

36
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"CAMPUS ARAGON"

**"MANEJO, TRATAMIENTO Y EL RELLENO SANITARIO
COMO DISPOSICION FINAL DE DESECHOS SOLIDOS
EN EL MUNICIPIO DE ECATEPEC, ESTADO DE
MEXICO".**

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

ALEJANDRO HERNANDEZ GARCIA

Asesor de Tesis: Ing. Jesús V. Mejía Miramón

1995

CAMPUS



ARAGON SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO

1996



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 está 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

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

ALEJANDRO HERNÁNDEZ GARCÍA
PRESENTE.

En contestación a su solicitud de fecha 27 de septiembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JESÚS V. MEJÍA MIRAMÓN pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "MANEJO, TRATAMIENTO Y EL RELLENO SANITARIO COMO DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE ECATEPEC, ESTADO DE MÉXICO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México., 29 de septiembre de 1985
EL DIRECTOR

En I CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO

- c c p Jefe de la Unidad Académica.
- c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Civil.
- c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/11a.

11/oct/85
Reubi original y copia

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

DEDICATORIAS

A MI MADRE:

María del Carmen García Cruz, por la confianza y su apoyo durante las distintas etapas de mi formación académica.

A MIS HERMANOS (AS) Y FAMILIARES:

Alberto y principalmente a Dominga y Margarita por el aliento y comprensión en los momentos difíciles, con ese mismo sentimiento a mi cuñado Adán y a mis sobrinos (as) Maritza, Diana y Luis Abel.

A MIS AMIGOS (AS) Y COMPAÑEROS (AS):

Que de alguna forma influyeron en mi formación profesional, tanto dentro como fuera de la institución educativa. En especial a los compañeros de la Secretaría de Ecología del Estado de México por su valiosa aportación.

CON HUMILDE RESPETO PARA:

El Ingeniero J. Vicente Mejía Miramón, quien gracias a su orientación y asesoría, hizo posible la culminación de este trabajo.

BRINDO UN ESPECIAL RECONOCIMIENTO PARA:

Cada uno de mis distinguidos profesores (as) y miembros del H. Jurado.

Y FINALMENTE UN SINCERO SENTIMIENTO PARA:

La UNAM y en especial para la ENEP ARAGON, por abrirme sus puertas y concederme el honor de ser universitario.

GRACIAS

**COMO EL MAR INMENSO
SOLO HE AVANZADO
HASTA DONDE MIS
MANOS VEN Y TOCAN....
... Y QUE NO TODO
ALCANZARE , PERO
TENDRE EL ORGULLO DE
HABERLO INTENTANDO.**

INDICE GENERAL

	Pág.
Prólogo.....	1
Introducción.....	3
Objetivo General.....	6
CAPITULO I	
Generalidades del Municipio de Ecatepec, Estado de México.....	7
1.1 Superfil histórico.....	7
1.2 Su medio Físico y Geográfico.....	8
1.2.1 Localización.....	8
1.2.2 Superficie.....	9
1.2.3 Hidrología.....	10
1.2.3.1 Cuenca del Valle de México.....	11
1.2.4 Clima.....	14
1.2.5 Geología.....	15
1.2.5.1 Provincia del eje neovolcánico.....	16
1.2.6 Geohidrología.....	21
1.2.6.1 Zonas de sobreexplotación de acuíferos.....	22
1.2.6.2 Recomendaciones de acuíferos sobreexplotados temporalmente.....	23
1.2.7 Suelos.....	24
1.2.8 Orografía.....	26
1.2.9 Minería.....	27
1.2.10 Clasificación y uso del suelo.....	28
1.3 MARCO SOCIAL.....	28
1.3.1 Población.....	28
1.3.2 Educación, cultura, recreación y deporte.....	28
1.3.3 Salud.....	29
1.3.4 Vivienda.....	29
1.3.5 Servicios públicos.....	29
1.4 MARCO ECONOMICO.....	30
1.4.1 Población económicamente activa.....	30
1.5 MARCO JURIDICO.....	30
1.5.1 Reglamentación municipal.....	31
1.5.2 Ley de ingresos.....	31
1.6 GOBIERNO Y ADMINISTRACION.....	31
1.6.1 Organigrama estructural.....	32
1.6.2 Relaciones Gobierno-Sociedad.....	33
CAPITULO II	
2.1 Generación, recolección y transporte de desechos sólidos.....	35
Generalidades.....	35
2.1.1 Los residuos.....	35
2.1.2 Los residuos peligrosos.....	36
2.1.2.1 Clasificación de los residuos peligrosos.....	37
2.1.3 Los desechos sólidos.....	38
2.1.3.1 Definición de desechos sólidos.....	39

	2.1.3.2	Clasificación de desechos sólidos.....	39
	2.1.3.3	El desecho sólido residual.....	40
	2.1.3.4	Características de los desechos sólidos.....	40
	2.1.3.5	Composición de los desechos sólidos.....	41
	2.1.3.6	Ciclo de los desechos sólidos.....	42
2.2		Generación.....	43
	2.2.1	Generación per cápita.....	44
	2.2.1.1	Cantidad de generación per cápita en el Municipio.....	45
	2.2.1.2	Fórmula de la generación per cápita en relación a estratos de nivel socioeconómicos..	46
	2.2.1.3	Métodos de población futura.....	47
	2.2.1.4	Tipos de generación per cápita neta en Ecatepec.....	54
	2.2.1.5	Almacenamiento.....	59
2.3		Transporte.....	61
	2.3.1	Tipos de transporte.....	61
	2.3.1.1	Selección de equipo.....	62
	2.3.1.2	La situación del transporte en Ecatepec.....	66
	2.3.1.3	Características y requisitos que debe observar una concesión jurídicamente.....	67
2.4		Recolección.....	69
	2.4.1	Métodos de recolección.....	69
	2.4.1.1	Factores de seguridad recomendados en la recolección.....	70
	2.4.1.2	Frecuencia de recolección y la determinación de el volumen almacenado....	70
2.5		Zonificación.....	71
	2.5.1	Métodos de zonificación.....	71
	2.5.1.1	Método Heurístico.....	72
	2.5.1.2	Método determinístico.....	77

CAPITULO III

		Sistemas de tratamiento de desechos sólidos.....	80
3.1		Generalidades.....	80
	3.1.1	¿Que es tratar un desecho sólido?.....	80
	3.1.2	Importancia en el Ayuntamiento.....	80
3.2		Clasificación de los sistemas de tratamiento.....	81
	3.2.1	Pirólisis.....	81
	3.2.2	Incineración.....	84
	3.2.3	Composteo.....	86
	3.2.4	Reciclaje y reuso.....	89
	3.2.5	Trituración.....	92
	3.2.6	Empacado o embalado.....	92
	3.2.7	Procesado de desechos.....	95
	3.2.8	Disposición final.....	96
	3.2.8.1	El depósito.....	96
	3.2.8.2	El relleno sanitario.....	97
	3.2.8.3	Vertido a corrientes de agua.....	97
	3.2.8.4	Vertedero a cielo abierto.....	97

	3.2.8.5	Quema al aire libre.....	97
	3.2.8.6	Alimentación de animales con desechos.....	98
3.3		Resumen general de los sistemas de tratamiento.....	99
	3.3.1	Pretratamiento a corto plazo en el Municipio.....	100
	3.3.2	Pretratamiento a largo plazo en el Municipio.....	101

CAPITULO IV

		La situación actual en la selección del sitio y sus alternativas.....	102
4.1		Generalidades.....	102
	4.1.1	Definición de impacto ambiental.....	103
	4.1.2	Riesgo ambiental.....	103
		4.1.2.1 Contaminación del suelo.....	103
		4.1.2.2 Contaminación del agua.....	104
		4.1.2.3 Contaminación del aire.....	105
		4.1.2.4 Influencia de riesgo en un vertedero semi-controlado.....	106
4.2		La situación actual en la selección del sitio de disposición final.....	107
	4.2.1	Aspecto físico del sitio.....	108
	4.2.2	Fórmula general de la vida útil de un sitio de disposición final.....	110
	4.2.3	Aspectos físicos y legales concernientes al Ayuntamiento y al sitio actual.....	111
	4.2.4	Características físico-geográficas del sitio de disposición final.....	113
	4.2.5	Evaluación previa del sitio actual.....	118
	4.2.6	Diagnóstico del sitio de disposición final.....	120
	4.2.7	Conclusiones y recomendaciones.....	122

CAPITULO V

		El relleno sanitario como disposición final.....	123
5.1		Generalidades.....	123
5.2		¿Que es un relleno sanitario?.....	123
	5.2.1	Selección preliminar del sitio como relleno sanitario....	124
		5.2.1.1 Aspectos técnicos.....	124
		5.2.1.2 Tipo de terreno para un relleno sanitario.....	127
		5.2.1.3 Ventajas y desventajas de un relleno sanitario.....	128
		5.2.1.4 Principios básicos de un relleno sanitario.....	129
		5.2.1.5 Metodología para el cálculo del área necesaria de un relleno sanitario.....	129
		5.2.1.6 Protección de acuíferos por lixiviación.....	142
5.3		Métodos de capacidad de volumen en un relleno sanitario.....	146
	5.3.1	Método de zanja o trinchera.....	146
	5.3.2	Método de área.....	147
	5.3.3	Método combinado.....	147
	5.3.4	Fórmulas que determinan el volumen útil en un relleno sanitario.....	149
	5.3.5	Residuos generados en un relleno sanitario.....	155

	5.3.5.1	Sistema de captación de biogás.....	157
5.3.6		Diseño de una celda.....	158
	5.3.6.1	Diseño de franjas.....	160
	5.3.6.2	Diseño de capas.....	160
	5.3.6.3	Material de cobertura.....	160
5.3.7		Obras complementarias en la construcción de un relleno sanitario.....	161
	5.3.7.1	Control de acceso, pesaje y tráfico.....	162
	5.3.7.2	Medidas preventivas contra polvos, olores e incendios.....	163
	5.3.7.3	Pozos de monitoreo.....	163
5.3.8		Visita final del relleno sanitario.....	164

CAPITULO VI

		La educación ambiental enfocada a la generación de desechos sólidos.....	165
6.1		Generalidades.....	165
6.2		Antecedentes de la educación ambiental en México.....	166
	6.2.1	Base de una educación ambiental en materia de desechos sólidos.....	166
	6.2.1.1	Educación ambiental en sitios de afluencia poblacional.....	168
	6.2.1.2	Educación ambiental en centros educativos..	168
6.3		Los sistemas de tratamiento en la educación ambiental individual y colectivamente.....	169
	6.3.1	Sistemas de tratamiento del desecho sólido en la educación ambiental individual.....	169
	6.3.2	La educación ambiental colectiva en base a sistemas de tratamiento de desechos sólidos.....	173
	6.3.3	La participación industrial.....	174

CONCLUSIONES

ANEXOS

		ANEXO 1 (Leyes).....	175
		ANEXO 2 (Proyecto de norma y complemento).....	176
		ANEXO 3 (fotografías).....	176
		ANEXO 4 (Cartografía).....	179
		ANEXO 5 (Cuestionario).....	200
		BIBLIOGRAFIA	206
			210
			218

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

Fig	1.1	Emblema de Ecatepec.....	8
Fig.	1.2.1.	Localización de Ecatepec.....	9
Fig.	1.2.2.	Cuencas hidrológicas del Estado de México.....	11
Fig.	1.2.3.	Vientos predominantes en la Zona Metropolitana.....	14
Fig.	1.2.4.	Distribución geológica de Ecatepec.....	16
Fig.	1.2.5.	Provincias geológicas del Estado de México.....	17

Fig.	1.2.6.	Distribución del suelo en Ecatepec.....	26
Fig.	1.6.1.	Organigramaestructural.....	32
Fig.	2.1.1.	Ciclo de los desechos sólidos.....	43
Fig.	2.2.1.	Porcentaje de recuperación, con fines de reciclaje en Ecatepec.....	46
Fig.	3.2.1.	Destilación destructiva o pirólisis.....	83
Fig.	3.2.2.	Fermentación o composta.....	87
Fig.	3.2.3.	Reciclaje del vidrio.....	89
Fig.	3.2.4.	Planta de embalado y compactación.....	93
Fig.	3.2.5.a	El volumen de un sitio se aprovecha al máximo con la apilación de balas.....	94
Fig.	3.2.5.b	Producción de balas.....	94
Fig.	3.2.6.	Energía a partir de residuos.....	95
Fig.	4.1.	Contaminación del agua subterránea.....	105
Fig.	4.2.1.	Vista frontal del sitio de disposición final.....	108
Fig.	4.2.2.	Vista trasera del sitio de disposición final.....	108
Fig.	4.2.3.	Vista lateral izquierda.....	108
Fig.	4.2.4.	Vista lateral derecha del sitio de disposición final.....	109
Fig.	4.2.5.	Panorámica general del sitio de disposición final.....	109
Fig.	4.2.6.	Altura promedio del sitio de disposición final.....	110
Fig.	4.2.7.	Localización del Vertedero Municipal.....	112
Fig.	5.2.1.	Nivel topográfico idóneo del relleno sanitario relativo a cuerpos de agua.....	126
Fig.	5.2.2.	Nivel topográfico del relleno sanitario ubicado negativamente en relación a cuerpos de agua.....	127
Fig.	5.2.3.	Escurrimiento de lixiviados por gravedad.....	142
Fig.	5.2.4.	Sistema de protección con materiales impermeables en el fondo de un relleno concluido.....	142
Fig.	5.2.5.	Captación por bombeo de lixiviados.....	143
Fig.	5.2.6.	Distribución de galerías captantes de lixiviados.....	143
Fig.	5.2.7.a	Inyección de lechada de cemento con el fin de impermeabilizar sus costados y su fondo.....	143
Fig.	5.2.7.b	Control del nivel freático.....	143
Fig.	5.2.7.c	Sin existencia de un medio de control.....	144
Fig.	5.2.7.d	Pared conductora del nivel freático.....	144
Fig.	5.2.8.	Técnica del control de infiltración.....	144
Fig.	5.2.9.	Combinación de drenajes y una pared conductora o barrera, empleada para la prevención de líquidos contaminantes dentro del nivel freático y arroyos.....	145
Fig.	5.2.10	Pared circular conductora del nivel freático en combinación con la extracción por bombeo, con el fin de prevenir la contaminación de las aguas freáticas.....	145
Fig.	5.3.1.	Método de trinchera.....	146
Fig.	5.3.2.	Método de área.....	147
Fig.	5.3.3.	Sitio idóneo como método combinado.....	148
Fig.	5.3.4.	Método combinado.....	148
Fig.	5.3.5.a	Alturas y profundidades de las plataformas del sitio actual.....	153
Fig.	5.3.5.b	Alturas y profundidades del sitio actual y adyacente.....	153
Fig.	5.3.5.c	Método combinado en el sitio de disposición final.....	154
Fig.	5.3.6.	Interconexión de los sistemas de drenaje.....	157
Fig.	5.3.7.	Captación de biogás.....	158

Fig.	5.3.8.	Distribución de chimeneas.....	158
Fig.	5.3.9.	Etapas en el diseño de una celda.....	159
Fig.	5.3.10	Instalaciones en un relleno sanitario.....	162
Fig	6.3.1.	Protección de árboles con neumáticos.....	169
Fig	6.3.2.	Secuencia del sistema de tratamiento de composta doméstica.....	172

INDICE DE TABLAS

Tab	5.1.	Evaluación y valores para la selección del sitio para relleno sanitario.....	125
Tab	5.2	Datos tabulados del cálculo del área necesaria de un relleno sanitario.....	140

PROLOGO

Si el cuestionar, el que el Ingeniero Civil se adentre, en el área del ambiente en sus diferentes ramas, es sólo por la urgencia que se vive en la actualidad.

El constante crecimiento poblacional y las características de la zona, tanto económica como social, determinan el tipo de trabajo a realizar o necesidades a cumplir en un plazo preestablecido. Estas obras proyectadas pueden ser desde un abastecimiento de agua potable, alcantarillado, vías terrestres, construcción en edificación, en puentes, obras hidráulicas, movimientos de tierras, etc., con los conocimientos matemáticos, económicos administrativos, geológicos, geohidrológicos, topográficos y sobre mecánica de suelo principalmente. Y ahora actualmente un conocimiento sobre materia de impacto ambiental. Porque en lo anterior descrito sobre los proyectos, se observa que son obras necesarias como evolución de una sociedad, pero sin embargo existe un constante deterioro a corto o largo plazo del ecosistema, por lo tanto si se toma una conciencia ecológica, dependiendo de la magnitud de la obra proyectada, su impacto será mínimo, ya que es posible evaluar un impacto ambiental con anterioridad.

Si es una obra proyectada mal encausada ecológicamente; puede ocasionar daños irreversibles al ciclo ecológico de la zona.

Sobre la elección del tema de desechos sólidos, el motivo principal es precisamente en relación de la población actual en general y su falta de educación ambiental.

Si cada individuo de una sociedad depositara la basura o desecho ya sea orgánica e inorgánica en sitios separados para su posterior recolección y tratamiento; la generación sería mínima y no afectaría al medio ambiente.

Y esto no ocurre en este sentido, al contrario cada individuo, no siente culpa alguna, es todo un suceso negativo en conjunto, y como en toda acción, se refleja una reacción, los problemas se generan con mayor magnitud y ahora son más escasos los sitios o terrenos de disposición final.

La recuperación mínima de subproductos (inorgánicos) y la falta de tratamiento de desechos como alimentos (orgánicos), propician la gran generación de desechos sólidos en Ecatepec.

La ubicación de un sitio para disposición final más razonable es abajo de una curva de nivel topográfica determinada en relación a una curva de nivel más alta donde se encuentren cuerpos de agua o depósitos subterráneos (manantiales).

Por lo que es importante conocer todo lo relacionado en general de este Municipio, y determinar el efecto que se puede suscitar en impacto ambiental.

INTRODUCCION

Anteriormente, por la falta de un control de población en el municipio de Ecatepec, no se considero el impacto ambiental que se podría generar con esta concentración, principalmente por la oferta del suelo accesible en la década de 1980-1990 y por consecuencia la insuficiencia de equipamiento en infraestructura y servicios para atender la demanda de esta población.

Dentro de los principales factores que impactan en el medio ambiente, destacan los escurrimientos como son: el canal de las sales, el gran canal de desagüe y el río de los remedios; y los superficiales como son : los asentamientos humanos, la extracción de material con dinamita en cerro gordo presentando altos riesgos para el área de influencia y el tema a tratar que es la generación de *desechos sólidos*.

El crecimiento poblacional convirtió al Municipio en una zona conurbada y la más poblada de los Municipios del Estado de México, siendo que en el periodo de 1960 a 1970, se incremento 5 veces la población; de 1970 a 1980, se incremento 3 veces; de 1980 a 1990 se duplico y de 1990 al 2000, su incremento será 1.5 veces con una población aproximada de 2´000,000 habitantes. Aquí la tasa anual de crecimiento bajo del 14 % al 5 % pero la población sigue aumentando.

Por esta razón, hoy en día con este incremento poblacional en el Municipio, se originan problemas de eliminación de desechos sólidos, principalmente por el nivel de vida económica y la falta de educación ambiental en los diversos sectores de la población que incrementan esta generación; aunar la escases de sitios idóneos; a la falta de educación de técnicas para el Manejo, Tratamiento y Disposición final de Desechos Sólidos Municipales; y a la falta de conocimientos que determinen una Evaluación previa de Impacto Ambiental en un sitio de disposición final.

Todo lo anterior origina, que se afecte, a corto o largo plazo al ecosistema, a la salud pública y a la imagen del Municipio.

Basandose en la Ley de Ingresos de los Municipios del Estado de México para el Ejercicio Fiscal de 1994 y la Ley de Hacienda Municipal, no se prevé, ni impuesto, ni el pago de derecho alguno; desde el punto de vista general, el servicio de recolección y transporte debe ser gratuito y en su defecto en impuestos se cubren los gastos.

Por lo que el Municipio en relación con el H. Ayuntamiento, permite la concesión de vehículos particulares que ayudan en la recolección, ya que sin estos el servicio sería insuficiente, permitiéndoles también el cobro por los servicios al público, y por lo cuál ocasiona disgustos a estos.

Posteriormente de esta recolección se envían a vertederos semi-controlados en terrenos propuestos que pueden ser ejidales rentados o privados. Y hasta su fin de su vida útil, con el material de cobertura poner fin a su ciclo.

En el sitio de disposición final, tanto al transporte público como el privado ingresan a depositar los desechos sólidos, pero sin llevar un control de estos, y no existen delimitaciones del área ocupada, ni una zona de pesaje del tráfico vehicular, con el motivo de conocer lo más fehaciente posible la cantidad generada por día de los desechos a disponer. A su vez ponen en riesgo a la gente independiente que pepeña si ocurriera un siniestro, al no disponer con un área especial donde estos laboren en forma controlada.

Cuando se practica una técnica inadecuada, ocasiona, debido a la composición de desechos sólidos a la creación de fauna nociva, la contaminación del suelo y a través de él, los mantos acuíferos, crean malos olores que pueden ser arrastrados hacia las áreas de población, por lo que es importante un adecuado sitio y una eficiencia en las labores realizadas en un sitio de disposición final.

Por estas razones un relleno sanitario aparece como el más ideal, siendo en México el más empleado, por ser el más económico en la actualidad en nuestro País.

Es posible diagnosticar un sitio de disposición final con una evaluación técnica previa basado en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL/94 Y NOM-084-ECOL/94, que establecen las condiciones que deben reunir los sitios destinados para relleno sanitario, así como el diseño y la construcción de sus obras complementarias.

Se aclara que el sitio actual de Disposición Final es un relleno semi-controlado al no operar debidamente como relleno sanitario.

En la actualidad diversos medios de comunicación han tratado de implementar una Educación Ambiental adecuada, con el fin de diferenciar basuras orgánicas de inorgánicas. A las industrias se les ha impuesto que a las envolturas o envases de sus productos, coloquen etiquetas ambientales, por ejemplo: si es tóxico, si es reciclable, si el producto introducido es orgánico o inorgánico, etc. Sin embargo no ha sido suficiente, por lo que se tratará en el presente trabajo de las ventajas y desventajas de todo lo relacionado con desechos sólidos, así como alternativas de lo más conveniente a seguir en el Municipio de Ecatepec.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de la presente tesis es dar a conocer la importancia de una educación actual de la técnica del Manejo, Tratamiento y disposición final de desechos sólidos municipales y coadyuvar con el Municipio, con la Comunidad Universitaria y otros Centros de Investigación en tomar conciencia sobre el Impacto Ambiental que provocan los desechos sólidos al modificar el Ecosistema natural y afectar a la salud pública por lo que se propondrán alternativas de solución y de eficientar la técnica del Manejo, Tratamiento y la Disposición final en el Municipio de Ecatepec, Estado de México.

CAPITULO I

GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE ECATEPEC, ESTADO DE MEXICO

1.1. Su perfil Histórico.

Con fecha 1o. de Diciembre de 1980, la legislatura local aprobó el decreto 296, por medio del cuál se elevó a la categoría de ciudad la villa con el nombre de Ecatepec de Morelos, apellido en honor de José María Morelos y Pavón.

Que fue apresado por las fuerzas realistas y fue juzgado por los tribunales eclesiásticos y fusilado el 22 de Diciembre de 1815.

Por este motivo desde 1980, el nombre completo del Municipio es: Ecatepec de Morelos.

Su Glifo: la palabra Ecatepec procede del náhuatl, ya que "Ehécatl" es la advocación de Quetzalcoátl como señor de los vientos o del aire; "tepetl" es cerro y "c" en.

Su definición completa es: " En el cerro consagrado al dios del viento o del aire". (1)

(1) MEXICO, Secretaría de Programación y Presupuesto., Los Municipios del Estado de México, Colección: Enciclopedia de los Municipios de México., pág.173.



Fuente: Colección:
Enciclopedia de los
Municipios de
México, 1988.

