGILANCIA

Las dimensiones de la caseta de vigilancia tendrá como mínimo 4 M<sup>2</sup> y deberá instalarse a la entrada al relleno sanitario, pudiendo ser construida con materiales propios de cada región.

#### 14. CASETA DE PESAJE Y BASCULA

14.1 Las dimensiones de la caseta de pesaje tendrán como mínimo 16 M<sup>2</sup> para alojar el dispositivo indicador de la báscula y el mobiliario necesario para el registro y archivo de datos.

14.2 La báscula deberá ubicarse cerca de la entrada del relleno sanitario y contar con:

14.2.1 Superficie de dimensiones suficientes para dar servicio a la unidad recolectora o de transferencia de mayor volumen de carga.

14.2.2 Capacidad acorde a la unidad recolectora de mayor volumen de carga.

14.2.3 La báscula deberá ser de una precisión de 5 Kg. y su instalación deberá apegarse a las especificaciones del fabricante.

#### 15. CAMINOS

15.1 Los caminos serán de dos tipos exteriores e interiores.

15.2 Los caminos exteriores deben cumplir como mínimo las especificaciones siguientes:

15.2.1 Ser de trazo permanente, y

15.2.2 Garantizar el tránsito por ellos en cualquier época del año, a todo tipo de vehículos que acudan al relleno sanitario.

15.3 Cuando por volumen de tránsito y de la capacidad de carga de los vehículos, se haga necesaria la colocación de la carpeta asfáltica, esta superficie de rodamiento deberá estar sobre el nivel de despiece, misma que definirá la subrasante, en este caso, para recibir la carpeta se deberá construir:

15.3.1 Una sub-base con espesor mínimo de 12 cm formada de material natural producto de excavación o explotación de bancos de materiales, y

15.3.2 Una base con espesor de 12 cm de grava controlada y arena compactada al 90 % de la proctor.

15.3.3 El espesor de la carpeta asfáltica, cuya finalidad es proporcionar una superficie estable, uniforme, impermeable y de textura apropiada, se calculará en función del valor relativo de soporte del suelo, de la carga de diseño y del volumen de tránsito.

15.4 Los caminos internos deben cumplir las especificaciones siguientes:

15.4.1 Deberán permitir la doble circulación de los vehículos recolectores, hasta el frente de trabajo del relleno sanitario.

15.4.2 Deberán ser de tipo temporal y que no presenten pendientes mayor del 5 %

**16. CRITERIOS PARA LA CONSTRUCCION DE LOS CAMINOS**

Los caminos interiores y exteriores deberán ser diseñados y construidos conforme a los criterios básicos establecidos en la tabla 3.

**TABLA 3  
CRITERIOS BASICOS PARA CAMINOS**

CAMINOS EXTERNOS		CAMINOS INTERNOS			
CLASES DE CAMINOS					
CARACTERISTICAS	PLANO ONDULADO	Y MONTAÑOSO	MUY ACCIDENTADO	PLANO Y ONDULADO	ACCIDENTADO
VEL DE DISEÑO EN KM/H	60	40	30	40	25
GRADO MAXIMO	11.00'	24.30'	44.00'	23.00'	57.00'
RADIO MINIMO (m)	105	47	26	50	20
ANCHO DE CORONA (m)	6	6	6	4	4
PENDIENTE MAXIMA (%)	8	9	10	5	5
CARGA PARA DISEÑO	HS-20	HS-20	HS-20	HS-10	HS-10
CARGA SUPERF DE RODAMIENTO	REVESTIDO	REVESTIDO	REVESTIDO	TRANSITABLE EN CUALQUIER EPOCA DEL AÑO	TRANSITABLE EN CUALQUIER EPOCA DEL AÑO

**17. AREA DE EMERGENCIA**

17.1 El área de emergencia será destinada para la recepción de los residuos municipales, cuando por situaciones climatológicas no permita la operación en el frente de trabajo, para facilitar la operación del relleno, además se deberá contar con lonas plásticas, residuos provenientes de demolición, o del barrido de calles para cubrir los residuos.

17.2 El área de emergencia deberá:

17.2.1 Estar ubicada en el área que presente las mejores condiciones para su operación.

17.2.2 Que su capacidad sea suficiente para una operación ininterrumpida de 6 meses.

17.2.3 Que exista material adecuado y en condiciones suficientes para cubrir diariamente los residuos.

**18. DRENAJE**

18.1 Las obras de drenaje serán de tipo permanente y temporal.

18.1.1 Las obras de drenaje permanentes se construirán en los límites del relleno que tienen como objeto la captación del escurrimiento de aguas arriba, los canales deberán revestirse con mortero cemento-arena en proporción de 1:3 o mediante un sampeado de piedra junteada con mortero cemento-arena en proporción 1:5 la velocidad del agua dentro de los canales no debe ser menor de 0.60 m/seg. ni mayor de 2.00 m/seg.

18.1.2 Las obras de drenaje temporal deberán construirse mediante canales de sección triangular con taludes de 3:1, rellenos de grava de 3 cm. de tamaño máximo para evitar socavones, y captar las aguas pluviales para conducir las fuera del área de trabajo.

18.1.3 Para los drenajes permanentes y temporales, el dimensionamiento de canales, se deberá efectuar mediante la fórmula de Manning, obteniendo el gasto de diseño a partir del método racional americano o la fórmula de Burkliezlegler.

Fórmula del método racional americano

$$Q = \frac{CIA}{0.36}$$

Donde:

Q = Gasto máximo expresado en L/seg.