Fig 1.1. Emblema de Ecatepec

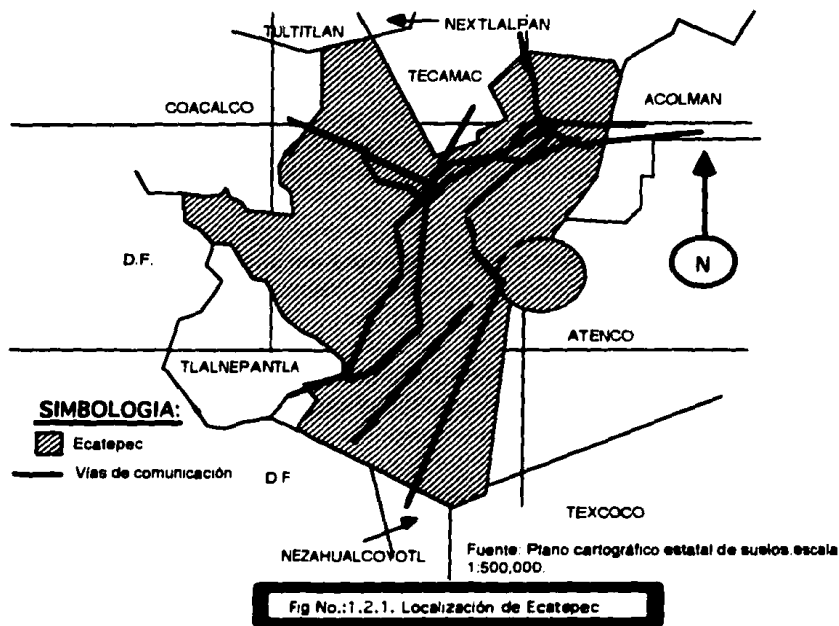
1.2. Su Medio Físico y Geográfico

1.2.1. Localización

El Municipio de Ecatepec pertenece a la región de Texcoco; se ubica al oriente del Estado de México entre el paralelo $19^{\circ}19'24''$ de latitud norte y meridiano de Greenwich $19^{\circ}19'49''$ de longitud oeste, y una altitud de 2500 metros sobre el nivel del mar.

Sus límites y colindancias son : al norte con el Municipio de Tecámac; al sur con el Distrito Federal y Nezahualcóyotl; al oriente con los Municipios de Acolman y Atenco, y al Poniente con Tlanepantla, Coacalco y el Distrito Federal.⁽²⁾

(2) Ibid.,pág.174



1.2.2. Superficie

Tiene una extensión de 186.813 km². Políticamente, Ecatepec se integra por un total de 367 localidades, siendo las principales: la cabecera Municipal (San Cristobal), Santa Clara, Jardines de Casa Nueva, San Agustín, Valle de Aragón, Venta de Carpio, Santo Tomas Chiconautla, Ciudad Azteca y Colonia los Reyes.⁽³⁾

(3) Idem

1.2.3. Hidrología

Destaca el río de los remedios y las corrientes de arroyos continuos, que se forman en temporadas de lluvia, así como el gran canal de desagüe, que proviene del Distrito Federal y cruza todo el Municipio.

En el lado oeste de la localidad, se encuentra situado el depósito de evaporación solar el Caracol, compuesto por las aguas del lago de Texcoco. Pertenece su territorio a la Cuenca del Valle de México.⁽⁴⁾

Dentro del Estado de México queda comprendido el Municipio en la siguiente región hidrológica ;"Alto Pánuco" , en la porción norte del estado con 7 933.830 km² de superficie (No. 26).

Esta región abarca las zonas de Cuatitlán, Teotihuacán, Texcoco y Chalco, las cuales forman parte de la Cuenca del Valle de México. Existe en el área de Texcoco un gran evaporador solar en forma de espiral conocido como "El Caracol", con una superficie de 900 has; destinado a la concentración de las aguas salobres provenientes del "lavado" de los suelos de la región, con el fin de hacerlos industrialmente aprovechables. Los acuíferos de la región hidrológica son semiconfinados (formación geológica que transmite muy lentamente el agua).

Desde 1944, la empresa Sosa Texcoco, S. A., explota las aguas superficiales y subterráneas del hoy extinto lago de Texcoco, con lo que comenzó a surtir el evaporador solar. Los acuíferos de la región de Texcoco tienen dos fuentes de alimentación o recarga:

- i).-Recarga directa o vertical de sales en forma de salmueras.
- ii).-Recarga horizontal aguas subterráneas provenientes de las regiones vecinas.

(4) .Idem

Actualmente la salmuera, que se obtiene de más de 300 pozos, cuyas profundidades varían entre los 30 y 65 m, es conducida por medio de una tubería a tanques colectores, de los que a su vez se rebombee para ser concentrada en un evaporador solar conocido con el nombre "El Caracol", donde permanece aproximadamente 6 meses antes de ser enviada a la planta de proceso de carbonato de sodio (Na_2CO_3), sosa cáustica (NaOH) y sal común (NaCl).⁽⁵⁾

1.2.3.1. Cuenca del Valle de México



Fig 1.2.2. Cuencas hidrológicas del Estado de México.

(5). MEXICO, Secretaría de Programación y Presupuesto., Síntesis Geográfica del Estado de México, pág. 21, 25

Parte de la Cuenca del Valle de México se localiza en la zona noreste y este del Estado de México, hasta el año de 1789 la cuenca del Valle de México fué una Cuenca cerrada, y a partir de ese año drenó hacia la cuenca del río Pánuco a través del Tajo de Nochistongo. Dentro del territorio del Estado de México se localizan parte de cuatro subcuencas de la Cuenca del Valle de México, estas son : la subcuenca Ciudad de México; la subcuenca del Lago de Texcoco; la subcuenca del Río de las Avenidas; y la subcuenca del río Cuautitlán. (6)

El drenaje natural de estas subcuencas es como se describe a continuación : dentro del Estado de México hay dos partes de la Subcuenca de la Ciudad de México.

La primera se ubica en la parte Poniente de la Ciudad de México, existen algunos rios y arroyos que bajan de la Sierra de las Cruces con sentido de escurrimiento del poniente al oriente, hacia la zona central de la subcuenca de la Ciudad de México, entre los principales rios están el río el Tornillo, río Hondo, río Sordo, río los Cuartos, río Totolica, río Chico de los Remedios, Barranca el Colorado, río San Mateo Nopala, barranca Tepatlaxco, río Tlanepantla, río San Javier.(7)

Los escurrimientos de estos rios llegan al Lago de Texcoco a través del Río de Los Remedios; la segunda subcuenca se localiza en la parte este del Estado corresponde al escurrimiento de rios y arroyos que bajan de la Sierra Nevada con dirección de este a oeste, entre los principales están el río Amecameca, el río San Rafael, el Arroyo Santo Domingo, el río Miraflores, el río San Francisco.

El río Amecameca desemboca a la Laguna de Tláhuac para que de ahí se conduzcan sus escurrimientos hacia el río de la Compañía a través del Canal General.(8)

(6) MEXICO, Gobierno del Estado de México. Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado y Saneamiento del Estado de México. Tomo I pág. 39., sección 2.3

(7) Idem

(8) Idem

El río San Francisco llega directamente al río de la Compañía, este río drena hasta el Lago de Texcoco ; la subcuenca del Lago de Texcoco se ubica en la zona este del Estado, los ríos y arroyos escurren con dirección del oeste al este, se generan en las faldas de la Sierra Tlalóc-Telapón localizada enseguida de la Sierra Nevada, al norte de esta. Entre los principales ríos y arroyos están el río Coatepec, el río Tlalmimilolpan, el río Santa Mónica, el río San Bernardino, el río Chapingo, el río Texcoco, el río Coxcacocac , el río Papalotla y el río San Juan Teotihuacán o Mexcuipaya, siendo este último el que tiene una mayor superficie de cuenca. (9)

Todos estos ríos desembocan directamente al Lago de Texcoco, en donde se regularizan los escurrimientos y se reutilizan algunos volúmenes de agua, principalmente en el riego de superficies del Distrito de Riego de Chiconautla, y los volúmenes de agua excedentes se drenan hacia la cuenca del río Pánuco, a través del Gran Canal de Desagüe y de los túneles viejo y nuevo de Tequisquiác; la subcuenca del río de Las Avenidas se localiza en la zona norte de la Entidad, este río viene del vecino Estado de Hidalgo escurre con dirección del este al oeste y descarga los volúmenes de agua que conduce a la Laguna de Zumpango; en la zona centro norte del Estado se ubica la subcuenca del río de Cuatitlán, este río nace en la zona noroeste de la Ciudad de México en los ríos La Colmena, San Idelfonso y San Pedro, los cuales escurren de poniente a oriente y descargan sus escurrimientos a la presa Guadalupe, de esta presa el río sale con el nombre de río Cuautitlán, mas aguas abajo por su margen izquierda recibe al río Chico de Tepozotlán, el cual tiene varios afluentes, siendo los más importantes el San Pablo, El Ocote, Lanzarote y el Portezuelo.(10). Después de la confluencia del río Chico de Tepozotlán al río Cuatitlán, este escurre con dirección franca hacia el norte hasta llegar al Tajo de Nochistongo, através del cual el río cruza el parteaguas hacia la cuenca del río Pánuco.(11)

(9) Idem

(10) Idem

(11) Idem

1.2.4. Clima

'Su clima es templado, clasificado en un subgrupo de climas semisecos, con lluvias en verano y escasas a lo largo del año.

La precipitación media anual es de 500 a 600 mm; el rango térmico medio oscila entre 14 y 18 grados centígrados.

La máxima incidencia de lluvias se registra en el mes de Julio, con un rango entre 110 y 120 mm, y la mínima en Febrero, con un valor menor de 5mm.

El mes más cálido es Junio, con una temperatura entre 18 y 19 grados centígrados; Diciembre es el más frío con una temperatura entre 11 y 12 grados centígrados.'⁽¹²⁾



'Los vientos dominantes durante el día y a lo largo del año provienen del noreste, con velocidades medias superficiales del orden de 2 m/s.

(12) Síntesis Geográfica del Estado de México. *Op. cit.* págs. 3-6

Durante la noche, los vientos fríos de las montañas descienden hacia el valle.⁽¹³⁾

1.2.5. Geología

El Estado de México se encuentra dividido en dos provincias Geológicas que son: El Eje Neovolcánico y La Sierra Madre del Sur, siendo la primera donde se encuentra ubicado el Municipio de Ecatepec.

En Ecatepec, la Geología es variada y en base al plano cartográfico estatal de geología ; escala 1:500,000; se encuentran distribuidos en la extensión territorial municipal los siguientes rasgos geológicos:

La Edad del suelo es Cenozoica, su período varía dependiendo la zona:

i).-En Período Cuaternario, con una litología de suelos aluviales, residuales y lacustres , su simbología es: (Q(S))

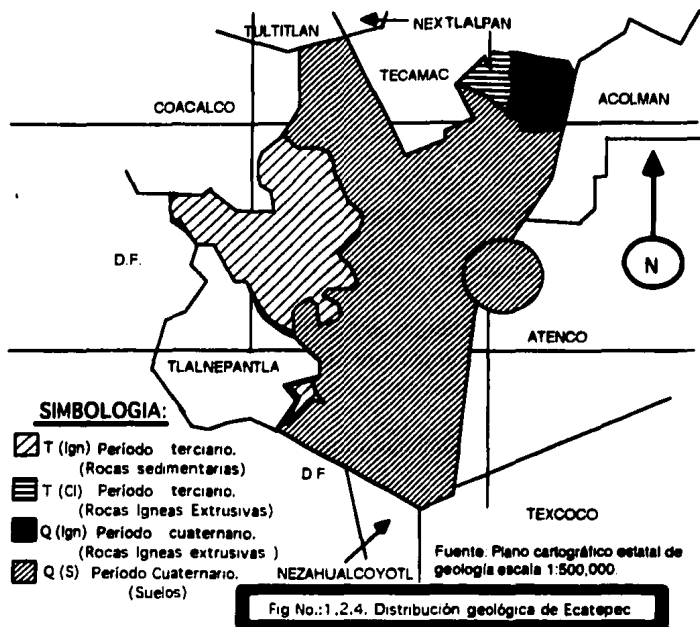
ii).-En período Cuaternario, con una litología de Rocas Igneas Extrusivas como basalto, toba y brecha volcánica, su simbología es : (Q(Ign)).

iii).-En Período Terciario, con una litología de Rocas Sedimentarias como arenisca, conglomerado, arenisca-conglomerado y arenisca-toba, su simbología es: (T(Ign)).

iv).-En Período Terciario, con una litología de Rocas Igneas Extrusivas como basalto, riolita, andesita, toba y brecha volcánica. Su simbología es :(T(CI)).

Existe una falla inversa al Poniente del Municipio de 5.8 kilómetros aproximadamente de longitud.

(13) MEXICO. Programa Integral contra la contaminación atmosférica, un compromiso común. hoja 13



1.2.5.1. Provincia del Eje Neovolcánico

Dentro del territorio del Estado de México, se ubican parte de tres subprovincias de la Provincia del Eje Neovolcánico, estas son: la de Mil Cumbres; la de los Llanos y Sierras de Querétaro e Hidalgo; y la de los Lagos y Volcanes de Anáhuac (en esta subprovincia se encuentra el Municipio de Ecatepec).⁽¹⁴⁾

En la figura siguiente se muestran las Provincias Geológicas:

(14) .Plan Maestro de agua potable , alcantarillado y saneamiento del Edo de Méx., TOMO I., op.cit pág 13. sección 2.3.



La Provincia del Eje Neovolcánico es una enorme masa de rocas volcánicas de todos los tipos, acumulada en innumerables y sucesivos episodios volcánicos que se iniciaron a mediados del Terciario, y que continúan en el presente.

La integran grandes sierras volcánicas, grandes coladas lávicas, conos dispersos o en enjambre, amplios escudovolcanes de basalto, depósitos de arenas cenizas, etc., dispersos entre extensas llanuras.

Comprende también la cadena de grandes estrato-volcanes que se denominan propiamente "Eje Neovolcánico", la cual atraviesa el país casi en línea recta, más o menos en el paralelo 19, y da el trazo de la gran Falla Clarión, forman parte de esta cadena los volcanes Zinantécatl (Nevado de Toluca), Popocatepetl e Iztaccihuatl. Otro rasgo esencial de la provincia es la presencia de las amplias cuencas cerradas ocupadas por los lagos como el de Texcoco, o por depósitos de lagos antiguos como son los de Zumpango, Chalco y Xochimilco, que se han formado al bloquear la lava u otros productos volcánicos el drenaje original, o bien debido al afallamiento, rasgo también característico de la provincia.

Subprovincia Mil Cumbres

Esta subprovincia, de extensión relativamente reducida, es una región accidentada y complicada por la diversidad de sus geoformas, que descienden hacia el sur. Abarca sierras volcánicas complejas, debido a la variedad de sus antiguos aparatos volcánicos, mesetas lávicas escalonadas, lomeríos basálticos, penetra en la parte oeste del Estado de México, ocupa 6.49 % (1,508.481 km²) de la superficie total Estatal.

El sistema de topoformas más importante en la Entidad es el de lomeríos de colinas redondeadas con mesetas de basalto, ubicado en la región de Valle Bravo. Se presentan además la sierra de laderas abruptas, la sierra de laderas tendidas, la sierra de laderas complejas, el lomerío suave con mesetas, el valle de laderas tendidas, la meseta lávica y un pequeño llano aislado.⁽¹⁵⁾

Subprovincia de los Llanos y Sierras de Querétaro e Hidalgo

'Esta subprovincia de llanos más o menos amplios interrumpidos por sierras bajas y dispersas, tiene cierta afinidad con la del Bajío Guanajuatense pero es más estrecha y sus sierras son más bajas.

(15) Idem

La provincia penetra en tres puntos de la parte Norte del Estado de México y cubre 1,415.294 km² (6.09% de la superficie total de la Entidad). Únicamente se presentan en ella cuatro sistemas de topoformas: la sierra de laderas tendidas (es un sistema en el que las laderas del macizo montañoso son tendidas, al menos en alguno de sus lados), los escudo-volcanes aislados o en conjunto (son volcanes apartados y de poca altura), la llanura de piso rocoso (es una llanura de aluviones profundos, limitada por fase dúrica, que se encuentra entre 30 cm hasta más de un metro de profundidad), y el lomerío de colinas redondeadas (sistema formado por lomas suaves, redondeadas).

Subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac

Esta subprovincia, en cuyo territorio se incluye la capital Estatal, la ciudad de Toluca, está integrada por grandes sierras volcánicas o aparatos individuales que se alternan con amplios vasos lacustres. En ella se levantan algunos volcanes más altos del país, como el Popocatepetl, el Ixtaccíhuatl, el Zinantécatl (Nevado de Toluca) y muchos otros más pequeños. Los vasos de antiguos lagos se encuentran distribuidos entre las sierras y demás aparatos volcánicos, de manera que los mayores quedan ubicados en la cuenca de México (conjunto lacustre Texcoco-Chalco-Zumpango-Xochimilco). En el Estado de México, la subprovincia ocupa 14 315.69 km² (61.6 % de la superficie Estatal total). Dentro de los límites de la Entidad, la subprovincia cubre la cuenca del Valle de México, que se extiende hacia el norte por territorio hidalguense, hacia el este por la Sierra Nevada, hacia el oeste por la Sierra de las Cruces, y hacia el sur por parte de la Sierra del Ajusco, penetrando además en los terrenos lacustre de la cuenca. Más al oeste, abarca el Valle de Toluca - un vaso lacustre más bien antiguo - y la sierra de Zinantécatl (Nevado de Toluca), más escudo - volcanes y lomeríos contiguos.

Al norte, comprende el importante valle del río Lerma y la sierra compleja del Cerro El Pollo.

La Sierra Nevada (Poyauhtécatl), está orientada de norte a sur y separa las cuencas del Valle de México y del Valle de Puebla, tiene casi 80 km de longitud y de 33 a 40 km de anchura. Comenzó a levantarse desde el Mioceno (hace unos 23 millones de años) cuando se inició la fuga de materiales volcánicos a causa de lo que debe haber sido una falla rectilínea orientada en el mismo sentido que la actual sierra.

De los volcanes que la constituyen, sólo el Popocatepetl continúa activo. La tendencia a mayores altitudes hacia el sur refleja una lenta emigración de los focos de actividad en ese sentido a través del tiempo.

Entre estas cumbres hay puertos laterales, de los que el Paso de Cortés, a 3,600 msnm y situado entre el Popocatepetl y el Ixtaccíhuatl, es el más conocido por su importancia y su accesibilidad. Aunque hay una gran variedad de rocas volcánicas, se observa un claro predominio de los tipos andesíticos.

Las laderas son escarpadas sobre el elevado eje central pero se suavizan lateralmente, lo que da como resultado un perfil transversal burdamente cóncavo. Entre las variaciones que presenta el terreno, son dignas de mención las siguientes: algunos llanos intermontados al oeste del Río Frio y otro más extenso al noroeste de la cabeza del Ixtaccíhuatl; depósitos de nube ardiente y pedregales en Río Frio, el pedregal de Nealtican en Puebla y depósitos de flujo de lodos volcánicos (lahares) al suroeste del Popocatepetl.

Las laderas de la sierra, particularmente los del lado de la cuenca de México, están surcadas por un gran número de cañadas y barrancas. En las altas cumbres hay inicios de glaciares, aunque es probable que actualmente se encuentren en retroceso.

Vaso Lacustre. La cuenca de México era cerrada hasta 1789, año en que se abrió el tajo de Nochistongo. Hasta esta fecha albergaba cinco unidades lacustres, que cubrían en conjunto, unos 1000 km² a lo largo de un eje norte-sur de 70 km de longitud.

La Sierra Nevada (Poyauhtécatl), está orientada de norte a sur y separa las cuencas del Valle de México y del Valle de Puebla, tiene casi 80 km de longitud y de 33 a 40 km de anchura. Comenzó a levantarse desde el Mioceno (hace unos 23 millones de años) cuando se inició la fuga de materiales volcánicos a causa de lo que debe haber sido una falla rectilínea orientada en el mismo sentido que la actual sierra.

De los volcanes que la constituyen, sólo el Popocatepetl continúa activo. La tendencia a mayores altitudes hacia el sur refleja una lenta emigración de los focos de actividad en ese sentido a través del tiempo.

Entre estas cumbres hay puertos laterales, de los que el Paso de Cortés, a 3,600 msnm y situado entre el Popocatepetl y el Ixtaccíhuatl, es el más conocido por su importancia y su accesibilidad. Aunque hay una gran variedad de rocas volcánicas, se observa un claro predominio de los tipos andesíticos.

Las laderas son escarpadas sobre el elevado eje central pero se suavizan lateralmente, lo que da como resultado un perfil transversal burdamente cóncavo. Entre las variaciones que presenta el terreno, son dignas de mención las siguientes: algunos llanos intermontados al oeste del Río Frio y otro más extenso al noroeste de la cabeza del Ixtaccíhuatl; depósitos de nube ardiente y pedregales en Río Frio, el pedregal de Nealtican en Puebla y depósitos de flujo de lodos volcánicos (lahares) al suroeste del Popocatepetl.

Las laderas de la sierra, particularmente las del lado de la cuenca de México, están surcadas por un gran número de cañadas y barrancas. En las altas cumbres hay inicios de glaciares, aunque es probable que actualmente se encuentren en retroceso.

Vaso Lacustre. La cuenca de México era cerrada hasta 1789, año en que se abrió el tajo de Nochistongo. Hasta esta fecha albergaba cinco unidades lacustres, que cubrían en conjunto, unos 1000 km² a lo largo de un eje norte-sur de 70 km de longitud.

Actualmente se piensa que, al final del periodo Plioceno (hace algo más de un millón de años), el drenaje de la región, que se dirigía hacia el sur, quedó cerrado por bloqueo debido al vulcanismo de la Sierra del Ajusco, lo cual dio lugar a la formación de los lagos.

Antes de la conquista española, los lagos de Xochimilco y el sureste del de Texcoco, en la zona de Tenochtitlán, eran alimentados por aguas dulces de los manantiales del Cerro de Chapultepec y del Ajusco. Las aguas de los demás lagos eran salobres.

Debido a las desecaciones y a los desagües que se han sucedido desde el siglo XVI hasta nuestros días, los antiguos vasos han quedado prácticamente secos. Los terrenos resultantes, excepto los de Xochimilco, tienen altos contenidos de sales y, particularmente en el lecho texcocano, una sodicidad muy elevada. Los terrenos de Zumpango, Xaltocan, Ecatepec y el noroeste del Lago de Texcoco, quedan dentro del Estado de México.⁽¹⁶⁾

1.2.6. Geohidrología

En el Municipio se encuentran varios pozos de los que no se cuentan con datos, así como una permeabilidad alta casi en todo su territorio (Los acuíferos que existen bajo esta condición son libres y su comportamiento depende de las condiciones de depósito en que se encuentran localizados.

La existencia de agua esta comprobada debido a que actualmente hay explotación económica) y el resto zonas de permeabilidad media (se presenta en donde hay arenas y gravas con buenas condiciones de porosidad).

Es una zona de veda rígida, se recomienda no incrementar la explotación para ningún fin o uso por sobreexplotación de los acuíferos.⁽¹⁷⁾

(16) .*ibid.*,pág 14-17.,sección 2.3.

(17) .*Síntesis Geográfica del Estado de México.,op.cit.,pág.25*

1.2.6.1. Zonas de sobreexplotación de acuíferos.

'La consecuencia más obvia de la sobreexplotación es el abatimiento de los niveles del agua subterránea que traen consigo la inutilización parcial o total de los pozos por reducción de su gasto o por colapso de sus ademes.

Por otra parte, cuando un acuífero tiene coeficientes de almacenajes altos (reellenos) se puede vivir mucho tiempo "minándolo", esto es, del vaciado del agua de sus huecos, independientemente de su alimentación natural.

Pero cuando se trata de rocas fisuradas, esta posibilidad es prácticamente nula y no debe pensarse en su sobreexplotación bajo pena de tener que abandonar las obras de captación en plazos de un año o menos.

La contaminación del agua subterránea, a veces inducida por la sobreexplotación y a veces independientemente a la misma, puede constituirse en un problema potencialmente mayor, ya que puede obligar al abandono total del acuífero que, en otras condiciones seguirían siendo productivos.

En las zonas en que puede conservarse la sobreexplotación actual a mediano y corto plazo y, eventualmente, redistribuir la de zonas vecinas y aún incrementarla, son las siguientes:

En el Valle de México, el Valle de Cuatitlán, limitado por Cuatitlán, Chiconautla, Tizayuca y Huehuetoca. En el se localizan los ramales Atlamica, F.C. y Ecatepec de la Comisión Nacional del Agua y el campo de pozos Chiconautla del Departamento del Distrito Federal, podría rehabilitarse éste último y construirse los ramales Chiconautla-Tizayuca y Tizayuca-Huhuetoca para una sobreexplotación adicional a corto plazo.

Por otra parte, puede utilizarse agua del acuífero del Lago de Texcoco, previo tratamiento o mezcla para usos doméstico-urbanos e industriales en la zona de Ecatepec, Santa Clara, zonas cuarta y quinta, Texcoco, Chimalhuacán y Chicoloapan.