C = Coeficiente de escurrimiento

i = Intensidad de lluvia máxima horaria promedio, expresado en mm/hr.

A = Area por drenar expresado en ha.

0.36 = Factor de conversión

Fórmula de Burkliezlegler

$$Q = 27.78 C i S^{1/4} A^{3/4}$$

Donde:

Q = Gasto máximo expresado en L/seg.

- C = Coeficiente de escurrimiento (sin dimensiones)  
i = Intensidad de lluvia máxima horaria promedio, expresado en mm/hr.  
S = Pendiente del terreno expresado en milésimas  
A = Area por drenar expresado en ha.

27.78 = Factor de conversión.

Estas obras de drenaje, deberán diseñarse con capacidad para manejar caudales iguales o mayores al de una tormenta con período de retorno de 25 años.

#### 19. INSTALACION DE ENERGIA ELECTRICA

Las instalaciones de energía eléctrica deberán satisfacer las necesidades de iluminación y energía en señalamientos exteriores e interiores, requerimientos en oficinas, e instalación de alumbrado en los frentes de trabajo.

#### 20. SEÑALAMIENTOS

Los señalamientos se dividirán en 3 géneros: informativos, preventivos y restrictivos, pudiendo ser de tipo móvil o fijo y deberán ajustarse a lo establecido en el "Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Carreteras y Carreteras," editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

#### 21. SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION

21.1 El sistema de impermeabilización será utilizado para aquellos rellenos sanitarios donde el nivel de aguas freáticas se localice a menos de 10 m. de profundidad.

21.2 El sistema de impermeabilización deberá diseñarse para toda la base del relleno y podrá ser de origen tanto natural como sintético, o bien alguna combinación de éstos, debiendo asegurar una permeabilidad mínima de  $1 \times 10^{-5}$  cm/seg. Se deberá demostrar que los materiales que integran dicho sistema no se deteriorarán ni perderán sus propiedades y ser resistentes a los esfuerzos físicos que resulten del peso de los materiales y residuos que serán colocados sobre este sistema de impermeabilización.

21.3 Los materiales de origen natural pueden ser importados o bien del mismo sitio y en ambos casos se deberá especificar el manejo o trato que deberá darseles para reducir su permeabilidad a los límites establecidos o en su defecto se deberá demostrar que su espesor es capaz de absorber o atenuar la carga contaminante de los lixiviados, evitando su migración hacia los acuíferos.

#### 22. SISTEMAS DE CAPTACION Y EXTRACCION DE LIXIVIADOS

22.1 Deberá instalarse un sistema de captación de lixiviados inmediatamente por encima del sistema de impermeabilización.

22.2 Los sistemas de captación de lixiviados deberán ser capas drenantes, ubicadas principalmente en la base del relleno y sobre cualquier capa superior donde se espere tener acumulación de líquidos y estar diseñadas para conducir de la forma más rápida posible el agua libre del relleno hasta cárcamos de colección. Estas capas drenantes podrán constituirse en forma de redes de drenes (tuberías perforadas) o trincheras. Su pendiente mínima debe ser de 0.4 % y su conductividad hidráulica de  $1 \times 10^{-5}$  m/seg para espesores de 0.3 m. o bien una transmisibilidad hidráulica de  $3 \times 10^{-5}$  M<sup>2</sup>/seg para espesores menores.

#### 23. POZOS DE MONITOREO PARA LIXIVIADOS

23.1 Los sistemas de monitoreo para lixiviados deberán contar de por lo menos 3 pozos de muestreo que se sitúen uno en la dirección del flujo de las aguas subterráneas a 500 m. antes de llegar al sitio del relleno sanitario otro a 500 m. aguas abajo del sitio, y el último en el sitio del relleno.

23.2 Los pozos que se ubican fuera del relleno sanitario deberán profundizar 2 m. dentro del acuífero y el nivel o base del relleno.

23.3 La construcción de los pozos de monitoreo para lixiviados deberán realizarse únicamente con materiales y técnicas que aseguren la no contaminación del acuífero, y podrán ser de un diámetro mínimo, que permita la introducción y recuperación del sistema muestreador debiendo ser este último resistente a la corrosión.

#### 24. SISTEMA DE CAPTACION DE BIOGAS

24.1 Se deberá construir estructuras verticales de 60 a 100 cms. de lado a manera de chimenea, con malla y varilla, rellenos con piedra, esta estructura se desplantará 30 cms. abajo del fondo del relleno y en la parte superior se cubre con una placa de concreto, dejando un tubo con cuello de ganso, u otro sistema dependiendo de la cantidad generada de gas y el uso que se le de (ver anexo correspondiente).

24.2 Se deberán instalar 2 pozos por hectárea de relleno.

24.3 Independientemente del sistema de control que se use, el biogás que sea venteado o extraído, deberá ser quemado. El diseño de la instalación y del quemador deberá reunir las condiciones adecuadas para un óptimo funcionamiento.

#### 25. SISTEMA DE MONITOREO PARA BIOGAS

25.1 El sistema de monitoreo de biogás será utilizado para aquellos rellenos sanitarios que sean construidos en quebradas, barrancas depresiones, zanjas, etc., o en el caso que exista el contacto directo de los residuos sólidos con paredes, en las cuales se pueda presentar la migración de biogás de forma horizontal.

25.2 Los sistemas de monitoreo para identificar la migración de biogás estará integrado por pozos distribuidos a lo largo del perímetro del relleno sanitario.