1.2.6.2. Recomendaciones de acuíferos sobreexplotados temporalmente.

Las recomendaciones, de los acuíferos que pueden ser sobreexplotados temporalmente a condición de que se impida por todos los medios posibles su contaminación son las siguientes:

i).-*Reducción o Eliminación de Hundimientos:* Los hundimientos regionales se generan por los abatimientos de los niveles de agua subterránea inducidos por la extracción de la misma. Como se trata de un fenómeno prácticamente no recuperable, si se pretende frenar el hundimiento en una región, hay que reducir el bombeo de los pozos sólo en parte, para limitar el abatimiento al correspondiente al hundimiento que ya ocurrió, al que podría llamarse "abatimiento crítico", a determinar en cada caso.

ii).-*Protección contra la Aparición de Grietas:* En este caso, como se vió anteriormente, existen un hundimiento crítico y un abatimiento crítico, además de un "gradiente crítico" no mencionado. La estrategia a seguir, es reducir las extracciones locales para no rebasar dichos valores.

iii).-*Protección contra la Contaminación:* Todas las acumulaciones de agua de mala calidad o de basuras, en contacto con el subsuelo, son fuentes potenciales de contaminación de las aguas subterráneas. Consecuentemente, todas las medidas de saneamiento ambiental que puedan tomarse en cauces, sitios de vertido y basureros deben llevarse a cabo, acompañadas del correspondiente sistema de observación de sus resultados, para asegurarse de su efectividad. Esto es particularmente importante cuando se ha presentado ya alguna grieta, para evitar inyección directa de aguas negras al acuífero.

iv).-*Protección contra Intrusión Salina:* En este caso hay dos posibilidades; reducir extracciones del lado de las aguas de buena calidad; extraer aguas del otro lado para inducir un efecto similar y de signo contrario que contrarreste al primero.

v).-*Conservación de los Caudales Perdidos en la Aplicación de las Medidas Anteriores:* La solución estriba en redistribuir dichos caudales en donde no puedan provocar ninguno de los efectos que se tratan de evitar.

vi).-*Utilización de Aguas Salobres:* Las aguas salobres, como las de los acuíferos del Lago de Texcoco y de otros sitios, pueden utilizarse mediante desalinización o mezcla, a costos menores que el marginal correspondientes a las futuras fuentes superficiales lejanas. Este punto ha sido propuesto en el pasado sin que hasta la fecha haya sido considerado seriamente.

vii).-*Regulación de las Aguas Superficiales Mediante un Manejo Adecuado del Acuífero:* Los acuíferos han sido propuestos, desde hace mucho por los geohidrólogos, como verdaderas "presas subterráneas" con capacidad prácticamente ilimitada y libres de evaporación en su superficie, sin que se les haya tomado en serio.

En la República Mexicana, y en el Estado de México, cada día es más difícil, cuando no imposible, encontrar vasos y boquillas adecuados para regular los excedentes no aprovechados de aguas superficiales. Esta función pueden cumplirla los acuíferos, si se llevan a cabo estudios serios para tal fin.⁽¹⁸⁾

1.2.7. Suelos

El suelo en la extensión territorial ocupada por el Municipio de Ecatepec es variado, y de acuerdo al plano cartográfico estatal de suelos, escala 1:500,000 , se mencionan los tipos de suelos que se encuentran distribuidos a menos de 30 cm superficiales:

(18) .Plan maestro de agua potable,alcantarillado y saneamiento.Tomo I.,op. cit., pág 46-48.,sección 2.3.

Un suelo predominante llamado Feozem Háptico más su suelo secundario Feozem Cálcrico y Litosol, entre una textura lítica media, su simbología es : (Hh+Hc+l)/(2L).

Un suelo predominante llamado Zolonchak Mólico más un suelo secundario de Zolonchak Ortico en una fase sódica, con una textura fina, su simbología es: (Zm+Zo-n)/(3)

Un suelo predominante llamado Zolonchak Gleyco más un suelo secundario de Zolonchak Ortico en una fase sódica, con una textura fina, su simbología es: (Zg+Zo-n)/(3)

Un suelo predominante llamado Cambisol Eutrico más un suelo secundario de Feozem Háptico y Cálcrico entre una textura durica, su simbología es: (Be+Hh+Hc)/(1D)

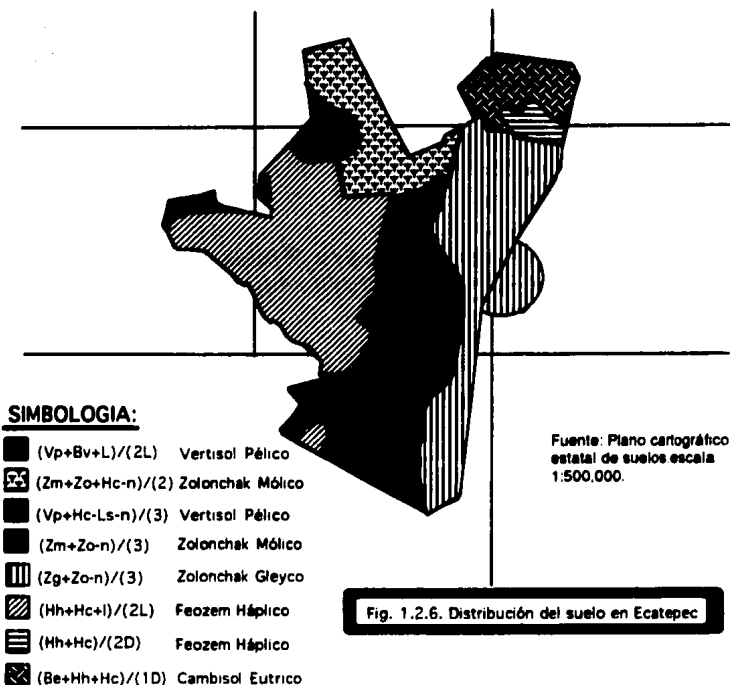
Un suelo predominante llamado Zolonchak Mólico más un suelo secundario de Zolonchak Ortico y Feozem Cálcrico en una fase sodica, entre una textura media, su simbología es: (Zm+Zo+Hc-n)/(2)

Un suelo predominante llamado Vertisol Pélico más un suelo secundario de Feozem Cálcrico y Ligeramente salina entre una textura fina, su simbología es: (Vp+Hc-Ls-n)/(3)

Un suelo predominante llamado Feozem Háptico, más un suelo secundario de Feozem Cálcrico, entre una textura media, y una fase durica, su simbología es: (Hh+Hc)/(2D).

Un suelo predominante llamado Vertisol Pélico, más los suelos secundarios Cambisol y el Litosol, entre una textura media y una fase lítica, su simbología es : (Vp+Bv+L)/(2L).

Su distribución en el Municipio se muestra en la figura siguiente:



1.2.8. Orografía

Presenta zonas accidentadas, zonas semiplanas y zonas planas.

Las zonas accidentadas se localizan al oeste del municipio con una altitud de 2570 a 3050 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) formadas por la Sierra de Guadalupe.

Las zonas semiplanas se localizan al suroeste, teniendo como altitud promedio 2100 y 2300 m.s.n.m. en las faldas de la Sierra de Guadalupe. Y las zonas planas se conforman por el asentamiento del exlago de Texcoco y pequeñas lomas que se encuentran en las zonas norte y oeste del Municipio.⁽¹⁹⁾

1.2.9. Minería

De acuerdo con el entorno fisiográfico y geológico del Estado de México, se tiene que el mayor número de localidades mineras de sustancias no metálicas, se localizan en la provincia metalogénica del Eje Neovolcánico Transmexicano comprendiendo a varios Municipios incluyendo Ecatepec.

Las principales sustancias que se explotan son:

Carbonato de Sodio, Sal Industrial y Oxido de Calcio (cal), siendo su producción respectivamente de 162,665 ton; 5,206 ton y 44,259 ton.

Estas tres sustancias son extraídas por la Cía. Sosa Texcoco, S.A. de C.V., a partir de salmueras subterráneas en la antigua zona del lago de texcoco.

Esta empresa se constituye como la primera en su tipo en América Latina.

Cabe mencionar, que el valor de producción del Carbonato de Sodio, es el segundo en importancia en el Estado de México, después de la arena y la grava. Genera 1000 empleos, con un valor de producción de NS 91 '092,400.⁽²⁰⁾

(19) MEXICO., H. Ayuntamiento constitucional de Ecatepec de Morelos., Plan de desarrollo Municipal 1994-1996., pag.22

(20) . Anuario estadístico de la minería en el Estado de México., 1992, hoja 26 y 27.

1.2.10. Clasificación y Uso del Suelo

El uso del suelo es variado, de la superficie total de 15,549 hectáreas, abarca la zona urbana 8,612; la actividad agrícola 1,702; la pecuaria 117; la región forestal cubre 1,890 ; y la zona industrial y otros 3,228 hectáreas.(21)

1.3. MARCO SOCIAL

El marco social se refiere al crecimiento, actividad, desenvolvimiento y del sector poblacional dentro del municipio y probable fuente de datos que encaminen a la disminución del desecho sólido generado dentro de este.

1.3.1. Población

La población total de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en su XI Censo General de 1990 es de 1' 218,135 habitantes, el número de viviendas habitadas es de 238,413 viviendas.(22). El número de habitantes por vivienda por lo tanto es de 5.11 habitantes / vivienda. Su densidad de población general es de 6521 habitantes por kilómetro cuadrado.

1.3.2. Educación, Cultura, Recreación y Deporte

"Los servicios educativos en el Municipio, brindan atención en los niveles preescolar, primaria y secundaria.

(21) .Plan de desarrollo Municipal 1994-1996.,op. cit., pág.26

(22) MEXICO,Secretaría de Programación y Presupuesto.,Op. cit. pág.176

En la enseñanza técnica se cuenta con planteles del Colegio Nacional de Enseñanza Técnica Profesional (conalep). En el nivel medio superior se cubre la demanda por medio de preparatorias incorporadas a la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), públicas y particulares; se cuenta también con el bachillerato general, para trabajadores en el sistema abierto, además de un plantel del Colegio de Bachilleres. Se tienen planteles de la Escuela Normal Superior, Escuela Normal del Estado, Escuela Normal de educación Preescolar y la Unidad Ecatepec de la Universidad Pedagógica Nacional.

1.3.3. Salud

Los servicios médicos, sanitarios y asistenciales, son prestados en el Municipio por una unidad del ISSEMYM; y por el Sistema Estatal para el Desarrollo integral de la familia (DIFEM). Además de sectores médicos privados.

1.3.4. Vivienda

La elevada concentración poblacional, propicia la invasión de terrenos y los asentamientos humanos irregulares en la zona, por lo que la mayoría se encuentran en condiciones pecarias, lo que impide la adecuada prestación de servicios públicos a la mayoría de las localidades.

1.3.5. Servicios Públicos

El ayuntamiento ofrece a los habitantes de Ecatepec los servicios de : alumbrado público, abastecimiento de agua potable, drenaje y alcantarillado, mercados, rastros, panteones, mantenimiento de parques y jardines y seguridad pública.

Además cuenta con el importante servicio de bomberos, embellecimiento y conservación de los poblados y centros urbanos, también transporte urbano y vialidad. De las vialidades destacan la carretera federal México-Pachuca, la autopista federal México-Pachuca, los boulevares José López Portillo y Vía Morelos, así como la Avenida Central."(23)

1.4. MARCO ECONOMICO

El tipo de economía determina el nivel de vida de un sector poblacional. En la recolección estos datos si se registran, aportaran un enfoque más real del tipo de consumo y desechos generados dentro del Municipio.

1.4.1. Población Económicamente Activa

La población económicamente activa , con datos de 1990 arroja un total de 367,801 habitantes, de los cuales 206,650 habitantes representan a la tercera clase económica; la segunda clase económica cuenta con una población de 146,334 habitantes y la primera clase económica esta representada por 1,693 habitantes. El resto por la desocupación o desempleo ocupa el 7% de la población económicamente activa y con una tasa de dependencia de 3.5 personas.(24)

1.5. MARCO JURIDICO

El tipo de relación gobierno-sociedad en el Municipio, debe estar acorde a las necesidades de la población, así como sus leyes y reglamentos.

(23) MEXICO,Secretaría de Programación y Presupuesto.,Op.cit.,pág.,175.

(24) Plan de desarrollo Municipal 1994-1996.,op.cit., pág,39

1.5.1. Reglamentación Municipal

En la reglamentación de el Municipio de Ecatepec se encuentra la siguiente organización:

Bando de Policía y Buen Gobierno; Reglamento de Hacienda Municipal; Reglamento de Limpia; Reglamento de Desarrollo Municipal; Reglamento de Seguridad pública; Reglamento de Mercados y Reglamento de Panteones.⁽²⁵⁾

1.5.2. Ley De Ingresos

'En los Ayuntamientos del Estado de México. La participación social se da a través de los Comités de Colaboración Municipal, como órgano de consulta o bien los Comités de Participación Ciudadana, si los hay. Elaboran sus programas en función de las disponibilidades de fondos municipales a comunes, compitiendo con otros destinos del gasto. Sus tarifas las fija anualmente el Congreso Estatal a través de la Ley de Ingresos del Estado de México, a propuesta que hace el Ejecutivo Estatal. Los Municipios de índice de marginación alta y muy alta (51) son elegibles para fondos de PRONASOL y reciben apoyo directo del Gobierno del Estado de México a través del programa de Apoyos Administrativos a los Municipios.'⁽²⁶⁾

1.6. GOBIERNO Y ADMINISTRACION

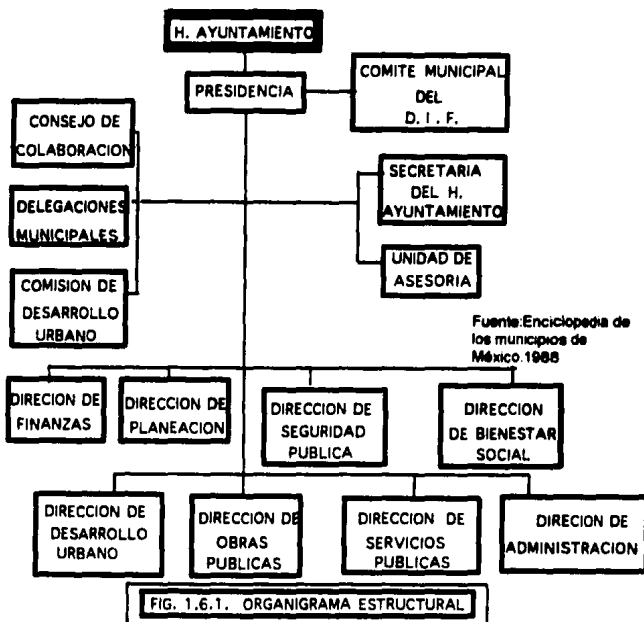
El municipio de Ecatepec que cuenta con una concentración de población excedida producto de las actividades industriales que orientaron a este crecimiento.

(25) MEXICO, Secretaría de Programación y Presupuesto, *Op.cit.*, pág. 175-176

(26) Plan maestro de agua potable, alcantarillado y saneamiento., Tomo II., pág. 2-6, sección 2.1

Obligó al municipio solicitar ayuda junto con otros municipios conurbados a la Secretaría de Ecología del Estado de México, por una sucesión de siniestros en depósitos incontrolados en el año de 1991; con el fin de sanear la crítica situación en que se encontraban operando los tiraderos. Se firmó el Programa Metropolitano de Gestión de Residuos Sólidos.⁽²⁷⁾

1.6.1. Organigrama Estructural⁽²⁸⁾



(27) MEXICO, Secretaría de Ecología del Estado de México. Un análisis comparativo entre el programa de gestión integrada en Montreal y el programa metropolitano de la zona metropolitana de la ciudad de México, hoja 31

(28) MEXICO, Secretaría de Programación y Presupuesto. Op.cit., pág.

1.6.2. Relaciones Gobierno-Sociedad.

"La Constitución Política del Estado de México, señala que a los ciudadanos les corresponde el derecho de iniciar las leyes y decretos, y la Ley Orgánica Municipal abre un espacio para la creación de comisiones, cuyo objetivo es el de estudiar, examinar y resolver los problemas municipales y vigilar que se ejecuten las disposiciones y acuerdos de los Ayuntamientos. Pueden citarse las comisiones del agua, drenaje y alcantarillado; de servicio social voluntario y Protección al Ambiente; y de planificación y desarrollo.

Recursos Humanos

La Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de México indica que la Secretaría de Administración corresponde: "Seleccionar, contratar, capacitar y controlar al personal del Poder Ejecutivo del Estado".

Organización y Administración

La Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México establece para el Gobernador la obligación de planear y conducir el desarrollo integral del Estado... establecer procedimientos de participación de consulta popular en el Sistema de Planeación Democrática."⁽²⁹⁾

Establece para la legislación y acuerdos sobre Protección Ambiental Estatal; en su Capítulo III, los siguientes artículos : 134, 136, 137, 138,138 ,139 ,140 ,141 ,142 ,143 y 144 para la Prevención y Control de la Contaminación del Suelo. Y los artículos: 145,146 y 147 para las actividades consideradas como riesgosas.(Anexo 1)⁽³⁰⁾,

(29) Ibid., Tomo II.,pág.7-8,sección 2.1

(30) Legislación y acuerdos sobre Protección Ambiental,pág.54-55

Y en el Diario Oficial de la Federación en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; en su Capítulo III, los siguientes artículos: 55, 56 ,57 ,58 y 59 para la Prevención y Control de la Contaminación del Suelo. (Anexo 1)⁽³²⁾

(32) Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, pág. 112-117

CAPITULO II

GENERACION, RECOLECCION Y TRANSPORTE DE DESECHOS SOLIDOS.

2.1. Generalidades

Una vez conocidos los aspectos generales del municipio, serán necesarios algunos términos para introducción, asimismo se conocerán los tipos de datos con los que se cuentan en el municipio y se demostrarán algunos aspectos que no se han considerado como el porcentaje de recuperación antes y después de la generación bruta, relacionado al manejo de los desechos y residuos sólidos. En la generación de desechos se encuentra el origen del grado de contaminación así como su volumen acumulado en un determinado sector poblacional, lo que implica una regularidad en la recolección y transporte. Son necesarias las experiencias de gabinete y campo del Ayuntamiento en rutas y zonas más críticas y lograr con ello una mejor eficiencia de estas etapas como complemento de lo que se verá en este capítulo.

2.1.1. Los residuos

De las diferentes definiciones que se han propuesto, una definición es " todo bien mueble destinado por su propietario a ser abandonado ". Jean-Bernard Leroy, 1987.⁽³³⁾

Otra definición más correcta es la siguiente: "Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización o tratamiento que no permite incluirlo nuevamente en el proceso que lo generó".⁽³⁴⁾

(33) JEAN-Bernard, Leroy Los desechos y su tratamiento. Los desechos sólidos, industriales y domiciliarios, 1987., Pág., 8

(34). MEXICO. Departamento del Distrito Federal. Manejo de los desechos sólidos el caso del Distrito Federal, 1988., pág. 16

La idea es clara pero ofrece un aspecto subjetivo. Ella supone, en efecto, que un cierto material sólo debe considerarse residuo si un poseedor no puede valorizarlo, como por ejemplo: el aceite usado, los gases quemados que arrojan los vehículos; que obviamente no podrán servir como materia prima en la reutilización o reciclaje posterior.

Existe una contaminación en su entorno pero no se considera peligrosa, en relación al ambiente y a la salud humana.

2.1.2 Los Residuos Peligrosos

Un residuo, que no causa más que unos malestares, sin considerarlos de riesgo en un límite permisible, son identificados como no peligrosos.

Pero si estos residuos en combinación con otros residuos, generan una reacción, pueden contaminar su entorno, y dañan a la salud humana y al ecosistema, y estos pueden ser irreversibles. La contaminación puede durar siglos; o con la química de sus componentes ocasionen explosiones, a estos residuos se les llama residuos peligrosos.

Es por esta razón, que en un Municipio no se debe permitir el ingreso de residuos industriales. El caso más comentado en México, que apareció en el artículo de una revista en marzo de 1989 y mencionada también en el (Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado....Tomo 1, 1993).; es el más claro ejemplo. En el resumen de esta revista se establece lo siguiente:

"La contaminación por cromo en una región al norte de la ciudad de México fue causada por una industria que producía sales cromadas en el pasado. El proceso era altamente ineficiente, por lo que se generaban y se dispersaban residuos con un alto contenido de cromo(VI). En 1978 la industria se cerró, los residuos con contenido de cromo fueron trasladados a un cementerio industrial que no poseía en su parte inferior la aislación adecuada. El cromo (VI) está lixivizando y contaminando las capas acuíferas. Algunos residuos sólidos han sido previamente utilizados como material de relleno en construcciones. Se evaluaron los problemas de polución y se propuso una solución adecuada. Esta propuesta concierne la reducción del cromo (VI) a cromo (III).

Se contempla la utilización de tres tipos de desechos industriales; residuos de cromo, corrientes con ácidos residuales de otras industrias, con un alto contenido de hierro (II) y ácido sulfúrico y corrientes con calcio carbónico residual. Se está discutiendo la posibilidad de utilizar el material estabilizado para la fabricación de ladrillos".(35)

Y el Plan Maestro...Tomo I,1993; establece: "Un ejemplo lo constituyen los acuíferos de la zona de Lechería que fueron contaminados con Cromo Hexavalente hace más de diez años y cuyas aguas no deben emplearse para consumo humano por ser dicho elemento un potente cancerígeno. Una contaminación así puede durar siglos o milenios y por ningún motivo debe volverse a permitir que se den las condiciones para que vuelva a presentarse alguna otra, en cualquier parte del Estado".(36)

El aire contaminado con fibras de asbesto puede causar varias enfermedades, como la asbestosis (enfermedad del pulmón).

Es por esta razón que el Municipio através del H. Ayuntamiento no permita el ingreso de desechos industriales por su peligrosidad.

2.1.2 1. Clasificación de los residuos peligrosos

Los residuos peligrosos se generan por sustancias letales a corto plazo debido a la combinación de residuos industriales, domésticos y comerciales ; principalmente. Se clasifican en Reactivos, Tóxicos y Corrosivos. Se analizará el tóxico por ser el principal residuo que se genera en un relleno o vertedero semi-controlado.(37)

Tóxico	<i>Residuo biológico</i>	Se encuentran los residuos anatómicos:intervenciones quirúrgicas, de accidentes o hechos ilícitos, o animales de laboratorio.
--------	--------------------------	---

(35) GUTIRREZ-Ruiz,Margarita.E. et.al.Articles on other topics,1989,pág.51

(36) Plan maestro de agua potable,alcantarillado y saneamiento.Tomo I.op. cit.,pag.46-47,sección 2.3

(37) Química:Francis Soler.,Facultad de Ingeniería. Conferencia en la Sala: José Vazquez Ramirez.ENEP Aragón Semana ambiental.Tema:los desechos sólidos. U.N.A.M.,20 de octubre de 1993.

Tóxico	Residuo biológico	Residuos punzo cortantes; como agujas hipodérmicas; cristalería, por ejemplo, en la atención de pacientes y animales.
		Residuos infectocontagiosos como la gasa; algodón; abatelenguas; vendas, lienzos y ropa; guantes desechables y residuos de laboratorio.
	Residuo Químico	Pueden ser los medicamentos para curación, en la que se vida útil ha caducado.

2.1.3. Los Desechos Sólidos

En general se considera "sólido" a un desecho que es "paleable", es decir, que se le puede cargar con una pala; y "líquido", un desecho que es "bombeable", esto es, que se lo puede aspirar y expulsar con una bomba. Jean-Bernard Leroy, 1987.⁽³⁸⁾

El concepto de desechos sólidos con lleva a tres características principales:

- a).- Es aquello que no tiene valor de recuperación. Residuos generados sólo en el municipio
- b).- Son materiales que a criterio de sus propietarios no tienen valor de recuperación aún cuando si poseen un valor intrínseco. Desechos sólidos que pueden ser reutilizados
- c).- Son elementos que representan un riesgo. Combinación de los residuos orgánicos e inorgánicos.

Para fines prácticos los desechos por su origen se pueden clasificar como aquellos derivados de las actividades urbanas, entre las cuales se encuentran los desechos domiciliarios, comerciales, industriales, y de servicios; y aquellos generados por la infraestructura urbana, como la red vial y transporte, las redes hidráulicas y el tratamiento.

Por su tipo, los desechos sólidos pueden ser:

⁽³⁸⁾ JEAN-Bernard, Leroy., op.cit., pág. 9.

Orgánicos : Alimentos, desechos humanos, animales y vegetales.

Inorgánicos : Recuperables (cartón, papel, vidrio, etc) e Inertes (Cerámica, baquelita, etc.)(39)

2.1.3.1. Definición de desecho sólido.

Los desechos sólidos se pueden definir de la siguiente manera : "Son los desechos generados en casa-habitación, parques, jardines, vía pública, oficinas y sitios de reunión, mercados, comercios, bienes muebles, demoliciones, construcciones, instituciones, establecimientos de servicios, en general todos aquellos generados en actividades municipales y que no requieren técnicas especiales para su control, excepto los peligrosos y potencialmente peligrosos de hospitales, clínicas, laboratorios y centros de investigación".

En México en relación a Montreal, Canada, la definición es muy amplia. En Montreal se maneja la siguiente definición: "Se entiende exclusivamente los desechos generados por el sector residencial."(40)

En el último párrafo, se indica que los residuos no son sustancias contaminantes y por lo que no requieren un control estricto en sus etapas de recolección y su tratamiento final. Refiriéndose a los desechos generados en centros públicos, comercios y los que se acumulan en la vía pública.(41)

2.1.3.2. Clasificación de los desechos sólidos

Sólo es de interés en el presente trabajo de desechos municipales, pero se mencionan la clasificación general de los desechos sólidos, con el motivo de distinguirlos:

(39) Manejo de los desechos sólidos:El caso del Distrito Federal.,op. cit., pág.17

(40) MEXICO,Secretaría de Ecología del Estado de México,Un análisis comparativo entre el programa de gestión integrada en montreal y el programa metropolitano?De la zona metropolitana de la ciudad de México, hoja 14. "Estos desechos provienen de dos fuentes:el sector residencial y los pequeños comercios (la cantidad de bolsas no superan el número de 5). Y los otros están obligados a contratar empresas privadas".

(41) Idem

- | | | |
|------|-----------------------|--|
| 1).- | Municipales | Compuesta de basuras domiciliaria y de otro tipo como : comercios, mercados, animales, etc.) |
| 2).- | Industriales : | Son los derivados de la actividad industrial (plásticos, ceniza de papel, residuos peligrosos, etc.) |
| 3).- | Peligrosos | Como el industrial, comercial, doméstica o combinación de todas. Las principales combinaciones peligrosas pueden ser : reactivos, tóxicos y corrosivos. |

2.1.3.3. Los desechos sólidos generan residuos.

Un problema es tratar un desecho sólido contaminado por lo que no se toman en cuenta la mayoría de las veces, para ser empleados posteriormente en un método de reutilización o tratamiento.

Consecuencia es que antes de la recolección por parte del sector informal, sólo se salve el subproducto que más convenga. A qui es el interés de por que la separación previa de un desecho sólido desde el sitio de generación, ya que permitiría la obtención del desecho limpio o íntegro de contaminación.

Mientras exista un mayor número de subproductos contaminados con materia orgánica, mayor será el volumen de residuos a recolectar y en consecuencia se elevará la demanda de vehículos de limpia y transporte.

2.1.3.4. Características de los desechos sólidos.

"En términos generales se puede decir que una generación de desechos sólidos de una zona a otra es diversa, y es la característica más notable.

Cada individuo de una sociedad piensa en la prosperidad, con las nuevas innovaciones tecnológicas, los nuevos productos que se lanzan al mercado, el deseo de consumir todo lo nuevo generado, es causa importante de la diversidad de estos desperdicios.

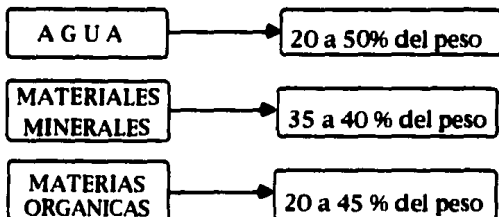
Con la prosperidad ganada olvida lo relacionado a su alrededor, no le interesa el destino de estos desechos, no se siente cupable.

Por lo tanto, la característica de los desechos sólidos esta íntimamente relacionada con el grado de desarrollo de la localidad, la concentración de la población y su ingreso, así como la facilidad de consumir más productos. "(42)

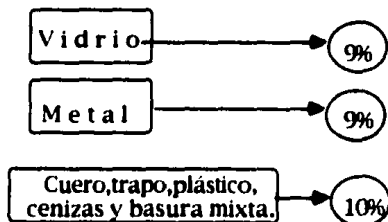
2.1.3.5. Composición de desechos sólidos

Bibliográficamente la composición de los distintos desechos sólidos pueden ser las siguientes:

El autor Jean.Bernard Leroy,1987; sitúa por lo general a esta generación dentro de los límites siguientes:(43)



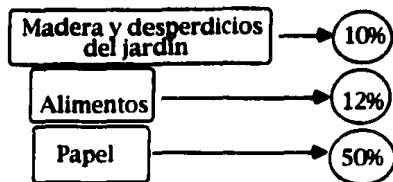
Otros autores, el Dr. Amos Turk y Dr. Jonathan Turk, 1976, señalan que la composición de la basura son en general:(44)



(42) Manejo de los desechos sólidos:El caso del Distrito Federal. *op. cit.*, págs.13-15

(43) JEAN-Bernard, Leroy.,*op.cit.*,pág. 18

(44) TURK,Amos,et.al.*Tratado de Ecología.*, 1976, pág.36-4



Probablemente la composición más acertada en el municipio por ser conurbado al distrito federal sea precisamente la comparación de la composición de desechos sólidos en el D.F. con otros centros de generación, 1988. (45)

Composición	D.F.	E.U.	Europa Occidental	América Latina
→ Plástico	5%	3%	2%- 7%	1%- 2%
→ Metales	1%	10%	2%-10%	1%- 4%
→ Vidrio	3%	10%	2%- 9%	1%- 3%
→ Papel	16%	29%	20%-55%	5%-20%
→ Inerte y otros	22%	30%	10%-30%	10%-30%
→ Material orgánico	52%	18%	12%-30%	30%-60%

Se observa que un 25 % son subproductos reutilizables o reciclables y un 52 % es posible tratar.

2.1.3.6. Ciclo de los Desechos Sólidos

El manejo de los desechos sólidos conforma un ciclo donde se encuentran estrechamente vinculadas las diversas etapas que apartir de la misma producción de los artículos de consumo, se inicia la *Generación*, para pasar a la *Recolección y el Transporte*, el *Tratamiento* y por último la *Disposición Final*; y por tanto, cualquier esfuerzo que se realice en algunas de sus etapas habrá de tener un efecto directo en las demás.

En la siguiente figura se muestra el ciclo:

(45) Manejo de los desechos sólidos: El caso del Distrito Federal., op. cit., pág. 58

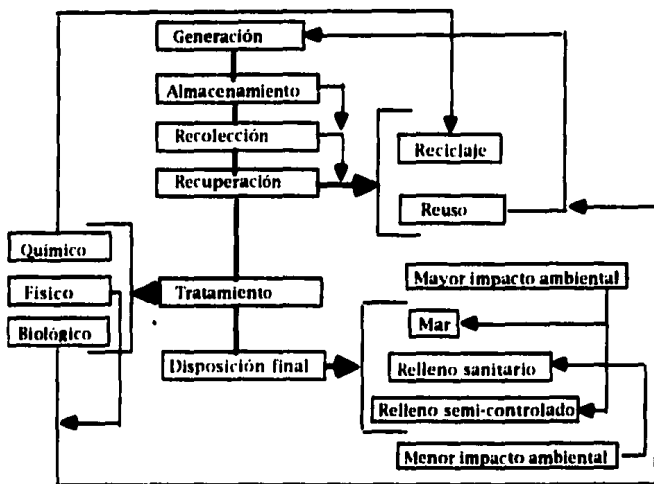


Fig No.2.1.1 Ciclo de los desechos sólidos

2.2. Generación

Los desechos sólidos son el resultado de las actividades que ha desarrollado la humanidad desde sus primeras manifestaciones en sociedad.

Su generación ha ido creciendo debido al aumento de la población y el consumo de un número cada vez mayor de productos, así como el desarrollo industrial que genera también gran cantidad de desechos sólidos.

La generación de desechos sólidos en el Municipio puede clasificarse en dos: Doméstica y No Doméstica.

Y para conocer la información básica de estos desechos, se emplean las Normas conocidas ; y pueden ser las Oficiales o Técnicas. Ambas indican una metodología para obtener parámetros.

Estos parámetros deben tener una terminología de un objetivo en común y campo de acción, por lo que debe de hablar de los contaminantes del suelo, incluyendo su definición.(Anexo 2).

2.2.1. Generación Per-Cápita

La generación per-cápita de desechos sólidos domésticos es un parámetro de la generación promedio de residuos sólidos por habitante, medido en Kg/hab-día, a partir de la información que se disponga.

Esta información será importante y se referirá a las cantidades y características de los desechos sólidos, tanto actuales como proyectadas para un periodo mínimo igual a 10 años o bien igual al periodo de vida útil del sitio.

En caso de que no esten disponibles estos datos, se deberán realizar los muestreos correspondientes conforme a lo establecido en las siguientes normas mexicanas:

NMX-AA-61-1985

Determinación de la Generación.

NMX-AA-15-1985

Muestreo-Método de cuarteo.

NMX-AA-22-1985

Selección y Cuantificación de subproductos

NMX-AA-19-1985

Determinación del Peso Volumétrico "in-situ"

En el caso del presente trabajo, se realizó un cuestionario de campo #2 al Ayuntamiento del Municipio donde se obtuvo, información referente a las cantidades y características de los desechos sólidos.

Por lo que se referirá primero a las cantidades y características y posteriormente se proyectara para un periodo mínimo igual a 10 años, a partir del año de 1995.

2.2.1.1. Cantidad de generación per cápita en el municipio.

En base al Cuestionario de Campo # 2 al H. Ayuntamiento, la Generación total en el Municipio es de 1500 ton/día, y la generación per cápita por habitante por día de 0.400 kg/hab-día (Anexo 5).

Sin embargo se observó que no se cuenta con un control de campo y de gabinete más estricto, por medio de un proyecto que confirmará estos valores. Los datos de este Cuestionario probablemente no esten en la realidad, y la información más confiable debería de estar en el mismo sitio de Disposición Final.

Por el pesaje de los vehículos que ingresan llenos y el pesaje de los vehículos que salen vacíos; con esta diferencia se obtiene la generación neta que ingresa por día. Pero desafortunadamente no se emplea este sistema.

Otros valores que se proporcionaron en el Municipio en el sitio de disposición final, hablan de cantidades que oscilan entre 800 a 1100 ton/día. (Anexo 5).

Se observa aquí que el problema en el Municipio, como en cualquier otro del Estado de México es precisamente la desinformación, en la falta de un control de datos confiables para la evaluación de un sitio de disposición final, como se verá posteriormente.

Se emplearon los valores de la ZMCM que es de 0.412 kg/hab-día de basura en la zona residencial más un 50% de incremento del total producida en la calle (comercios, avenidas, parques, etc.), mencionado en el análisis comparativo de Montreal y la ZMCM, 1994.⁽⁴⁶⁾

Y el valor que mencionó la química Francis Soler, en 1993, de 0.3 a 0.6 kg/hab-día en la ciudad de México y un incremento del 50 % del total de otro tipo refiriéndose a comercios, mercados, animales muertos, etc.⁽⁴⁷⁾

En el caso del D.F., se menciona una cifra total de 1 kg/hab-día, 1988 para los municipios conurbados. (cifra que no se toma en cuenta posteriormente por la fecha).

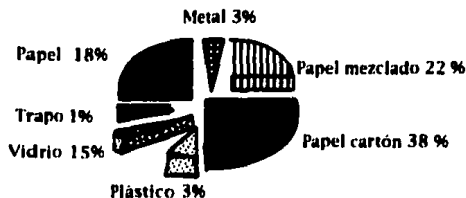
(46) MEXICO. Secretaría de Ecología, *op. cit.*, hoja 31

(47) *cit. por*: Química: Francis Soler. Semana ambiental; tema: los desechos sólidos

'El porcentaje en dos distintas fechas 1983 y 1990 obtenido por Castillo Berthier , que estimó que los pepenadores contribuían a la recuperación de un mínimo de 15 % a un máximo del 35 % de materiales reutilizables.

Mientras la SEDUE varía entre 5% y 10%.⁽⁴⁸⁾

En Ecatepec, la estimación de la masa de desechos recuperados con fines de reciclaje es el siguiente:



Fuente: Secretaría de Ecología del Estado de México. Enero de 1994. Ecatepec.

Fig. No. 2.2.1

Con estos valores se puede obtener la cantidad aproximada total generada en el Municipio en relación al sitio de disposición final de 2 años de utilidad (dato que se obtiene a partir de su inicio de labores hasta el término de su ciclo de vida útil y con la consulta del plano del levantamiento topográfico del vertedero).

2.2.1.2. Fórmula de la generación per cápita de desechos sólidos en relación a estratos de nivel socioeconómicos

El índice de generación aumenta en el ámbito de 1 a 3 %, y para cálculo de la generación se emplea la siguiente fórmula:⁽⁴⁹⁾

(48) MEXICO, Secretaría de Ecología, *op. cit.*, hoja 31

(49) CHIRINOS, Patricio, Manejo y disposición final de los desechos sólidos municipales e industriales, México, 1988, Vol II, pág. 191

$$GP = (GA + GM + GB) / (3)$$

GP	=	Cantidad promedio de desechos sólidos	(kg/día)
GA	=	Cantidad de desechos sólidos a disponer del estrato de nivel socioeconómico alto	(kg/día)
GM	=	Cantidad de desechos sólidos del estrato de nivel socioeconómico medio.	(kg/día)
GB	=	Cantidad de desechos sólidos del estrato de nivel socioeconómico bajo	(kg/día)

2.2.1.3. Métodos de Población Futura

Los factores básicos del cambio en la población son dos:

- a).-El aumento natural, (exceso de nacimientos sobre muertes);
y...
- b).-La migración neta, o sea el exceso o pérdida de población que resulten del movimiento de las familias hacia adentro y hacia afuera de un área determinada.

Desgraciadamente, las tasas de natalidad y muerte no se mantienen constantes a través del tiempo; es decir, que aún el hacer estimaciones de población de un año a otro encierra cierta incertidumbre e inexactitudes.⁽⁵⁰⁾

La mejor base para estimar las tendencias de la población futura de una comunidad es su pasado desarrollo, y la fuente de información más importante sobre el mismo en México son los censos levantados por el INEGI cada 10 años.

En el "Plan Maestro de Agua Potable Y Alcantarillado, Tomo I,1993"(PMAPA,I,93), en base de la Fuente de Investigación y Estadística y Demográfica, S.A. de C.V.⁽⁵¹⁾

(50) CESAR Valdez Enrique. Abastecimiento de agua potable. Recomendaciones de construcción, UNAM. Facultad de Ingeniería. pág.43.

(51) op.cit, pág. 1, sección 2-4.

Se establece que la información demográfica en México presentan problemas de cobertura.

Pero si bien existen estas diferencias entre la población proyectada por la fuente oficial y la población con que se determinan los requerimientos de infraestructura, estas diferencias no son de mayor consideración y por lo tanto no influyen en el tipo y tamaño de las obras propuestas.

Como no se conoce el porcentaje de crecimiento anual en Ecatepec se elegirá un modelo matemático que más convenga, con la población censal del INEGI desde 1930 a 1990 ⁽⁵²⁾ y se comparará posteriormente con la población corregida del (PAMAPA,1,93).⁽⁵³⁾

'Dados los siguientes datos censales, emplear los siguientes métodos de población futura:

Método de Incrementos Diferenciales; Modelo Aritmético; Modelo Geométrico; y Método de Interés Compuesto. Para los años de 1995,2000 y 2010: ⁽⁵⁴⁾

DATOS CENSALES	
A Ñ O	Población (Habtes.)
1930	8,762
1940	10,501
1950	15,226
1960	40,815
1970	216,408
1980	784,507
1990	1'218,135

(52) INEGI, VIII Censo General de población y vivienda 1960, pág.3.

INEGI IX. Censo General de población y vivienda 1970, pág. 3

INEGI X Censo de población y vivienda 1980, pág.30

INEGI XI Censo de población y vivienda 1990, Tomo IV., pág. 1773

(53) *op.cit.*, pág. 47, sección 2-4, Tomo I.

(54) CESAR Valdez Enrique, *Op. Cit.*, pág. 43-46

Método de Incrementos Diferenciales

Se necesitan mínimo cuatro datos censales

A ñ o	Población (hbtes.)	1a. diferencia	2a. diferencia
-------	--------------------	----------------	----------------

1930	8,762		
1940	10,501	1,739	
1950	15,226	4,725	2,986
1960	40,815	25,589	20,864
1970	216,408	175,593	150,004
1980	784,507	568,099	392,506
1990	1'218,135	433,628	-134,471
		$\sum = 1'209,573$	$\sum = 431,889$

No. de datos

6

5

Promedio

201,596

86,378

A Ñ O	1a. Diferencia calculada del periodo 1990-1980	Promedio de la 2a. diferencia
-------	--	-------------------------------

1990=1'218,135 (Dato)	(433,628)	
	↓	+ 86,378
	520,006	
2000=1'738,141	← 606,384	+ 86,378
2010=2'344,525		

Como observación de este método, sólo es posible obtener resultados constantes cada 10 años y por lo tanto no se pueden calcular los años de 1995 y 2005 y no se considerará el método posteriormente.

Modelo Aritmético

Cálculo de la población para los años descritos: 1995, 2000, 2005 y 2010. (Sólo se emplean los 2 últimos censos).

DATOS CENSALES

AÑO	POBLACION
1980 (t1)	784,507 (P1)
1990 (t2)	1'218,135 (P2)

FORMULAS:

$$Ka = (P2 - P1) / (t2 - t1) \quad \text{a)}$$

$$Pf = P2 + Ka(tf - t1) \quad \text{b)}$$

Empleando fórmula a)

$$Ka_{80-90} = \frac{(1'218,135 - 784,507)}{(90 - 80)}$$

$$Ka_{80-90} = 43,363$$

Este valor permanece constante. Para cualquier año que se desee considerar.

Para 1995

Empleando fórmula b)

$$P_{95} = P_{90} + (43,363)(95 - 90)$$

$$P_{95} = 1'218,135 + (43,363)(5)$$

$$P_{95} = 1'434,950 \text{ habitantes}$$

Modelo Geométrico

Cálculo de la población para los años descritos: 1995, 2000, 2005 y 2010. (Sólo se emplean los 2 últimos censos).

DATOS CENSALES

AÑO	POBLACION
1980 (t1)	784,507 (P1)
1990 (t2)	1'218,135 (P2)

FORMULAS:

$$Kg = (\ln P2 - \ln P1) / (t2 - t1) \quad \text{a)}$$

$$\ln Pf = \ln P2 + Kg(Tf - t1) \quad \text{b)}$$

Empleando fórmula a) con sólo 3 dígitos decimales tenemos:

$$Kg_{80-90} = \frac{\ln(1'218,135 / 784,507)}{(90 - 80)}$$

$$Kg_{80-90} = 0,044$$

Este valor permanece constante. Para cualquier año que se desee considerar.

Empleando fórmula b)

$$\ln P_{95} = \ln P_{90} + (0,044)(95 - 90)$$

$$\ln P_{95} = \ln 1'218,135 + (0,044)(5)$$

$$\ln P_{95} = 14,233$$

$$P_{95} = e^{(1,233)}$$

$$P_{95} = 1'518,145 \text{ habitantes}$$

Para el 2000

Empleando fórmula b)

$$P_{2000} = 1990 + (ka)(2000 - 1990)$$

$$P_{2000} = \underline{1'651,765 \text{ habitantes}}$$

Para el 2005

Empleando fórmula b)

$$P_{2005} = 1990 + (ka)(2005 - 1990)$$

$$P_{2005} = \underline{1'868,580 \text{ habitantes}}$$

Para el 2010

Empleando fórmula b)

$$P_{2010} = 1990 + (ka)(2010 - 1990)$$

$$P_{2010} = \underline{2'085,395 \text{ habitantes}}$$

Para el 2000

Empleando fórmula b)

$$\ln P_{2000} = \ln 1990 + (kg)(2000 - 1990)$$

$$\ln P_{2000} = 14.453$$

$$P_{2000} = e^{(14.453)}$$

$$P_{2000} = \underline{1'891,726 \text{ habitantes}}$$

Para el 2005

Empleando fórmula b)

$$\ln P_{2005} = \ln 1990 + (kg)(2005 - 1990)$$

$$\ln P_{2005} = 14.673$$

$$(14.673)$$

$$P_{2005} = e$$

$$P_{2005} = \underline{2'357,235 \text{ habitantes}}$$

Para el 2010

$$\ln P_{2010} = \ln 1990 + (kg)(2010 - 1990)$$

$$\ln P_{2010} = 14.893$$

$$P_{2010} = e^{(14.893)}$$

$$P_{2010} = \underline{2'937,296 \text{ habitantes}}$$

A continuación se analizará el Método de Interés Compuesto.(con los tres últimos censos del INEGI).

Es importante hacer notar que aún empleando un mismo método los valores obtenidos pueden ser diferentes de acuerdo al manejo matemático que se de a la información, hay que considerar que la tasa promedio anual puede estar excedida en su cálculo y es principalmente por la emigración al Municipio de Ecatepec por lo que se obtendrá su tasa promedio en base del análisis comparativo de los modelos matemáticos mencionados.

METODO DE INTERES COMPUESTO

$$i = \sqrt[t]{\frac{P}{P_0}} - 1$$

$$P = P_0(1+i)^t$$

donde: i = tasa de interés
 P = población deseada
 P_0 = Población inicial

$$70-80 = \sqrt[10]{\frac{784,507}{216,408}} - 1$$

70-80 = 0.13745 esto es ; 13.745% anual

$$80-90 = \sqrt[10]{\frac{1'218,135}{784,507}} - 1$$

80-90 = 0.04498 esto es ; 4.498% anual

La tasa promedio anual será:

$$i_{\text{anual}} = \frac{13.745 + 4.498}{2} = 9.122\% = 0.09122$$

Para el 2000

Para el 2010

Empleando fórmula b)

Empleando fórmula b)

$$P = 1'218,135(1+0.09122)^{(2000-1990)}$$

$$P = \underline{2'916,209 \text{ habitantes}}$$

$$P = \underline{6'981,388 \text{ habitantes}}$$

Este método resulta más manejable pero resulta muy excedida su tasa promedio anual.

Es necesario obtener las poblaciones con el modelo geométrico y el aritmético cada 10 años desde 1990 hasta el año 2010. Y para que no sea mayor a la real que se desea, se tomará como tope la población corregida (PMAPA,I,93).

Respecto al método de interés compuesto, es necesario obtener la tasa de crecimiento anual empleando algunos valores del PMAPA, I, 93.

Con el fin de obtener una mejor precisión en los datos, se obtendrán dos promedios, en el que se abarquen el periodo de 1990 hasta 1995 y otro de 1996 hasta el año 2010.

Después de realizar las iteraciones, se obtuvo un número de dígitos igual a siete de valor de 0.0487966 hasta el año de 1995 y posteriormente un promedio anual de 0.0413685 hasta el 2005 y 2010, este último puede disminuir, ya que se considerará lo dicho anteriormente sobre la emigración al municipio.

Por lo que se obtuvo lo siguiente:

$$P_{(95-90)} = 1'276,830 (1+0.0487966)^{(95-90)} = \underline{1'620,278 \text{ Habitantes}}$$

$$P_{(2000-1995)} = 1'276,830 (1+0.0413685)^{(2000-1995)} = \underline{1'915,038 \text{ Habitantes}}$$

La tasa de crecimiento será:

$$(0.0487966+0.0413685)/2=0.045$$

$$=4.5\%$$

Este valor es el que se empleará en los cálculos posteriores si no resulta excedido en la comparación con el resto de los métodos.

Este porcentaje se tomó constante hasta el 2010 y se realizó la comparación final con el método geométrico que resulta el más crítico, y el de la población corregida y se vaciaron los datos en la tabla de análisis comparativo.

Para mayor precisión del método geométrico en su constante K_g (ver fórmula de este método), se emplearon 7 dígitos decimales, por lo que presenta modificaciones en el cálculo anterior en donde sólo se emplearon 3 dígitos

El cálculo realizado, es con las mismas fórmulas de cada método y por esta razón para no ser repetitivo en desarrollar el procedimiento completo, se tabularon los resultados en la siguiente tabla:

Análisis Comparativo

Año	Método Aritmético	Método Geométrico	Interés Compuesto	(PMAPA, 1,93)
1990	1'218,135	1'218,135	1'218,135	1'276,830
1991	1'261,498	1'272,932	1'272,951	1'339,135
1992	1'304,861	1'330,195	1'330,234	1'404,480
● 1993	1'348,224	1'390,033	1'390,094	1'473,014
1994	1'391,587	1'452,563	1'452,649	1'544,892
1995	1'434,950	1'517,906	1'518,018	1'620,278
1996	1'478,313	1'586,188	1'586,329	1'628,395
1997	1'521,676	1'657,542	1'657,713	1'695,759
1998	1'565,039	1'732,106	1'732,311	1'765,910
1999	1'608,402	1'810,024	1'810,265	1'838,963
2000	1'651,765	1'891,447	1'891,726	1'915,038
2001	1'695,128	1'976,533	1'976,850	1'994,260
2002	1'738,491	2'065,446	2'065,813	2'076,760
2003	1'781,854	2'158,359	2'158,774	2'162,672
2004	1'825,217	2'255,452	2'255,919	2'252,139
2005	1'868,580	2'356,913	2'357,435	2'345,307
2010	2'085,395	2'936,925	2'937,793	2'740,212

● Inicio de labores en el sitio de disposición final

◻ Método a emplear posteriormente

(PMAPA,1,93) " Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado, Tomo I,1993"
Utilizado como tope de valores en relación al método a emplear.

2.2.1.4 Tipos de Generación per cápita neta en Ecatepec.

Para conocer la generación per cápita total, se empleará la siguiente fórmula:

$$\text{Gpc neta} = \text{Gpc bruta} - (\text{Gpc bruta}) (R)$$

Donde : Gpc neta = Generación per cápita neta.

Gpc bruta = Generación per cápita bruta.

Gpc R = Generación per cápita recuperada

$$\text{Gp R} = (\text{Gpc bruta})(R\%)$$

Cálculo de la generación per cápita bruta

Se tienen los siguientes datos:

a).- Secretaría de ecología:

Una producción ppc domiciliaria = 0.412 kg/hab-día + un 50 % del total

b).- Francis Soler:

Una producción per cápita domiciliaria de 0.3 a 0.6 kg/hab-día en la ciudad de México y un incremento del 50 % del total.

Empleando la fórmula de la generación per cápita en relación de los estratos de nivel socioeconómicos y considerando GM= 0.45, se obtiene que:

$$G_{pcb} = (GA + GM + GB) / (3)$$

$$G_{pcb} = (0.3 + 0.45 + 0.6) / (3)$$

$$G_{pcb} = \underline{0.45 \text{ kg/hab-día}}$$

El promedio de ambos datos a y b es de:

$$\frac{a + b}{2} = \frac{0.412 + 0.45}{2} = \underline{0.431 \text{ kg/hab-día}}$$

Si el total representa el 50% de otros refiriéndose a la calle, comercios, etc.; el otro 50% lo representan los domiciliarios y se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} (50\%)(Gpc \text{ bruta}) &= 0.413 \text{ kg/hab-día} \\ Gpc \text{ bruta} &= (0.413 \text{ kg/hab-día})/(50\%) \\ Gpc \text{ bruta} &= \underline{0.862 \text{ kg/hab-día total}} \end{aligned}$$

Identificación de la generación per cápita recuperada

Existe un porcentaje de desechos sólidos municipales que no son transportados al sitio de disposición final y esto se debe principalmente por : una recuperación, un reuso , una eliminación por incineración en baldíos, o fueron transportados a sitios de disposición final de otros municipios. Y el porcentaje recuperado por los pepenadores en el sitio de disposición final.

La recuperación existe antes y después de ingresar al sitio de disposición final, causa una disminución de la generación bruta, por lo que se identifican tres tipos de recuperación:

La recuperación antes de la recolección, durante la recolección y en el sitio de disposición final.

Recuperación y pérdida antes de la recolección

Raúl Cremux,1992, menciona : "El sistema de recolección del país es insuficiente.

Y que solo se puede recolectar el 80% de ella, el 20 % restante, generalmente termina en lotes baldíos, en el sistema de drenaje o en la vía pública, donde puede convertirse en una fuente de enfermedades."⁽⁵⁵⁾,

De la recuperación y pérdida antes de la recolección (Rrp), se tiene una probabilidad del 20% , según lo mencionado por Cremoux, empleando los siguientes valores:

$$Rrp = \frac{\text{Valor máximo de SEDUE} + \text{Valor máximo de Berthier}}{2}$$

Se obtiene:

$$Rrp = \frac{10 + 35}{2} = \underline{22.5\%}$$

(55) CREMOUX Raúl. ¡Ayudame! Acciones para mejorar el medio ambiente en la Cd. de México. pág. 20

Recuperación durante la recolección.

En la recolección, se recupera o se desvía parte de esta generación, principalmente por el sector vehicular particular, por lo que se propone un 5.3%, valor mínimo semejante al de SEDUE en un sitio de disposición final del área metropolitana de 5%.

$$\text{Rrd} = \underline{5.3\%}$$

Recuperación en el vertedero

El porcentaje de recuperación en el sitio de disposición final, se obtienen en base de:

a).- SEDUE:

Se recupera un promedio de 5 a 10 % de subproductos en el sitio de disposición final.

$$\frac{5 + 10}{2} = 7.5\% \quad \longrightarrow \quad \text{Sitio de disposición final}$$

b).- Castillo Berthier, 1990:

Se recupera un promedio de 15 a 35 % en el sitio de disposición final debido a la participación informal. El promedio es el siguiente:

$$\frac{15 + 35}{2} = 25\%$$

El promedio de ambos datos a y b es de:

$$\text{Rsdf} = \frac{a + b}{2} = \frac{7.5 + 25}{2} = 16.25\%$$

Donde : Rsdf = Recuperación
en el sitio de
disposición final.

Cálculo de la generación per cápita neta

Lo anterior da lugar a la existencia de dos tipos de generación neta, una en la recolección y otra en el ingreso al vertedero.

En la primera generación interviene la primera recuperación (Rrp), por ser el porcentaje transportado durante la recolección; y en la segunda intervienen las tres recuperaciones, (Rrp), (Rrd) y (Rsd), considerando que la suma de sus porcentajes daran como resultado la generación que ingresa al sitio de disposición final.

Generación per cápita neta recuperada en la recolección.

$$\text{Gpc Nr} = \text{Gpc Bruta} - (\text{Gpc Bruta})(\text{Rrp}\%)$$

$$\text{Gpc Nr} = (0.862) - (0.862 \times 0.225)$$

$$\text{Gpc Nr} = \underline{0.668 \text{ Kg/hab-día}} \quad \checkmark$$

Donde: Gpc Nr = Generación per cápita Neta en la recolección
Rrp = Generación recuperada antes de la recolección.

En el sitio de disposición final se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Gpc Nf} = \text{Gpc Bruta} - (\text{Gpc Bruta})(\text{Rrp}\% + \text{Rrd}\% + \text{Rsd}\%)$$

Donde: Gpc Nf = Generación per cápita Neta que ingresa al sitio de disposición final.

(Rrp% + Rrd% + Rsd%) = Generación recuperada antes y durante el transporte y la recuperada en el sitio de disposición final.

$$\text{Gpc Nf} = 0.862 - (0.862)(0.225 + 0.053 + 0.163)$$

$$\text{Gpc Nf} = 0.862 - (0.380)$$

$$\text{Gpc Nf} = \underline{0.482 \text{ kg/hab-día}} \quad \checkmark$$

2.2.1.5. Almacenamiento

Se puede dividir en dos en Domiciliario y en otras fuentes:

a).-Almacenamiento Domiciliario: Es recomendable que sea un bote de plástico o lámina, con una bolsa de plástico en el interior, que sea redondo el bote y tenga asas, que sea impermeable y resistente a la corrosión.

Se puede emplear la siguiente fórmula para determinar el volumen neto probable en base de los siguientes datos:(56)

$$V=(G/P*V)(1/f)*F$$

donde: V= (litros)

N= # de habtes.

casa-habitación

G=generación de
residuos sólidos
"per-cápita"
kg/hab/día

F=factor de
seguridad

f=frecuencia de
recolección con
falla.

PV= Peso volumétrico
de residuos
sólidos "in situ"
en kg/m³

'b).-Almacenamiento en otras fuentes de generación: Como pueden ser las unidades habitacionales, mercados, hospitales, comercios, hoteles, centros de reunión, oficinas públicas y centros de gran generación.

Se recomiendan contenedores, de capacidad menor o igual a 2m³, que sean metálicos y sean contenedores fijos o móviles.

(56) CHIRINOS Calero, Patricio. Manejo y disposición final de los desechos sólidos municipales e industriales., México, 1988., Volumen I., págs. 75-76

Para que se tenga un buen funcionamiento:

i).-Los residuos deben encontrarse en bolsas plásticas, de preferencia con una previa separación de los desechos sólidos.

ii).-El material con volumen como el cartón o madera debe ser destruido.

iii).-Asearse periódicamente

iv).-Debe contener drenaje en el fondo del contenedor

v).-Prohibirse estacionarse cerca de ellos para la posterior recolección.

vi).-Los recipientes deben de ser de cono truncado invertido para facilitar su descarga en caso de no emplear bolsa.

vii).-Desinfectarse dos veces al mes.

La ubicación ideal del contenedor debe ser la siguiente:

i).-Que el acarreo hasta el vehículo sea de 15 m.

ii).-Que estén en un lugar ventilado y con iluminación.

iii).-Se encuentren a una altura de 5 cm más alto del nivel del piso.

iv).-Sus dimensiones que sean del 25 % del área en planta de los contenedores diseñados.

v).-Preveer un área de circulación de un pasillo de 120 m de ancho, para el transporte de contenedores.

vi).-La altura interior libre al menos 2m. y las puertas una holgura de al menos 0.4m.

vii).-Las dimensiones mínimas para alojar un contenedor serán de 2 x 2 m.

viii).-Los materiales para la construcción de un contenedor pueden ser fibra de vidrio, plástico rígido o metálico).

ix).-Los volúmenes netos del orden del 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 m³ de capacidad, y para grandes volúmenes hasta 10.m³.(57)

(57) CHIRINOS, Patricio, Op. Cit., pág.80-82

2.3. Transporte

La selección adecuada de un vehículo de recolección, depende de la aplicación de algunos principios de la física y de la ingeniería y no de las características que el fabricante quiera hacer resaltar.

Dependiendo la situación económica que se vive en determinado país, se proponen las siguientes alternativas:

Países desarrollados	Se emplean métodos y sistemas con altas inversiones y poco uso de la mano de obra.
Países Menos desarrollados	Se emplean métodos no convencionales con menos inversiones y un uso extensivo de la mano de obra

En los países menos desarrollados es por la problemática de la salida de divisas, por lo que sólo se emplea una tecnología adecuada para una cierta región. Con las siguientes propuestas:

Con más de 50,000 habitantes se empleen equipos convencionales de recolección y transporte de residuos sólidos municipales.

Con menos de 50,000 habitantes se empleen equipos no convencionales para recolección y transporte de residuos sólidos municipales.

2.3.1 Tipos de Transportes

Los transportes más comunes son los siguientes:

Camión Recolector de Carga Lateral

Es cilíndrico de 10 hasta 16 o más m^3 de capacidad, la compactación no se hace con la regularidad debida. Las ventajas de este transporte es su bajo costo y mecanismo sencillo.

Camión Recolector de Carga Frontal

Generalmente es de 15 a 30 m³ de capacidad. Su principal uso de este recolector, es para las zonas de gran generación de basuras como mercados, hospitales, multifamiliares, fábricas, super, etc. No recolecta basura casera.⁽⁵⁸⁾

Otros Equipos

En estos equipos por su diversidad no es posible dar detalles, y son los más comunes:

- a).-Equipos de transferencia
- b).-Grúas para contenedores
- c).-Contenedores caja.⁽⁵⁹⁾

2.3.1.1 Selección de Equipo

'Depende de la recolección y aplicación de física e ingeniería y no de las características que el fabricante quiera hacer resaltar.

a).-Selección del Chasis

Longitudes 12 m
altura 4m
anchura 2.60 m

b).-Selección del motor

Se emplea la siguiente fórmula:

$$P = 1.013 (0.0037 V \alpha w + pw + 0.0047 SV^2)$$

donde: P= potencia HP

V= velocidad km/hr

α = coeficiente adimensional

w= peso bruto total

P=pendiente de la calle o carretera.

S= superficie frontal en m²

(58) CHIRINOS Calero, Patricio. Manejo y disposición final de los desechos sólidos municipales e industriales. México, 1988. Vol II, págs. 127-129

(59) ibid., pág 130

c).- Selección de capacidad de muelles

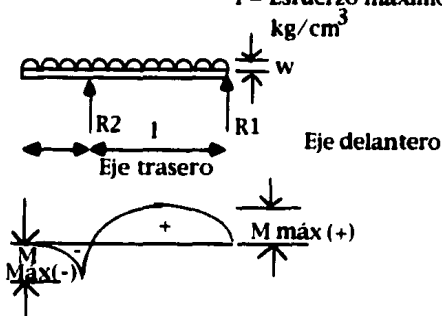
Se cálcula de la siguiente manera:

$$\text{Capacidad del Muelle} = \frac{\text{descarga en eje-peso(muelle+eje+rueda)}}{2}$$

d).- Selección del bastidor

Su flexión no debe tener deformación. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$M = S \cdot f \quad \text{donde: } S = \text{Módulo de sección en cm}^3 \\ f = \text{Esfuerzo máximo de trabajo kg/cm}^3$$



Momento máximo :

$$M (+) = \frac{w}{(8)(l)^2} (1 + a^2)(1 - a)^2$$

$$M (-) = \frac{W a^2}{2}$$

e).-Selección de las llantas

La selección de las llantas deben estar apegadas al recomendado por el fabricante para el peso bruto vehicular.

- Evitar montarse en banquetas
- Evitar velocidades en terracerías
- Evitar el uso inapropiado de frenos
- Evitar acelerar y desembragar
- Evitar una distribución inapropiada de la carga.

EJEMPLO:⁽⁶⁰⁾

Se propone un vehículo particular Modelo D-600 ⁽⁶¹⁾ y se hará una comparación con los datos del fabricante.

DATOS del fabricante:

Peso bruto vehicular.....	11130
Volumen de la caja.....	6
Peso de la basura.....	3000

a).-Revisión del chasis.

$$Pt = 6478 \text{ kg} + 2840 = 9318 \text{ kg}$$
$$9318 < 11130$$

$$\text{Eje trasero} = 6818 < 9000 \text{ SCT}$$

DIMENSIONES : Fabricante

Longitud 6.90 < 12 m.

Ancho 2.02 < 2.6m.

Altura 2.25 < 4.0m.

(60) Ibid., pág. 138-142

(61) SUAREZ, Salazar, Carlos, Costo y Tiempo en Edificación. Datos obtenidos en las págs. 192-193

b).-Revisión del motor.

$$\begin{aligned}V &= 40 \text{ km/hr.} \\ \alpha &= 0.0175 \text{ (pavimento asfáltico)} \\ P &= 0.05 \\ A &= \text{área expuesta} = (2.02)(2.25) = 4.55 \text{ m}^2 \\ W &= 9318 \text{ kg.}\end{aligned}$$

Empleando la fórmula:

$$P = 1.013 (0.0037 V \sqrt{W + pw + 0.0047 SV^2})$$

donde: $P = 7 \text{ HP}$

$$V = 40 \text{ km/hr}$$

$$\alpha = 0.0175$$

$$w = 9318$$

$$P = 0.05$$

$$S = 4.55 \text{ m}^2$$

Sustituyendo valores:

$$P = \underline{99.43 \text{ HP}} < 155 \text{ Hp del fabricante. Es aceptable.}$$

c).-Revisión de muelles.

Muelles delanteros:

$$\frac{2500 - 1136}{2} = 682 \text{ kg} / < 1678 \text{ del fabricante}$$

Muelles traseros:

$$\frac{6818 - 3818}{2} = 1500 \text{ kg} / < 5275 \text{ del fabricante}$$

b).-Revisión del bastidor.

$$\text{longitud} = 4.45 \text{ m}$$

$$\text{ancho} = 1.82 \text{ m}$$

$$w = \frac{\text{Peso total del vehículo}}{1 + a} = \frac{9318 \text{ kg}}{4.45 + 1.82}$$

$$w = \underline{1486 \text{ kg/m}}$$

Momento máximo :

$$M (+) = \frac{w}{(8)(l)^2} (1 + a)^2 (1 - a)^2$$

$$M (-) = \frac{W a^2}{2}$$

Sustituyendo valores:

$$M (+) = \frac{1486 (4.45 + 1.82)^2 (4.45 - 1.82)^2}{(8)(4.45)}$$

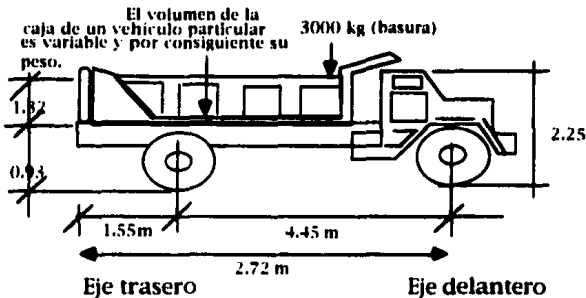
$$M (+) = \underline{2551 \text{ kg.m}} \quad /$$

$$M (-) = \frac{(1486) (1.82)^2}{2}$$

$$M (-) = \underline{2461 \text{ kg.m}} \quad /$$

$$S = \frac{M}{f}$$

$$S = \frac{225100}{927} = 275 \text{ cm}^3 > 213.50 \text{ del fabricante.}$$



2.3.1.2. La situación del transporte en Ecatepec.

El transporte sería insuficiente, en el municipio, de no ser por la concesión que se les da a particulares. La razón es que el H. Ayuntamiento cuenta tan sólo con 50 unidades, de distintos años marcas y capacidades, por lo que sería insuficiente la cobertura a todo el municipio.

Los particulares o concesionarios en conjunto suman 100 vehículos, con una capacidad de cada uno variable al adaptarle cambios en la caja

.Se les cobra una tarifa de ingreso al sitio de disposición final. La capacidad vehicular varía entre valores menores de 10 m³, 10 m³, 20 m³ y 16 m³. (Anexo 5).

2.3.1.3. Características y requisitos que debe de observar una concesión jurídicamente.⁽⁶²⁾

La concesión garantiza la prestación del servicio a través de la intervención de particulares interesados que cuenten con capacidad técnica y económica, en un acto emanado de un órgano de autoridad.

Para darle al servicio público: regularidad, uniformidad, adecuación e igualdad. En un tiempo a largo plazo en virtud a la vida útil del sitio.

El concesionario no adquiere derechos reales (Sus derechos son de índole administrativo, limitados por leyes.)

Naturaleza jurídica de la concesión en materia de servicio público

Aspectos trascendentales son:

a).-Revocación	Extinción de la concesión, con motivo de incumplimiento.
b).-Caducidad	Si no se cumplen con los plazos previstos.
c).-Renuncia	Imputable al concesionario, de contemplarse en una concesión.

(62) MEXICO., Municipio de Coacalco. Características y Requisitos que debe observar una concesión.,1995.hojas 1-2 "resumen"

Disposiciones legales y reglamentarias reglamentarias en relación a la concesión

El fundamento jurídico se encuentran en los artículos 115 fracción b III.

Ahí se establece que los municipios tienen a su cargo los servicios públicos siguientes:

- a).-Agua potable y alcantarillado
- b).-Alumbrado público
- c).-Limpia
- d).-Mercados y centrales de abasto
- e).-Panteones
- f).-Rastro
- g).-Calles, parques y jardines
- h).-Seguridad pública y tránsito
- i).-De acuerdo a los legisladores locales determinen, los municipios de un mismo estado, se pueden asociar para la prestación más eficaz, según: El régimen jurídico, de la Ley Orgánica Municipal del Estado de México, en sus artículos 125 al 141.

Aspecto importante en general, radica en la prevención de la contaminación del suelo, impacto ambiental y sus riesgos, en sus artículos 55, 56, 57, y 58.

Aspectos de relevancia de la concesión para la prestación del servicio público de limpia y transporte

Desde el punto de vista general el servicio de limpia y recolección debe ser gratuito ya que en impuestos se cubren los gastos.

Sería algo ilegal que las autoridades municipales, realizaran cobros, independientemente del tipo de desecho.

Pero si el concesionario, no cobrara por sus servicios (el servicio particular), y además pagara una tarifa a las autoridades donde deposita, las características de regularidad y eficiencia serían inexistentes.

2.4. Recolección

Antes de que el servicio de recolección opere en sus recorridos en forma normal, se recuperan un 22.5 % de la generación per cápita bruta debido principalmente por la existencia de centros de acopio en algunas zonas o la reutilización de algunos subproductos.

Sin embargo aún la producción es importante, y es necesario contar con el equipo acorde a las características del Municipio, por lo que es necesario conocer los métodos de recolección, transporte, almacenamiento y de zonificación con el fin de dar un servicio más óptimo.

2.4.1. Métodos de recolección

Se conocen comunmente los siguientes métodos: De Esquina o Fija, De Acera e Intradomiciliaria.⁽⁶³⁾

Método de recolección	Equipo con posibilidad	Equipo recomendado	Tipo de servicio
De Esquina o Fija	Vehículo tipo volteo Vehículos compactadores de carga lateral Vehículos compactadores de carga trasera	Vehículos compactadores de carga lateral	Para servicio doméstico o barrios populares en turnos matutinos y vespertinos.
De acera	Vehículos compactadores de carga trasera	Vehículos compactadores	Tipo doméstico o barrios residenciales con calles anchas de doble vialidad en todo tipo de turno
Intradomiciliaria	Compactadores de carga trasera con o sin mecanismos elevadores de contenedores	Compactadores de carga trasera con o sin mecanismos elevadores de contenedores	Tipo doméstico en barrios residenciales, hoteles, hospitales, restaurantes y grandes fuentes de generación

(63) OP.Cit., Vol I, pág 93

2.4.1.1. Factores de seguridad recomendados en la recolección⁽⁶⁴⁾

Frecuencia de Recolección	FALLAS DEL SERVICIO	1 vez a la semana	2 veces a la semana	3 a 4 veces a la semana
Diariamente incluyendo el domingo (7/7)	1.5	1.5	1.75	2.34
Diariamente de lunes a sábado (6/7)	1.5	1.5	2.0	3.0
tres veces a la semana (3/7)	1.5	3.0	-	-
Dos veces a la semana (2/7)	3.5	-	-	-
Una vez a la semana (1/7)	7.0	-	-	-

2.4.1.2. Frecuencia de recolección y la determinación de el volumen almacenado .

Volumen de almacenamiento domiciliario en litros para una frecuencia de recolección de dos veces por semana, con un factor de seguridad de 1.5 y un peso volumétrico de 200 kg/m³.

No. de habitantes por Casa- habitación	Generación en kg/m ³			
	0.4	0.5	0.6	0.7
3	31.5	39.4	47.3	55.1
4	42.0	52.5	63.0	73.5
5	52.5	65.6	78.8	91.9
6	63.0	78.8	94.5	110.3
7	73.5	91.8	110.3	128.6

Volumenes de almacenamiento domiciliario en litros para una frecuencia de recolección de tres veces por semana, con un factor de seguridad de 1.5 y un peso volumétrico de 200 kg/m³⁽⁶⁵⁾

(64) ibid., pág. 79

(65) ibid., pág. 84

No. de habitantes por Casa- habitación	Generación en kg/m ³ .			
	0.4	0.5	0.6	0.7
3	21	26.3	31.5	36.8
4	28.0	35.0	42.0	49.0
5	35.0	43.8	52.5	61.3
6	42.0	52.5	63.0	73.5
7	49.0	61.3	73.5	85.8

2.5. Zonificación

'Para la zonificación del sector que se desea evaluar, será necesario contar con la siguiente información:

Contar con planos del municipio, con el fin de conocer los diferentes tipos de zonas como son: la urbana; las pavimentadas; las zonas naturales y artificiales; topografía y zonas de sitios de disposición y/o tratamiento, con que se cuente actualmente.

Conocer las zonas de habitación unifamiliar, con su respectivo nivel socioeconómico, número de casas, tráfico, vialidades, número de habitantes por vivienda.

Los puntos de gran generación; como son los mercados, tianguis, hospitales, supermercados, centros comerciales, etc., y marcarse en el plano municipal conveniente.

Con lo anterior se determina la generación de basura unitaria, y el método de recolección a utilizar, así como la frecuencia de recolección.

2.5.1 Métodos de zonificación.

La división de la ciudad en sectores operativos, la determinación del número de camiones necesarios en cada uno y a la asignación de un área o sector a cada vehículo se le llama *Macroruteo*.

Sus etapas consisten en un proyecto de gabinete (cálculo teórico y áreas de cada camión) y un ajuste de campo (los contornos para las diferentes cuadrillas) necesario para su mejor cobertura.

Los métodos más empleados son el : Método Heurístico y el Método Determinístico.

2.5.1.1.Método Heurístico

Con el método Heurístico se determinan el número de vehículos a emplear y las áreas que recorren cada vehículo asignado.

El número de vehículos necesarios o zonas en que se dividirá el sector se puede calcular con la siguiente fórmula:

Número de Vehículos necesarios o Zonas en que se dividirá el sector

$$N = \left(\frac{GP}{nCv} \right) \left(\frac{7}{dn} \right) (fr)(C)$$

- Donde:
- N= Número de vehículos necesarios
 - G= Generación de basuras en Kg/Hab-día
 - P = Población de diseño en habitantes.
 - n = Número de viajes/ unidad en una jornada normal de trabajo
 - Cv = Capacidad útil del vehículo en Kg.
 - 7/dn = Relación que toma en cuenta la la basura generalmente, entre los días en que se trabaja
 - fr = Factor de reserva, en el rango de 1.07 a 1.20 según estadísticas de la edad promedio y mantenimiento de la flotilla
 - C = Factor de cobertura de la unidad (1), en sectores céntricos, disminuyendo en la periferia.

Cálculo del número de vehículos necesarios y zonas en que se dividirá el sector.⁽⁶⁶⁾

Las unidades vehiculares son de distintos volúmenes comprenden capacidades menores a 10 m^3 , o igual a 10 m^3 , 16 m^3 , y 20 m^3 .

Con estos datos se toma un promedio general considerando que los vehículos de menor capacidad son los que mayor unidades concentran en el municipio por lo que se tiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} &\text{Se consideran: } 10 \text{ vehículos de } 4 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen} &= \frac{(4)(10)+6+8+10+16+20}{15} = \frac{107}{15} \\ &= 7.13 \approx \underline{7 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Como factor constante del peso volumetrico compactado = 450 kg / m^3 (Los particulares ordenan la basura y ahorran espacio es por esto que tienen una capacidad de eficiencia en la recolección).

La capacidad volumétrica se obtiene con la fórmula siguiente:

$$\begin{aligned} &\boxed{Cv = (Vc) (Pv)} \quad \text{Donde: } Cv = \text{Capacidad volumétrica} \\ &Cv = (7) (450) \\ &Cv = \underline{3150 \text{ kg}} \end{aligned}$$

$Vc = \text{Volumen compactado}$
 $Pv = \text{Peso volumétrico.}$

Con la información anterior calculada y la obtenida en el municipio se conjunta lo siguiente :

⁽⁶⁶⁾ ibid., págs. 109-110

En el municipio existen 50 unidades que (1 vez pasan)

y 100 unidades que (1 vez pasan)

En promedio general el número de viajes son de 2.

Gpc neta en el transporte = 0.668 kg/hab-día
Población en el final de julio de 1993 = 1'431,512 habitantes

Días que comunmente se trabaja = 6 días

Capacidad volumétrica = 3150 kg

Número de viajes = 2 viajes.

Factor de reserva = 1.1

Factor de cobertura = 0.8

Sustituyendo los datos en la siguiente fórmula se obtiene:

$$N = \frac{(GP)}{(nCv)} \left(\frac{7}{dn} \right) (fr)(C)$$

$$N = \frac{(0,668) (1'431,512) (7) (1,1) (0,8)}{(2) (3150) (6)}$$

$$N = \frac{156 > 150 \text{ unidades}}{\quad}$$

N= 156 zonas en las que se dividirá el sector municipal.

'La Generación, debido a los cambios de hábitos de consumo como se mencionó anteriormente, es variable, por lo que se toma en cuenta un aumento anual de la generación de diseño en un rango de 2 a 3 % anual.

La vida de la recolección es corta, entre 5 y 8 años.

Se estima la población por lo tanto durante 10 años. (Ya calculada en el subíndice 2.2.1.3.).

El número de viajes se convierte en parámetro⁽⁶⁷⁾.

(67) Idem

Duración del turno

Se emplean las siguientes fórmulas:

$$t = Tg + Tgr = (Tr + Trr + Tm)n + (n-1)(Trr + Trg) \longrightarrow 2$$

$$t = Tg + Tgr + Tgr + n(Tr + 2 Trr + Tm)(Trr) \longrightarrow 3$$

Donde:

t= duración del turno o tiempo hábil/día

n=número de viajes por turno normal de trabajo

Tg=tiempo de preparación en garage

Tgr=tiempo de traslado de garage a ruta

Tr=tiempo de recolección=(t'r+tr)

tr=tiempo de transporte corto

t'r=tiempo de carga

U= número de usuarios servidos en un viaje

Trr=tiempo de ruta a relleno sanitario o estación de transferencia.

Número de casas o usuarios por vehículo

Se determina con la siguiente

fórmula:

$$U = (n.Cv.f)/(Hc.G) \longrightarrow 4)$$

donde: U=usuarios por camión en una jornada normal.

n= número de viajes por jornada.

Cv= capacidad del vehículo (kg)

Hc=habitante promedio por casa o vivienda.

G=generación en kg/hab-día.

f= Frecuencia de recolección

Se tienen los siguientes datos:⁽⁶⁸⁾

Considerando que el número de viviendas es la misma de 1990
Población en el final de julio de 1993 = 1'431,512 habitantes

Número de personas por vivienda = 5.97 habitantes

Considerando que el vehículo pasa
cada tercer día = 3/7

Capacidad volumetrica = 3150 kg

Número de viajes = 2 viajes.

Factor de cobertura = 0.8

G pc en el transporte = 0.668 kg/hab-día

$$U = (n) (Cv) (f) / (Hc)(G)$$

Sustituyendo datos se obtiene:

$$U = \frac{(2)(3150)(3)}{(5.97)(0.668)(7)}$$

$$U = \underline{677 \text{ viviendas}} \checkmark$$

Tamaño de la Cuadrilla

Se determina con la siguiente fórmula:

$$NR = (n.Cv) / (r.h) \longrightarrow 5)$$

Donde: NR=Número de recolectores

n=número de viajes que se cree puede efectuar el camión.

Cv=capacidad útil del vehículo, en kg.

r=rendimiento kg/hombre-hr.

h=duración de la jornada normal, en horas.

(68) Ibid., págs. 113-115

Número de viajes = 2 viajes.
 Capacidad volumétrica = 3150 kg
 Rendimiento de una persona = 425 kg/hab-hr
 Duración de la jornada normal de trabajo = 8 horas

Sustituyendo valores se tiene:

$$Nr = (n. Cv) / (r. h)$$

$$Nr = \frac{(2) (3150)}{(425) (8)}$$

$$Nr = 1.85 \approx \underline{2 \text{ Hombres}}$$

Conociendo que pasan 2 veces por semana se distribuye el trabajo de la siguiente manera:

$$U = n \text{ (No. de viviendas)}$$

$$U = (2) (677)$$

$$U = \underline{1354 \text{ casas / semana}}$$

Por lo que :

677 lunes,miércoles y viernes
 y 677 martes,jueves y sábado.

2.5.1.2.Método Determinístico

Con este método se obtiene el tamaño óptimo de la cuadrilla en función a posibilidades económicas de la localidad. Por lo que se requiere el presupuesto del municipio y sólo se mencionará para algún cálculo futuro.⁽⁶⁹⁾

⁽⁶⁹⁾ Ibid., págs.117-118

Programación Lineal

Primera restricción

$$z = \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad \text{donde: } c_i = \text{costo horario de cada tipo de camión empleado}$$

$x_i = \text{número total de tipos de camión}$

Con las siguientes características:

$$0 \leq \frac{W_i X_i N_i}{f_i} \leq S \quad (f=6/7)$$

$$S/2 \leq \frac{W_i X_i N_i}{f_i} \leq S \quad (f=3/7)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{W_i X_i N_i}{f_i} = S \quad (f=2/7)$$

donde: $W_i = W$ en kg de basura recolectada por camión.

$N_i =$ Número de viajes

$f_i =$ eficiencia de llenado

$S = (Pg+B)(7/d)$ donde: $P =$ Población del proyecto (habitantes)

$G =$ generación diaria per-cápita (kg/hab/día)

$B =$ Otro tipo de basura recogido diariamente

en la Cd. (kg)

$d =$ días laborales a la semana.

Segunda restricción

$$\sum_{i=1}^n k_i x_i \leq W \quad \text{donde: } k_i = \text{costo diario por mano de obra.}$$

$W = \text{costo diario de operación vehicular.}$

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Tercera restricción

$$x_1 \leq a \quad x_2 \leq b \quad X(n-1) \leq P \quad X(n-1)$$

donde: a,b,.....,p=número de
camiones actuales
de cada tipo
empleado

Cuarta restricción

$$\sum_{j=1}^n P_a x_j \leq L$$

donde: P_a = Precio de
adquisición
de un nuevo
Chasis.

CAPITULO I I I

SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SOLIDOS

3.1. Generalidades

Existen tres tipos de división de un tratamiento y son: el Biológico, Químico y Físico, cada uno con características propias y desventajas; es indudable que disminuyen el volumen generado, pero el costo es el principal problema que se considera. No se puede apartar por ello el pretratamiento; es importante no olvidar que más del 60 % de desechos sólidos, tienen la probabilidad de una nueva utilidad por medio de un tratamiento natural o artificial, que darían más vida útil al sitio de disposición final.

La forma de garantizar un buen manejo de los desechos sólidos a tratar, es su previa separación. Como se mencionó en el Capítulo II, un desecho sólido combinado (orgánico e inorgánico), dificulta su tratamiento

3.1.1 ¿Que es tratar un desecho sólido?

"Tratar" significa volver a valorizar el desecho, darle una nueva utilización, por medio de la recuperación y la transformación. O bien arrojarlo al medio exterior sin perjuicio desmedido (depósito), como medio de eliminación aunque esto no resulte siempre como se pretende, y aún con técnicas, si no son las adecuadas.

3.1.2 Importancia en el ayuntamiento

Es importante dar a conocer los métodos de tratamiento que más se practican en la actualidad. Pueden ser a futuro una herramienta más en la disminución de los desechos sólidos.

Sin embargo, el poco interés hacia estos sistemas es precisamente el económico, por lo que se analizarán cada uno estos métodos para conocer los límites probables en Ecatepec.

3.2.Sistemas de tratamiento

Se analizarán los métodos de tratamiento que más se practican en su siguiente orden:

Métodos de Tratamiento

- Pirólisis
- Incineración (Tratamiento físico)
- Composteo (Biológicos : degradación, abono de tierra)
- Reciclaje y reuso (Químico, Térmico)
- Empacado o Embalado
- Trituración
- Procesado de los residuos hasta transformarlos en combustible y utilizarse en energía eléctrica.
- Disposición Final

3.2 1.Pirólisis

'La pirólisis se define como la descomposición Físico-Química del material orgánico constituyente en los desechos sólidos por la acción del calor, todo esto realizado en una atmósfera deficiente en oxígeno.

Por medio de la pirólisis la materia orgánica contenida en los desechos sólidos se transforma en tres subproductos que son :

Un Desecho Sólido

Un desecho sólido compuesto principalmente de carbón, cenizas y metales. El carbón tiene un poder calorífico de 12,000 (B.T.U./Libra)* y la cantidad de metal, depende de la composición de los desechos sólidos y del grado de separación que se haya tenido.

* BTU= 259 calorías (Unidad de calor)

Libra = Unidad de fuerza del sistema inglés F.P.S.

Un producto Líquido

Un producto líquido compuesto de agua y mezclas orgánicas tales como el alcohol, alquil alcohol, metil acetona y oleos de acetato y alquitrán.

Un Gas de bajo valor calorífico

Un gas de bajo valor calorífico compuesto principalmente de CO_2 , CO , N_2 , y CH_4 en una mezcla con un poder calorífico de 3,500 a 6,500 Kcal-kg.

La forma y las características de la fracción combustible varía para cada uno de los procesos que se están desarrollando en la actualidad y es función del tiempo de reacción, de la temperatura, de la presión en el reactor pirólitico, del tamaño de las partículas y de la presencia de catalizadores y combustibles auxiliares.

La pirólisis de desechos municipales se efectúa en reactores diseñados especialmente para procesar estos materiales, un tipo patentado de estos reactores consta de una retorta calentada con gas, hermética y revestida con una chaqueta bien aislada. Esta retorta gira lentamente y tiene una pequeña inclinación en el sentido de la alimentación hacia la descarga. Los desechos son alimentados a través de un sello que se abre intermitentemente, y son sometidos dentro de la retorta a temperaturas de 650 a 1,400°C. en una atmósfera libre de oxígeno.

Al estar en ausencia del oxígeno los materiales no entran en combustión propiamente dicha y son descompuestos en sólidos, líquidos y gases.

La producción de gases en el reactor es de aproximadamente $1.56 \text{ m}^3/\text{kg}$ de desecho alimentado. Los reactores tienen tamaños que van de 250 kg por hora hasta 12,000 kg. por hora; y el ciclo desde la alimentación hasta la descarga dura entre 12 y 15 minutos.

En la pirólisis, contrariamente a lo que sucede en la incineración, la reacción que se lleva a cabo es del tipo endotérmica, el calor aplicado a los desechos es con el fin de destilar los compuestos volátiles.

En la actualidad la pirólisis ha sido solamente usada para desechos sólidos municipales, no existe mucha experiencia en el caso de la pirólisis de residuos tóxicos. Sin embargo la pirólisis también presenta una alternativa de tratamiento para los residuos tóxicos que contengan una parte considerable de materia orgánica.

Como un ejemplo de este proceso podemos citar que en los Estados Unidos existen actualmente cerca de 15 sistemas de pirólisis en desarrollo, los cuales en su mayoría han tenido buenos resultados.

En resumen la pirolisis puede llegar a ser una solución atractiva para el tratamiento de los desechos sólidos municipales, ya aunque el proceso requiere de altos costos de inversión y operación, su efectividad desde el punto de vista de la reducción de volumen, mínima contaminación atmosférica y una posibilidad de ingresos económicos puede llegar a generalizar su uso en un futuro cercano.

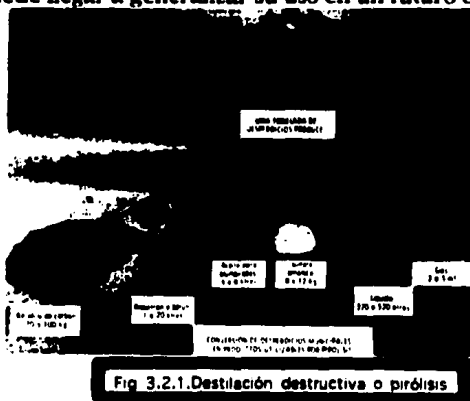


Fig 3.2.1. Destilación destructiva o pirólisis

3.2.2 Incineración

La eliminación de los desechos sólidos a través del proceso de incineración comprende una serie de etapas más o menos complejas. Las plantas de incineración bien proyectadas representan una muy buena solución, desde el punto de vista sanitario, para tratar los desechos sólidos de una comunidad. Todas las bacterias e insectos se destruyen en forma rápida, como también se eliminan en forma satisfactoria las materias combustibles contenidas en los desechos.

La incineración representa el inconveniente de dejar un desecho de cenizas y escoria del 10 % del volumen inicial, así como los componentes no combustibles, que tienen que eliminarse posteriormente en forma adecuada mediante relleno sanitario.

En la actualidad es posible lograr a aprovechar parte de la energía calorífica disponible en los desechos a través de un horno incinerador bien diseñado, proyectado y operado, siempre que el contenido de humedad, cenizas y el calor de combustión de los desechos así lo permitan, energía que puede ser utilizada con propósitos municipales, industriales o domésticos.

Sin embargo, existen diversas razones por las cuales los hornos incineradores solamente se aconsejan para algunas ciudades. Circunstancias tales como la elevada inversión inicial y los altos costos de operación han obligado a dejar fuera de uso a incineradores en funcionamiento; además, los municipios de nuestro país no están en posibilidades de realizar este tipo de inversiones. Otro inconveniente que presentan los incineradores es el problema de la contaminación atmosférica al emitir el humo y gases producto de la combustión de los desechos sólidos. A continuación se señalan una serie de factores que limitan la implantación de incineradores:⁽⁷⁰⁾

Bajo Calor de Combustión y Alto Porcentaje de Humedad

En los desechos, son inconvenientes que pueden subsanarse mediante precalentamiento del aire, presecado de los desechos y mediante la utilización de combustibles adicionales.

(70) RAMIREZ Horacio, Bermejo. Primer seminario sobre administración recolección y disposición de residuos municipales. I.P.N. hojas 1-5

Alto Contenido de Materias Vegetales

Lo que ocasiona, si la operación del horno no es satisfactoria, un desecho con algún contenido de materia orgánica susceptible de entrar en descomposición.

No se tiene ningún valor comercial

Naturalmente, en el proceso de la incineración, se alimenta al horno de un cierto total de los desechos generados, sin que la recuperación de estos materiales puedan tener cierto valor comercial.

Las condiciones de Vida de una Población son Variables

Las condiciones de vida de una población pueden cambiar apreciablemente a lo largo del tiempo, y pueden transformar una planta para operar en forma satisfactoria en el presente; en una planta inapropiada para la incineración de los desechos sólidos en el futuro.

En resumen se logra una reducción en el volumen, dejando un material inerte (escorias y cenizas) cerca del 10 % inicial, y emitiendo gases durante la combustión. La mala combustión genera humos, cenizas y olores indeseables.

No es recomendable en Hospitales, en países en desarrollo y en poblaciones pequeñas. Por las desventajas siguientes:⁽⁷¹⁾

- > Elevado capital inicial.
- > Altos costos operativos.
- > Técnicos bien calificados.
- > Compleja operación y mantenimiento.
- > No es flexible.
- > Necesita combustible auxiliar.
- > Se debe de evitar la contaminación del aire con equipos de control.

(71) JARAMILLO, Jorge, op. cit., pág.8

3.2.3 Composteo

El tratamiento de los desechos sólidos a través de la digestión bacteriana es un método que en términos generales se define como la descomposición biológica de la materia orgánica tendiente a obtener un humus estabilizado. Este método consiste en someter a la parte orgánica de los desechos a la acción bioquímica de los microorganismos, de una manera controlada técnicamente, con el objeto de estabilizar la parte de fácil biodegradación. La descomposición puede realizarse en condiciones aerobias, es decir, la presencia de oxígeno o anaerobias en ausencia de este.⁽⁷²⁾ Manteniendo la masa en las condiciones de aireación y humedad adecuadas, en el proceso de fermentación se distinguen las siguientes fases:

Fase de latencia y crecimiento. Es el tiempo que necesitan los microorganismos para aclimatarse a su nuevo medio y empezar a multiplicarse. Esta fase suele durar de 2 a 4 días y al final de ella la temperatura alcanza más de 50 °C.

Fase Termófila. Los microorganismos iniciales son sustituidos por otros que viven a temperaturas altas (termófilos). En esta fase, debido a la alta actividad bacteriana, se alcanzan las temperaturas más elevadas (de 50 a 70 °C.) lo cual elimina gérmenes patógenos, larvas y semillas. La mayor parte de la materia orgánica fermentable se transforma, por lo que la masa se estabiliza, esta es la fase que más se debe vigilar para asegurar una buena pasteurización y evitar una excesiva mineralización si se prolonga demasiado.

Dependiendo del producto de partida y las condiciones ambientales, este proceso suele durar entre una semana, en los sistemas acelerados, y de uno a dos meses en los de fermentación lenta.

Fase de maduración. Si la fermentación se realiza encima de la tierra, entran en la masa del compost otros descomponedores como las lombrices, que actúan positivamente.⁽⁷³⁾

El producto resultante, es un mejorador orgánico de suelos de color café grisáceo y ligero olor a tierra húmeda su contenido de nutrientes varía según la tabla siguiente:

(72) RAMIREZ Horacio, Bermejo, *Op. cit.*, hoja. 6

(73) VAL, Alfonso del. *El libro del reciclaje. Manual para la recuperación y aprovechamiento de las basuras.* págs. 84-85

Nitrógeno	0.4 - 1.5 %
Fósforo	0.2 - 0.8 %
Potasio	0.4 - 1.2%
Calcio	2.0 - 8.0 %

Este producto resultante puede utilizarse para los siguientes fines:

- a).- Mejorar suelos desgastados o carentes de materia orgánica.
- b).- Mejorar las características físicas de los suelos arenosos o arcillosos.
- c).- Mejorar los cultivos finos tales como floricultura, fruticultura y otros.
- d).- Uso para parques y jardines municipales.
- e).- Agricultura en general.

Todo método de digestión bacteriana debe tender a reunir los requisitos para que el proceso sea el más rápido, completo y sanitario posible, con base de los siguientes fundamentos:

- a).- Posibilidad de extracción de algunas materias no digeribles como vidrio, loza, etc.
- b).- Mezcla uniforme de los desechos y elementos orgánicos.
- c).- Preparación de la mezcla de modo que presente las mayores facilidades para la innovación y el desarrollo de bacterias y microorganismos.
- d).- Periodo de descomposición y estabilización en condiciones óptimas.

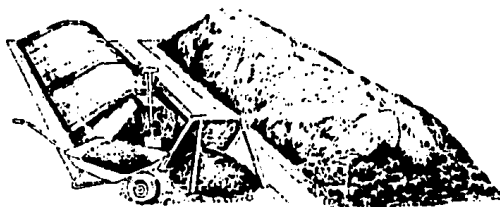


Fig. 3.2.2. Fermentación o composta

En lo que respecta a la localización de la planta de composteo, se recomienda que se haga en un área que cuente con buenas vías de acceso, electrificación, agua y en general todos los servicios municipales comunes.

De preferencia deberá de estar localizada cerca de los principales centros generadores de desechos sólidos, para con esto minimizar los costos de recolección y transporte. Así mismo deberá estar localizada en un lugar de tal modo que los vientos dominantes alejen el olor de la ciudad, previniendo una mala operación temporal de la planta.

Deberá preverse la operación de un pequeño relleno sanitario, tanto para los rechazos producidos por la propia planta y para los excedentes de desechos sólidos que la planta sea capaz de procesar.

De realizarse el establecimiento de una planta de composta, las personas interesadas, deberán de efectuar análisis físicos y químicos de los desechos sólidos a procesar con la finalidad de caracterizar estadísticamente los subproductos reciclables que pudieran obtenerse de los desechos.⁽⁷⁴⁾

En resumen el contenido orgánico de la basura es reducido por la acción bacteriológica de microorganismos contenida en la misma basura, resultando un material denominado compost, que es un mejorador de suelos (más no un fertilizante), lo que le da un valor comercial.

Pero este valor es menor que el costo de producción. Tiene las desventajas siguientes:⁽⁷⁵⁾

- ▶ Separación de los desechos.
- ▶ Poco flexible.
- ▶ Inestabilidad en el mercado del compost.
- ▶ Elevado capital.
- ▶ Altos costos de operación y mantenimiento.
- ▶ Técnicos calificados.
- ▶ Costos de transporte.

(74) RAMIREZ Horacio, Bermejo, Op.Cit., hojas 7-8

(75) JARAMILLO, Jorge, op. cit., pág.9

3.2.4 Reciclaje y reuso

El reciclaje de la basura representa una práctica que se ha venido realizando con el concurso de pepenadores, principalmente durante el proceso de recolección y en los sitios de disposición.

Lo primero que se recupera son los materiales de alta calidad y valor, que se generan en cantidades apreciables como residuos, puesto que requieren un mínimo de procesamiento o cumplen adecuadamente con las especificaciones del comprador o son los que generan los precios más altos; el incremento en la demanda de este tipo de productos ha ocasionado un incremento en su recuperación.⁽⁷⁶⁾

El reciclaje es el concepto que implica la devolución al ciclo de consumo de materiales terminados, intermedios o subproductos que se generan en el ciclo habitual de la transformación de recursos naturales en bienes de consumo.

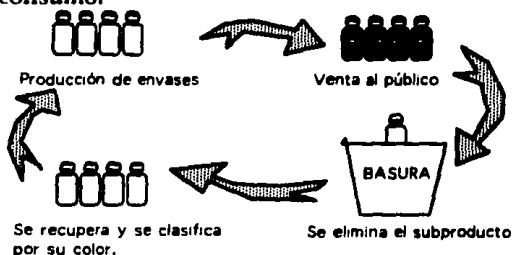


Fig.3.2.3. Reciclaje del vidrio

Se consideran dos variantes dentro del reciclaje:

El Reciclaje Directo

El aprovechamiento directo de materiales recuperables sin sufrir alteraciones importantes en su estado físico, composición, química o estado biológico.

(76) MEXICO, Instituto Nacional de Ecología., Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente. pag 240.

Ejemplos

- Utilización de los materiales recuperables
- Utilización del vidrio en la industria cristalera
- Utilización del papel recuperado para fabricación de pasta de papel.
- Reutilización de plástico.

Reciclaje Indirecto

El aprovechamiento de los materiales recuperados sometidos a una transformación, permitiendo su utilización en forma distinta a su origen.

Ejemplos

Procesos que no implican cambios de estado físico:

- Utilización del vidrio como material de relleno u otros materiales de construcción.
- Utilización del papel recuperado destinado a la fabricación de paneles aislantes para uso en la construcción.

Procesos que implican cambios de estado físicos y químicos:

- Transformación de los desechos en abonos orgánicos
- Incineración con recuperación de calor.
- Incineración con recuperación de materiales contenidos en las escorias.
- Proceso pirólitico.

Los desechos recuperables, llamados subproductos se pueden clasificar de la siguiente manera:

Clasificación
Cartón
Papel
Plástico rígido
Plástico de película
Trapo
Vidrio
Metales ferrosos
Metales no ferrosos
Hueso
Madera
Materia orgánica

Porcentaje de Recuperación de Subproductos

Las cantidades recuperables de cada subproducto, con respecto al total existente en los desechos, es mucho menor. Por ejemplo: en la Ciudad de México existe un 16% de papel en promedio, del cual se recupera un 2.5% en los tiraderos y un 3% en la planta industrializadora. Esto se debe en primer lugar a la humedad contenida en los desechos y que asciende a un 40% a 50% y a la baja eficiencia de recuperación por el tamaño de las partículas.

Reciclaje de Subproductos en otros países

Al igual que en nuestro país el reciclaje de subproductos se hace en mucho mayor escala antes de que los desechos comerciales e industriales se integren a los desechos domésticos.

La separación de subproductos de los desechos municipales ha ido desapareciendo totalmente en los países desarrollados y sólo se hacen algunos intentos de lograr alguna separación previa de los desechos en las casas-habitación para rescatar algunos subproductos valiosos por otro lado, se realizan esfuerzos en la investigación de alternativas para la recuperación mecanizada de subproductos, por medio de separadores balísticos, gravimétricos, electrónicos y otros.⁽⁷⁷⁾

(77) RAMIREZ Bermejo, Horacio, op. cit. hojas 9-11

Las ventajas de la recuperación en sus etapas de reutilización, reciclaje y transformación son las siguientes:⁽⁷⁸⁾

- Genera empleo organizado.
- Reduce el volumen generado.
- Disminuyen las necesidades de equipos de recolección.
- Aumenta la vida útil de un relleno sanitario.
- Se minimiza los costos por la prestación del servicio de aseo.

3.2.5. Trituración.

El método requiere la inversión de capital en la instalación de la planta diseñada para poder retirar metales de los desechos y pasar el resto de éstos por un equipo de trituración que permita su eliminación por relleno sanitario. Los materiales voluminosos y pesados, como pueden ser los bloques de motores, trozos de hormigón, rocas y cascotes, han de retirarse a mano, antes de que los desechos pasen a la trituradora.

En el proceso de trituración de los desperdicios de alimentos se entremezclan con otros desechos en medida suficiente como para que el producto final no atraiga a las ratas y a las moscas.⁽⁷⁹⁾

3.2.6. Empacado o embalado

El empacado o embalado, es un método de procesado que puede tener lugar a cierta distancia del punto de vertido (relleno sanitario), y los fardos o balas de residuos pueden transportarse con facilidad.

Requiere una inversión de capital en la construcción de la planta y equipo de empacado.

(78) JARAMILLO, Jorge, *op. cit.*, pag.10-11

(79) WILLIAM S. Foster, Handbook of municipal administration and engineering. Ingeniería Urbana y Servicios Técnicos Municipales. pags 508-509

Los desechos empacados experimentan una fuerte compactación. Las balas pueden ser apiladas fácilmente en el relleno sanitario alargando su vida útil.

Los residuos sólidos se compactan entre 1000 a 1200 kg/m^3 , lo que hace suponer que con el mismo sistema convencional y en un mismo espacio se consigue colocar más residuos.⁽⁸⁰⁾

Actúa:

- como Planta de Transferencia
- como Planta de Embalado y Compactación
- como Planta Previa a la Incineración

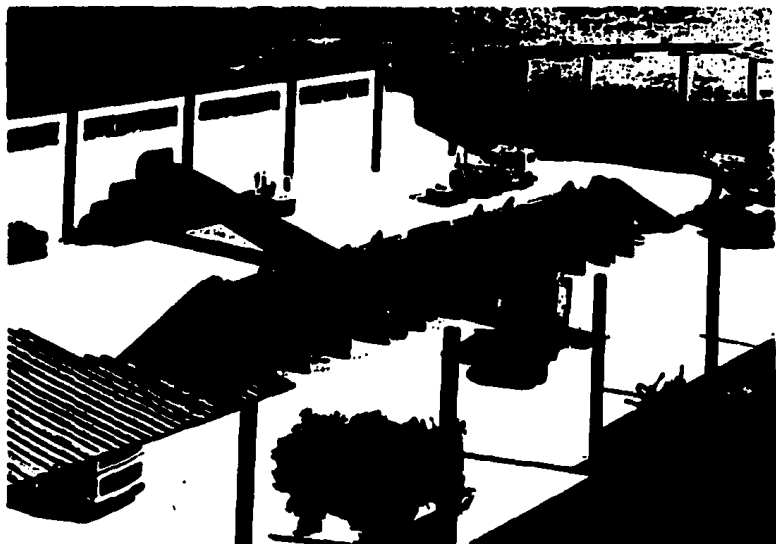


Fig.3.2.4. Planta de embalado y compactación

(80). IMABE Iberica., S.A. Plantas de prensado y embalado de residuos sólidos urbanos. hojas 4-6



Fig. 3.2.5.a . El volumen de un sitio se aprovecha al máximo con la apilación de balas



Fig.3.2.5.b Producción de balas

Ventajas

- i).- Se evita la dispersión de la basura
- ii).- La descomposición de la basura se vuelve más lenta.
- iii).- Disminuye las concentraciones de compuestos orgánicos biológicos en el lixiviado de los vertederos.
- iv).- Disminuye material de cobertura. en un 70 a 75 % diario, con un total de 120 balas ó 200 m² de frente de trabajo
- v).- Puede procesar 40 ton/ hr

- vi).- Se comunica con una red de drenaje controlado, para la evacuación de líquidos escurridos.
- vii).- Los vehículos transportan el máximo peso con el mínimo precio.

3.2.7. Procesado de desechos

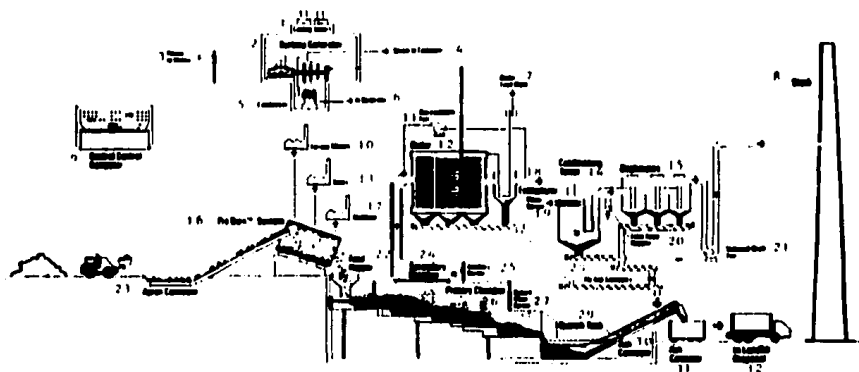


Fig. 3.2.6. Energía a partir de desechos.

Se procesa a los desechos y los transforma en un combustible que pueda ser empleado en la generación de energía eléctrica; quedando algunas sustancias residuales (cenizas) que será preciso eliminar. El proceso esta basado en tecnología de aire reducido a combustión. Esta tecnología provee un alta flexibilidad llevando una gran cantidad de materiales combinando energía y humedad.

Tiene una capacidad de quemar 300 ton/día y lodo de aguas residuales respectivamente.⁽⁸¹⁾

3.2.8. Disposición Final

La disposición final son áreas adecuadas para verter o depositar los residuos o desechos sólidos.y que evitan daños lo más mínimo posible a los ecosistemas.

3.2.8.1. El Depósito

El depósito consiste en acumular los desechos en un terreno y esperar que el tiempo haga su obra en forma natural.

Los depósitos se componen de cinco grupos, y tiene el siguiente orden:

Por orden de Importancia

- ▶ Relleno Sanitario
- ▶ Vertido a corrientes de agua o al mar.
- ▶ Botadero a Cielo Abierto.
- ▶ Quema al Aire Libre.
- ▶ Alimentación de animales.

(81) SM. Dynamis Envirotetch inc. Montreal,CANADA.,Proposición preliminar para un incinerador municipal a partir de tratamiento de residuos.,pags 3,9

3.2.8.2 Relleno Sanitario

La mejor solución para la disposición final de los residuos sólidos municipales es el diseño y construcción de rellenos sanitarios, pero muy pocas ciudades cuentan con tales instalaciones o las que las poseen no necesariamente operan en condiciones sanitarias adecuadas. El relleno sanitario es vital para el ordenamiento de los sistemas de control del Relleno Sanitario Municipal, sus detractores, la población en general y grupos ecologistas, llegarán a aceptarlos si se demuestra que no generan problemas de contaminación ambiental. Para ello se requiere que sea una instalación controlada que confine tanto biogás como a los lixiviados, evitando que puedan migrar más allá del sitio de confinamiento.⁽⁸²⁾

3.2.8.3. Vertido a corrientes de agua

'El lanzamiento de basuras en los cursos de agua, lagos o arroyos, es inaceptable debido al desequilibrio ecológico que produce, sobre todo la adición excesiva de nutrientes y carga orgánica al agua.

3.2.8.4. Vertedero a cielo abierto.

A cielo abierto ocasiona, serios problemas de salud pública por la proliferación de insectos y roedores, transmisores de múltiples enfermedades, además de los humos que se producen por los continuos incendios, y que causan el deterioro estético de las ciudades y del paisaje natural.⁽⁸³⁾

3.2.8.5 Quema al aire libre

La eliminación quemando los desechos sólidos al aire libre disminuye considerablemente el volumen de producción, sin embargo provoca otros problemas, como ejemplo: Los humos que se despiden de un desecho al ser consumido por el fuego, pueden ser tóxicos, provocan malestares respiratorias en las áreas cercanas de población y afectan la visibilidad en las vías de comunicación de la zona. Pueden provocar a la vez incendios, si se ubican a cerca de un área boscosa, generando un riesgo ambiental y económico.

(82) MEXICO. Instituto Nacional de Ecología., op. cit. pág. 238

(83) JARAMILLO, Jorge., op. cit., pág. 13

3.2.8.6. Alimentación de animales con desechos,

Cuando la ley exigió desinfectar las basuras antes de poder dárselas a los cerdos principalmente, surgió el problema de como hacerlo. Pronto se idearon aparatos de toda clase y tamaño para cocerlas, pero hubo que hacer muchos experimentos para que lo realizado fuera lo más económico posible.⁽⁸⁴⁾

La alimentación de animales con desechos crudos debe prohibirse por el alto riesgo de transmisión de enfermedades al hombre. La comida de desecho más recomendable si se sigue este método es la de Hoteles y Restaurantes bajo control, a una temperatura de 100°C durante por lo menos 30 minutos.⁽⁸⁵⁾ La cría de cerdos con basuras origina problemas, algunas para las personas y otras para los cerdos.⁽⁸⁶⁾

Problemas para las personas: La triquinosis humana es una enfermedad originada por un coco que se contrae cuando las personas comen carne cruda o insuficientemente cocida e infectada por este coco. El medio de transmisión es generalmente la carne de cerdo. Pasa desapercibida la Triquina en cerdos infectados, cuando se examinan a microscopio sus tejidos ya muertos. Y en las personas, la triquina hace su aparición con una serie de síntomas de intensidad variable, en proporción con la cantidad de carne consumida.

Problemas con los animales: Los cerdos criados con desechos de alimentos, están expuestos a las mismas enfermedades que los criados con cereales y son : el exantema vesicular, la peste porcina y enfermedades intestinales.

En la primera para evitarlo es necesario cocer las basuras.

En la peste porcina puede ser erradicado con una vacuna que elimine a este virus. Contraen enfermedades intestinales por estar más expuestos a la infección que provenga de algunos desechos alimenticios⁽⁸⁷⁾

(84) .SANABRIA Celis,Francisco. Tratamiento de los residuos urbanos. 1976; págs:308-309

(85) JARAMILLO, Jorge.,op. cit., pág.13

(86) SANABRIA Celis,Francisco.op. cit. pág.310

(87) idem págs: 310-311

3.3. Resumen general de los sistemas de tratamiento.

Método de tratamiento	Resumen	Ventajas	Desventajas
Pirólisis	Método de procesado que produce aceites minerales o gases inflamables que pueden utilizarse para otros fines. También deja substancias residuales que será preciso eliminar por vertido.	— Menor generación	—Elevado costo
Incineración	Las cenizas o restos que quedan también necesitan situarse en un área de vertederos.	— Menor generación	—Elevado costo
Composteo	Es un sistema de fermentación que ocurre normalmente en un bosque, pero acelerado, intensificado y dirigido en los desechos orgánicos para producir abono.	— Existe una recuperación	—Elevado costo y espacio
Reciclaje y reuso	El reciclaje de la basura representa una práctica que se ha venido realizando con el concurso de los pepenadores, principalmente durante el proceso de recolección y en los sitios de disposición final.	— Genera empleo	— Implica un control de la pepena
Trituración	Requiere disponer de terrenos de vertido adyacentes o cercanos a la planta de procesado.	— Menor generación	—Elevado costo
Empacado o Embalado	Requiere disponer de sitios de vertido a una cierta distancia, pues las balas pueden transportarse con facilidad.	— Menor generación	—Elevado costo
Procesado de los residuos hasta transformarlos en combustible y utilizarse en energía eléctrica.	Quedan algunas substancias residuales que serán preciso eliminar .	— Menor generación	—Elevado costo
Disposición final: el Relleno sanitario	No causan molestias y terminado su ciclo se emplea como áreas verdes o parques y el costo es menor.	—Recupera tierras —Fuente de energía al captar el biogás.	— Escases de sitios —Costo menor

Con el resumen anterior se determinará el pretratamiento o tratamiento primario ideal en el municipio y se diferencian dos tipos de pretratamiento el que se ejerce a corto plazo y otro a largo plazo.

3.3.1. Pretratamiento a corto plazo en el municipio.

Con un plan bien proyectado es posible lograr una disminución considerable de los desechos sólidos, con el mínimo de recursos económicos posibles.

Un plan mal proyectado ocasionaría pérdidas económicas y no se alcanzarían las metas propuestas.

Lo sucedido en Montreal, Canada es un claro ejemplo: El porcentaje de recuperación del sector informal en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) es semejante al porcentaje logrado con los recursos económicos destinados en la recuperación y reciclado de desechos sólidos en Montreal, finalmente no lograron los objetivos previstos.⁽⁸⁸⁾

Los subproductos generan un ingreso económico al sector informal independiente al salvar y cambiar en los centros de acopio. La recuperación de estos subproductos esta compuesta principalmente de vidrio, cartón, papel y metal. Existe un reuso de muebles, objetos de plástico, ropa, aparatos eléctricos, etc.

Esta recuperación se da antes de la recolección. En esta recuperación no interviene el municipio.

En el sitio de disposición final es donde el municipio a través del H. Ayuntamiento debe intervenir en forma indirecta y permitir que el sector informal se desenvuelva dentro de éste.

Por lo que debe administrar el sitio de disposición final y abrir un espacio de esparcimiento de los desechos, con el fin de que recuperen el mayor número de subproductos y a la vez no impidan las labores propias del vertedero.

El reciclaje y reuso es el pretratamiento a corto plazo y el que más conviene en el municipio, labor de el H. Ayuntamiento es hacerlo más eficiente. Será indispensable una orientación al sector poblacional con el fin de que participe directamente o indirectamente en la separación previa de los subproductos y la materia orgánica.

(88) MEXICO, Secretaría de Ecología, *op. cit.*, "Sin embargo el programa de reducción, reemplazo, recuperación y reciclado no produjo los porcentajes de recuperación y reciclado aspirados dentro del plan de desarrollo", hoja 20

3.3.2.Pretratamiento a largo plazo en el municipio.

En el municipio se presenta el caso de la escases de sitios para disposición final por lo que es necesario proyectar una infraestructura propia o en conjunto con otros municipios adyacentes, y disminuir con esto el volumen de los desechos sólidos en forma eficiente.

La pirólisis y el procesado de residuos son los tratamientos que más convienen a largo plazo por dar una utilidad económica. Los restantes tratamientos sólo implican gastos y no se obtienen beneficios económicos de ningún tipo.

Se debe de tomar en cuenta que al disminuir el ingreso de desechos sólidos en el sitio de disposición final aumentará su vida útil. Por lo tanto compensarán los costos al obtener una recuperación de la inversión en el pretratamiento y aumentar la vida útil del sitio de disposición final.

CAPITULO IV

LA SITUACION ACTUAL EN LA SELECCION DEL SITIO Y SUS ALTERNATIVAS

4.1. Generalidades

Una sucesión de siniestros (que incluyen sólo en 1991, 13 incendios provocados por los gases provenientes del depósito incontrolado de los desechos y la presencia de numerosos damnificados, entre ellos niños) fue el motivo que obligó a los municipios conurbados a solicitar la ayuda de la Secretaría de Ecología del Estado de México. En consecuencia en 1992, se firmó el Programa Metropolitano de gestión de residuos sólidos destinado a sanear la crítica situación en que se encontraban operando los tiraderos de: Atizapán, Chicoloapán, Chimalhuacán, Coacalco, Cuatitlán Izcalli, Ecatepec, Huixquilucán, Naucalpan, Nezahualcóyotl, Tultitlán, Tecámac y Nicolas Romero.⁽⁸⁹⁾

Aunar la falta de información acerca de los sistemas de tratamiento de los desechos sólidos y su tratamiento final, en general desconocido en la mayoría de los municipios del Estado de México, por lo que se implanto el proyecto de la norma oficial mexicana NOM-083-ECOL/94 y Nom-084-ECOL/94. Sin embargo a pesar de haberse dado a conocer este proyecto, aún no se disponen de reglamentos internos municipales sobre el manejo de los desechos sólidos; no poseen una estructura orgánica propia que consista en un pretratamiento que garanticen una disminución de la generación per-cápita y un mayor control del sitio de disposición final.

En Ecatepec así como los municipios involucrados, la solución del problema de la disposición final se dará a largo plazo, siempre y cuando se obtenga una continuidad de su personal y de el inicio de su propia infraestructura.

Ecatepec, mostró el interés por realizar una labor eficiente con los recursos disponibles con los que cuentan en el sitio de disposición final. Sin embargo aún existen anomalías con solución a largo plazo.

(89) MEXICO, Secretaria de Ecología, op.cit., pág. 34.

Antes de obtener las características y su evaluación en base a la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL/94 y Nom-084-ECOL/94, se mencionarán algunos aspectos a considerar en el impacto ambiental de un residuo o desecho sólido puede ocasionar en su entorno.

4.1.1 Definición de impacto ambiental

El impacto ambiental es definido jurídicamente como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza. Pero se señala que fundamentalmente las actividades humanas son las que se someten a evaluación por parte del Estado, debido a que son el elemento principal que más ha incidido negativamente en el equilibrio ecológico de la naturaleza.⁽⁹⁰⁾

4.1.2. Riesgo ambiental.

El significativo desarrollo industrial y el creciente aumento demográfico han contribuido a la producción de sustancias químicas y materiales peligrosos y por consiguiente incrementan la probabilidad de que se ocasionen efectos adversos en la salud de la población y la integridad del ambiente; es decir, de que se produzcan riesgos.

El manejo de estos riesgos implican una forma de control, el cual es definido como el mantenimiento del comportamiento de un sistema (producción, almacenamiento, transporte, transformación y disposición final).⁽⁹¹⁾ Los factores de riesgo ambiental que se consideran son :el suelo, el agua y el aire.

4.1.2.1.Contaminación del suelo.

'En muchas ocasiones, los residuos son asimilados directamente por los animales, lo que les provoca enfermedades y por lo tanto, afectan de manera indirecta la salud del hombre.

Al entrar en contacto con el suelo, los componentes químicos de los residuos pueden llegar a afectar las plantas y animales.

(90) MEXICO.Instituto Nacional de Ecología. op. cit., 261-262

(91) idem, págs. 268-269

4.1.2.2. Contaminación del agua

Los desechos al ser depositados en el suelo o subsuelo se filtran por medio del agua, contaminando los mantos freáticos subterráneos.⁽⁹²⁾

Las enfermedades que pueden ser transmitidas por aguas subterráneas contaminadas son las siguientes:

BACTERIAS	ENFERMEDADES	AGENTE PATOGENO
	Cólera	Vibrio cholerae
	Fiebre tifoidea	Salmonella typhi
	Fiebre paratifoidea	salmonella paratyphi
	Disenteria bacilar	Shigella spp.
	Diarreas	E. coli enterotoxigénica
		E. coli enteropatógena
		Salmonella spp. y otros.

VIRUS	ENFERMEDADES	AGENTE PATOGENO
	Hepatitis infecciosa	Virus de hepatitis A
	Poliomelitis	Poliovirus
	Diarreas	Rotavirus
	Diversos síntomas	Echovirus, Coxsackievirus y otros.

Las fuentes de contaminación de aguas subterráneas de acuerdo a una base geográfica son:⁽⁹³⁾

Puntual	Provenientes de las fosas sépticas, desperdicios municipales, desperdicios de animales muertos.
Lineal	Derrames en sistemas de alcantarillado y tuberías, desperdicios mineros, salmueras, etc.
Dispersa	Químicos sobre terrenos de agricultura, rellenos sanitarios, desperdicios mineros, cementerios clandestinos de sustancias o elementos tóxicos, etc.

(92) MEXICO, Departamento del Distrito Federal, op. cit., pág. 11

(93) FACULTAD de Ingeniería UNAM, División de educación continua V curso internacional de Geohidrología y contaminación de acuíferos., Cap. 9., pág. 9

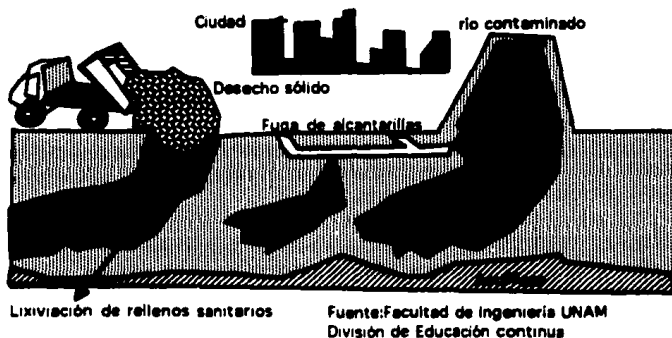


Fig No.4.1. Contaminación del agua subterránea

4.1.2.3. Contaminación del aire.

Al ser quemados los residuos, los componentes químicos que contienen quedan en el aire en forma de partículas, ocasionando un deterioro en la calidad del aire.

Pueden asimismo, desprenderse gases que son aspirados por los habitantes, ocasionandoles enfermedades.⁽⁹⁴⁾

Partículas suspendidas totales (PST)

En la atmósfera de la ZMCM se encuentran presentes en suspensión, partículas de muy diversa composición y tamaño.

Entre éstas se incluyen las llamadas partículas naturales (integradas por suelos, partículas de origen biológico y basuras), las partículas que provienen de los procesos de combustión, y las que se forman en la atmósfera como resultado de la transformación de otros contaminantes, entre los que pueden encontrarse los nitratos y los sulfatos.

En 1988 las zonas más contaminadas por PST se encontraron en el lado noreste de la ciudad.

(94) MEXICO, Departamento del Distrito Federal, op. cit., pág. 11

Rebasando al criterio de evaluación del aire que ocurrió durante 1987, con un máximo de 75 días.⁽⁹⁵⁾

'Los efectos de la contaminación del aire pueden ser:

En la Población : La contaminación por partículas puede causar el deterioro de la función respiratoria en un corto plazo. A largo plazo puede contribuir a enfermedades crónicas.

En la vegetación : Las hojas son el principal indicador de la contaminación del aire sobre ellas. Se manifiestan manchas café rojizo que se vuelven blancas después de pocos días.

En edificaciones : Los mecanismos de deterioro de los materiales son abrasión, deposición y remoción, ataque químico directo e indirecto y corrosión.

En el caso de las partículas de tamaño relativamente grande suspendidas y transportadas por tolvaneras, pueden causar deterioro por abrasión.⁽⁹⁶⁾

4.1.2.4. Influencia de riesgo en un vertedero semi-controlado.

Si no se tiene el control del sitio de disposición final, las molestias que ocasionan los riesgos de agua, suelo y aire, producirán el rechazo de la población en general y es posible que se incrementen costos si el proyecto de éste es cancelado. Por lo que se distinguen tres tipos de riesgos :

- **Riesgo económico :** Y se refiere a la pérdida en la inversión de montaje de las instalaciones necesarias en el sitio y el traslado de los desechos a evacuar.
- **Riesgo a la salud humana :** Con relación a la alimentación de animales y vegetales contaminados y del agua que consumen.
- **Riesgo al ecosistema :** Destrucción del medio natural de animales y vida vegetal. de la zona o biota.

(95) MARTINEZ, Alejandro, op.cit. hoja 11

(96) ibid., hoja 18

4.2. La situación actual en la selección del sitio.

Siendo un tiradero semi-controlado, esto es, parecido a un relleno sanitario, se emplea material de cobertura, pero las celdas son en realidad grandes bloques de distintas alturas. No se distinguen en uno de sus extremos del tiradero el límite de cada plataforma y da más la apariencia de un cerro. La situación que prevalece en el sitio actual de disposición actual es el siguiente:

El tratamiento implementado es un sitio de disposición final, en donde se vierte en socavones abandonados los desechos sólidos por tratarse de una mina o banco de materiales y donde aflora el basalto.

Se permite el acceso a todo tipo de vehículo, sin llevar un registro de control de lo que se deposita, no existe pesaje en el lugar, ni mallas ciclónica que impida que el viento lleve consigo desechos livianos como papel o plástico.

Se permite que exista pepena, por lo que existen cerca del sitio varios puntos centrales de compra de subproductos, fuente de fauna nociva.

No existe un horario o zonas de esparcimiento de los desechos sólidos para que la pepena sea controlada.

Los caminos de acceso se encuentran contaminados por la caída de desechos sólidos de los vehículos que los transportan.

Se logró el permiso de operar el sitio adyacente en la parte derecha del vertedero que esta a punto de llegar a su fin de su vida útil.

En experiencia de la visita al sitio de disposición final se observó el control final del sitio cercano denominado "Ecatepec III" (Anexo 4). El cual se le dará el mismo tratamiento al sitio actual y es el siguiente:

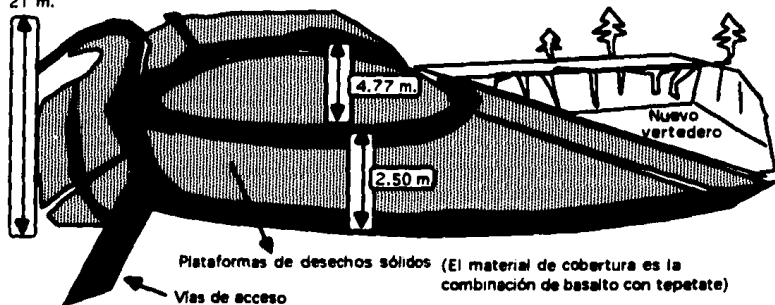
Al final de su vida útil del sitio, se controla el sitio con material de cobertura y una capa de tierra vegetal. Y para evitar que la generación de gases se acumulen se diseñan chimeneas estratégicamente, las cuales emanan los gases. Se aprecian drenajes para la evacuación del agua pluvial se observa que el material existente cumple como un impermeabilizante consistente en material de tepetate y basalto.

4.2.1. Aspecto físico del sitio.

Las alturas y promedios son fuente del anexo fotográfico (Anexo 3) y del levantamiento topográfico del sitio de disposición final.

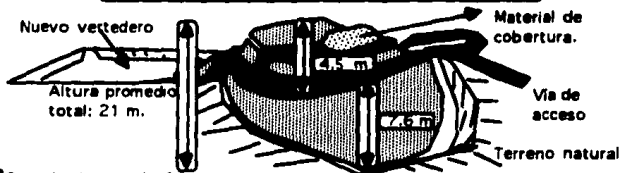
altura promedio:

21 m.



■ Sitio de disposición final

Fig. no.4.2.1 Vista frontal del sitio de disposición final



■ Sitio de disposición final

Fig. No.4.2.2. Vista trasera del sitio de disposición final

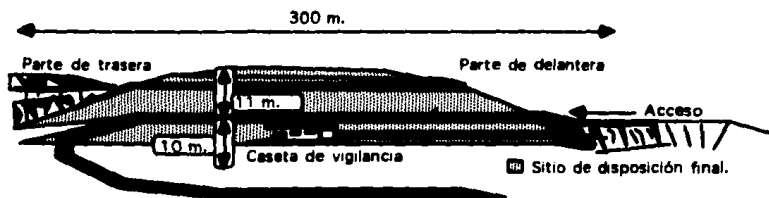


Fig. No. 4.2.3. Vista lateral izquierda

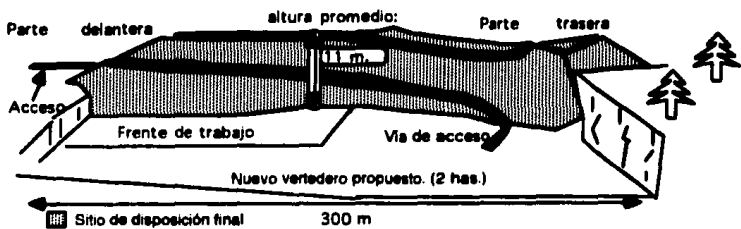
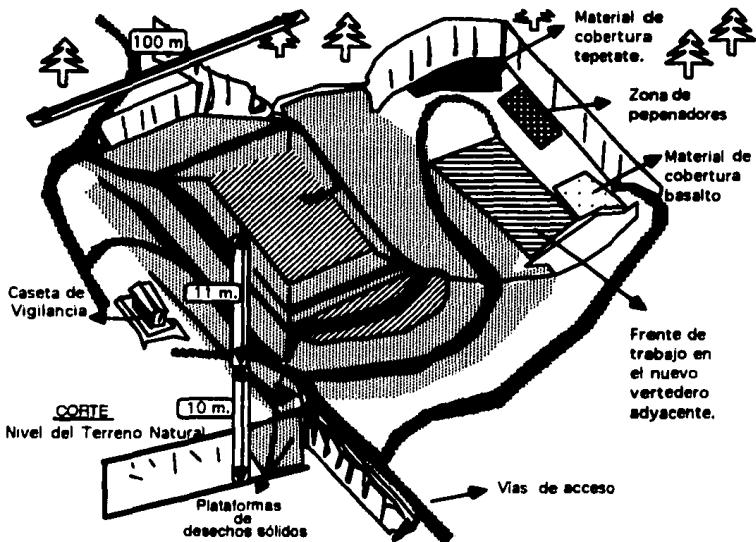


Fig No.4.2.4 Vista lateral derecha del sitio de disposición final



● Sitio de disposición final.

Fig No.4.2.5 Panorámica general del sitio de disposición final

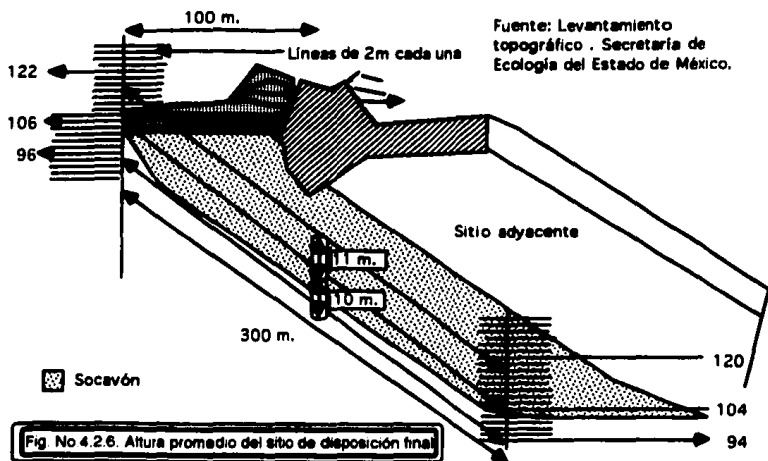


Fig. No 4.2.6. Altura promedio del sitio de disposición final

Es importante conocer la vida útil del sitio, ya que permitirá organizar la propuesta anticipada de otro sitio de disposición final y el traslado de instalaciones aprovechables lo más cercanos al sitio anterior.

4.2.2. Fórmula general de la vida útil.

La fórmula general para calcular, la vida útil es la siguiente:(97)

$$U = \frac{Vs}{(365)(Gt)}$$

- donde : U = Vida útil del relleno sanitario
 Vs= Volumen del sitio seleccionado, en m^3 (Area del sitio x Altura promedio)
 Gt= Cantidad de desechos sólidos en m^3 / día en el inicio de labores.

(97) Op. Cit.

La generación total se desglosa de la siguiente manera:

$$Gt = \left(\frac{Gv}{Pv} + \%Gv \right)$$

donde : Gv = Cantidad de desechos sólidos en m^3 / día.

% Gv = porcentaje de aumento de desechos anual.

Pv = Compactación estabilizada de los desechos sólidos en ton/m^3

DATOS:

$$Vs = (21)(100)(300) = 630,000 m^3$$

Gt = 690 ton/día, generación del mes de agosto del año de 1993.

$$Pv = 0.90 ton/m^3.$$

%Gt= Se considero un aumento del 3 % anual.

Sustituyendo en la fórmula de la vida útil:

$$U = \frac{(3)(10,000)(21)}{(690/.90)(1.03)(365)}$$

$$U = \underline{2.19 \text{ años} \sim \text{a } 2 \text{ años}}$$

Las características del sitio y la evaluación previa con el proyecto de Norma Oficial Mexicana vigente para relleno sanitario, permitirán diagnosticar la situación que presento en su operación.

4.2.3 Aspectos físicos y legales concernientes al Ayuntamiento y al sitio actual.

Ubicación

El sitio se encuentra localizado a la altura del kilómetro 30 de la carretera federal México- Pachuca y a 10 Km de la cabecera municipal hacia la parte alta de Chiconautlan.

Localización

El sitio se encuentra localizado en el paraje denominado "Ecatepec 2000".

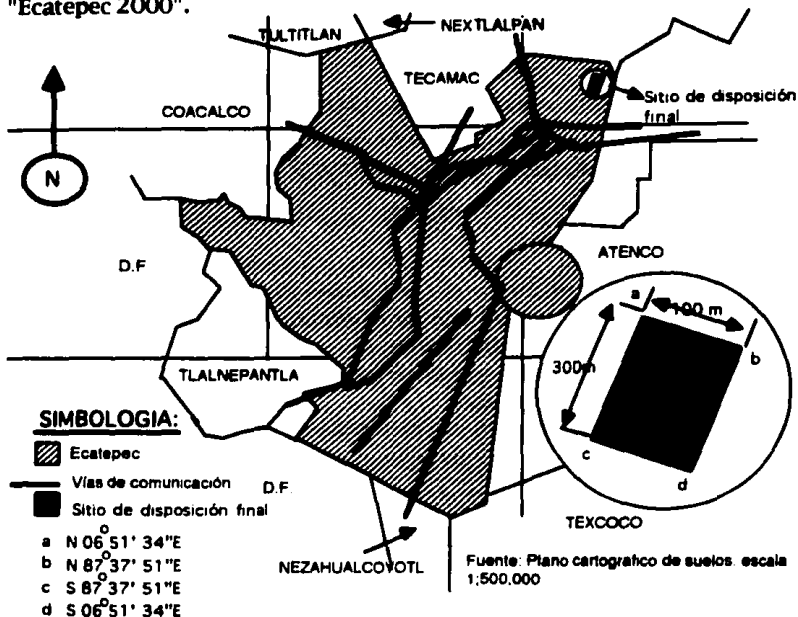


Fig No.4.2.7. Localización del sitio de disposición final.

Extensión en hectáreas.

La extensión del sitio es de 3 hectáreas.

Población.

Existen asentamientos humanos de densidad media a 600 metros del sitio de disposición final.

Tipo de residuos que ingresan.

Ingresan residuos municipales y lodos de alcantarillas principalmente.

Tiempo utilizado.

Se iniciaron labores a finales de julio de 1993 y se saturó a finales de julio de 1995, por lo que su vida útil es de dos años.

4.2.4 Características físico-geográficas del sitio de disposición final.

Tipo de Suelo

El suelo predominante es el Cambisol Eutrítico, estos suelos por ser jóvenes y poco desarrollados, se presentan en cualquier clima, menos en las zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa que parece más suelo de roca, ya que en ella se forman terrones, además pueden presentar acumulación de algunos materiales como arcilla, carbonato de calcio, fierro, manganeso, etc; pero sin que esta acumulación sea abundante.

También pertenecen a ésta unidad, algunos suelos muy delgados que están colocados directamente encima de un tepetate (fase dúrica), proporcionan rendimientos de moderados a altos.

Los suelos secundarios son el Feozem Háptico y se caracteriza principalmente por su capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes; y el Feozem Cálcrico que se caracteriza principalmente en lo descrito en el suelo Feozem Háptico, pero además, contiene cantidades considerables de material calcáreo.

Su Clase Textural aparece con el número uno, que representa a suelos de textura gruesa que en la superficie son arenosos, lo que puede ser causa de problemas como poca retención de agua.

Su Fase es Dúrica y se refiere a una capa de tepetate duro cementado y endurecido con sílice.

Se llama tepetate a una capa de suelo cementada y que no se rompe fácilmente.

Topografía

Su topografía se presenta de tipo escarpado, comprendido entre las curvas de nivel 2500 y 2450, por lo que su pendiente, en relación de estas curvas de nivel es de 17%.

Debido a la actividad minera en la ladera sureste del cerro Chiconautla, se encuentran en la región socavones abandonados con profundidades variables; que modifican la uniformidad del paisaje.

Geología

Su edad es Cenozoico, el periodo Cuaternario, con una litología de rocas ígneas extrusivas como basalto, toba y brecha volcánica. Y en especial Brecha Volcánica Básáltica. El basalto en el área de disposición final es poco fisurado fuente: carta estatal geológica, escala:1:500,000 y Carta geológica, escala: 1:50,000 (Anexo 4).

Hidrología subterránea

Los derrames de lava báltica aparecieron en las zonas de mayor actividad tectónica, y en su mayoría, se encuentran totalmente fracturados, dando como consecuencia una porosidad y permeabilidad elevada, tal es el caso de los basaltos del cerro Chiconautla...su porosidad abierta, aumentada por las fisuras y fracturas les proporcionaron excelentes cualidades como acuíferos.⁽⁹⁸⁾

Característica que les confiere una de las permeabilidades más altas en el Valle de México,... que inducen a mínimos abatimientos piezométricos.⁽⁹⁹⁾

Permeabilidad alta: Los acuíferos que existen bajo esta condición son libres y su comportamiento depende de las condiciones de depósito en que se encuentran localizados.

La existencia de agua está comprobada debido a que actualmente hay explotación económica.

(98) VARGAS Alcantaro, Vicente., Técnicas y Análisis de costos de pozos profundos y aguas subterráneas, México., ed. Limusa., 1976., pag. 44-45

(99) Ariel Consultores, S.A., Determinación de las eficiencias operativas de los pozos y plantas de rebombeo del sistema Chiconautla, para elevar las eficiencias e incrementar el volumen de extracción, hoja 10.

La principal fuente de alimentación de los pozos de extracción localizados a las faldas del cerro de Chiconautla es un flujo subterráneo y la infiltración en la superficie alcanza a penas el 1% de la precipitación pluvial. Por lo que se investigó lo siguiente:

PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTÁTICO

En el área de Chiconautla-Ecatepec, la superficie piezométrica se encuentra entre 40 y 50 m de profundidad. Los valores mayores se localizan hacia las elevaciones topográficas.⁽¹⁰⁰⁾ (Anexo 4)

ELEVACION DEL NIVEL ESTÁTICO

La posición del nivel estático medida en los pozos de la red piezométrica, se refirió al nivel del mar utilizando las cotas de los brocales de los pozos. En sitios donde carecía de cota, se correlacionó con bancos de nivel cercanos. Con ellos se trazó la configuración de la elevación del nivel estático para los meses de Junio-Julio de 1993.(Anexo 4).

En el área de Chiconautla-Ecatepec, se definen curvas que indican un flujo subterráneo proveniente de las elevaciones topográficas hacia el Valle. Se marcaron las curvas 2210 y 2200 m.s.n.m.⁽¹⁰¹⁾

La profundidad en relación a la curva de nivel 2473 que cruza la parte más baja del sitio de disposición final y la curva de nivel 2210 que cruza la parte más alta del flujo subterráneo dió un valor de 263 metros. No afectando el flujo a corto plazo como se demostrará a continuación.

CUANTIFICACION DEL FLUJO SUBTERRANEO.

En esta cuantificación, no se incluyen muchos pozos de Chiconautla. La zona cuantificada es toda el área metropolitana de 420 km². La transmitibilidad se baso en valores que oscilan de 0.008 a 0.12 m²/s a partir de los años de 1984-1990.

El cálculo del flujo subterráneo fue obtenido con la fórmula siguiente:

(100) LESSER y asociados.S.A., Piezometria en Pozos del Valle de México. Hoja 31

(101) Ibid., Hoja 34

$$Q = (T)(b)(i)$$

donde: $Q = m^2/s$

$$T = m/s$$

$b =$ ancho de las celdas en metros.

$$i = 0.010, 0.0055 \text{ a } 0.0147$$

La ecuación de balance fue dada por la fórmula siguiente:

$$E = S -$$

Donde: $E =$ Entrada

$S =$ Salida

$As =$ cambio de almacenamiento

Esta a su vez se desglosa de la manera siguiente:

$$Es + Iv = Ex - As$$

Donde: $Es =$ Entrada subterránea

$Iv =$ Infiltración vertical.

$Ex =$ Extracción por bombeo.

$As =$ Cambio de almacenamiento

Los resultados se compararon con los datos de ingreso real y estos fueron los siguientes:

Entrada 225 millones de metros cúbicos por año.

Extracción de 320 millones de metros cúbicos por año.

Cambio de almacenamiento negativo de 45 millones de metros cúbicos por año.

Infiltración igual a 50 millones de metros cúbicos por año.⁽¹⁰²⁾

Con los datos siguientes se obtiene la infiltración en Ecatepec:

$$\text{área del municipio de Ecatepec} = 186.813 \text{ km}^2$$

$$\text{área o zona cuantificada} = 420 \text{ km}^2$$

$$\text{Infiltración} = 50 \text{ mill de m}^2/\text{año}$$

$$\text{Infiltración en Ecatepec} = ?$$

Realizando la regla de tres se obtiene:

$$\text{Infiltración en Ecatepec} = 22.24 \text{ mill de m}^2/\text{año}$$

(102) ibid., Hoja 36-41

Para conocer la infiltración en el sitio de disposición final se realiza lo siguiente:

i).-El suelo absorbe el 1% de la precipitación pluvial :

$$186.813 \text{ km}^3 \quad 22'239,643 \text{ mil de m}^3/\text{año}$$

$$\frac{?}{0.03 \text{ km}}$$

$$3571.43 \text{ mil de m}^3/\text{año.} \quad /$$

ii).-Para conocer el avance en metros por año del líquido que se infiltra se hace la siguiente división:

$$\frac{3571.43 \text{ mil de m}^3/\text{año.}}{30,000 \text{ m}^2} = 0.119 \text{ m/año}$$

iii).-El desecho absorbe el 20% de la precipitación pluvial:

$$1\% = 0.119 \text{ m/año}$$

$$? \quad 20\%$$

$$\frac{2.38 \text{ m/año}}{/}$$

iv).-Si son 263 m hasta el acuífero, suponiendo que estos estuvieran abajo del sitio se obtiene lo siguiente:

$$T = \frac{263}{2.38} = 111 \text{ años/}$$

Donde:

T = Tiempo en alcanzar el flujo

Clima

El clima según Köpen es templado clasificado en un subgrupo de climas semisecos, con un % de lluvias menor de 5 mm. Y según la Carta de Efectos Climáticos Regionales Noviembre- Abril y Mayo-Octubre ,escala 1:250,000, se registra lo siguiente (Anexo 4):

La precipitación total en mm Nov-Abril es de 75 a 100 mm con un número de días con lluvias de hasta 29, con una precipitación mayor de 0.1 mm.

La temperatura máxima promedio en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero es de 21°C. Y la temperatura mínima promedio en los meses de Noviembre y Diciembre es de 3°C.

La presencia de heladas se registran en promedio en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.

La precipitación total en mm Mayo-Octubre es de 475 a 550 mm con un número de lluvias de 30 a 59 días con una precipitación mayor de 0.1 mm.

La temperatura máxima promedio en los meses de Mayo, Junio y Julio es de 24°C. Y la temperatura mínima promedio en los meses de Noviembre y Diciembre es de 3°C. Los vientos medios máximos tienen una velocidad de 15.145 m/s. hacia el sur.

4.2.5.EVALUACION PREVIA DEL SITIO ACTUAL.

Teniendo como base el Proyecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1994 (Anexo 2) que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados como Relleno Sanitario para la disposición final de los desechos municipales, se pretende realizar una evaluación del terreno en cuestión teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Profundidad del manto freático.

Para correlacionar la profundidad a la cual se ubicán los mantos freáticos en este sitio actual, es necesario realizar un estudio geohidrológico que nos determinará este aspecto, así como la dirección y velocidad de escurrimiento o flujo de los líquidos a través de los sustratos hasta los mantos.

Zona de recarga

La característica principal del terreno, es un corte en su ladera, con profundidades variables, por tratarse de una mina abandonada de materiales y de acuerdo a curvas de nivel, se deduce que es un sitio escarpado, sin embargo es necesario conocer los estudios geohidrológicos, correspondientes de este terreno, y así conocer si es o no zona de recarga.

Ubicación con respecto a la zona de fracturación.

El sitio actual no se encuentra ubicado dentro de una zona de fracturación o de fallas tectónicas.

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.

Características del suelo

Son suelos que se presentan en cualquier tipo de clima. En esta zona el clima es templado semiseco , con temperaturas que oscilan entre 14 y 18°C y una precipitación media anual de 550 mm. Se caracterizan por presentar en el suelo predominante, un subsuelo con una capa que parece más suelo de roca, con distintas acumulaciones, pero sin ser abundante y son muy permeables.

Material de cobertura

Debido a la extracción de materiales, se presenta el basalto como material de cobertura, sin embargo será necesario importar tepetate y hacer una combinación de estos materiales con el fin de lograr una cubierta impermeable.

Vida útil del sitio.

El terreno ocupa una superficie de 3 hectáreas, que permiten calcularlo como un sitio de vida útil de dos años.

Ubicación con respecto a cuerpos de agua.

No se detectaron cuerpos de agua superficiales, pero si un pozo de agua potable a 2.5 kilómetros de distancia del lugar.

Ubicación con respecto a centros de población y vías de acceso.

- > No se detectó ningún oleoducto, poliducto, gasoducto o almacén de hidrocarburos.
- > La carretera federal México-Pachuca se encuentra a un kilómetro del sitio.
- > Se encuentran asentamientos humanos a unos 400 m del sitio, así como un centro de capacitación de Ecatepec a unos 300m.

Drenaje.

Para el desalojo de las aguas pluviales se deberán de efectuar trabajos para el desvío de las mismas.

Topografía.

El lugar se caracteriza por ser escarpado modificado por un corte en su ladera , en forma vertical, ocasionada por una actividad minera, con profundidades variables que oscilan de los 24 a 28 m. de profundidad.

Limitación.

De acuerdo al análisis de este sitio en ubicación con respecto a fracturación; en el cuál no se detectó que el terreno en el que se trabaja actualmente, se este efectuando en una zona fracturada, por lo que podrá ser operada sin restricción de este tipo.

4.2.6. Diagnóstico del sitio de disposición final.

Una vez conocidas las características físico-geográficas, así como la evaluación previa del Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-063-ECOL-1994, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales.

Se diagnóstica que en el sitio de disposición final denominado "Ecatepec 2000", existen algunas anomalías con soluciones a corto y a largo plazo.

A corto plazo.

Es necesario contar con una zona de esparcimiento de los desechos sólidos que ingresen, de esta manera se logrará el control de la pepena y la disminución de un porcentaje de esta generación.

Delimitar el área con malla ciclónica y tubos galvanizados.

Alejar los centros de acopio cercanos del sitio de disposición final, con el fin de evitar la proliferación de fauna nociva, que en un cierto momento la población puede ligar al vertedero y no a los centros de acopio.

Limpiar los caminos de acceso contaminados y utilizar el empleo de lonas como cubierta de los vehículos recolectores, con lo que se evitará la caída de los desechos.

Se deberá llevar un control de los vehículos que ingresan por día y de la capacidad vehicular de cada uno si es posible. Asimismo de los tipos de desechos que se depositan.

Dar una forma geométrica a las plataformas que conforman el vertedero y cubrir con más material de cobertura las zonas que lo ameritan.

En temporadas de lluvia, se deben de formar montículos de material de cobertura de 1 m^2 , con el propósito de cubrirlos con plástico, esto evitará que después de la precipitación pluvial, no se pueda manejar el material de cobertura y a la vez es posible cubrir **oquedades** que impidan el ingreso y labores propias de los vehículos en el vertedero.

Antes de iniciar la operación correspondiente en el nuevo vertedero, se debe realizar un levantamiento topográfico y delimitar las alturas y longitudes de las plataformas y número de celdas previamente, datos necesarios en el cálculo de la vida útil y el ingreso de la generación neta.

A largo plazo.

A largo plazo se debe entender el lapso de la caducidad de vida útil del vertedero, así como otros vertederos posteriores a éste, es decir, hasta que el H. Ayuntamiento de Ecatepec obtenga los recursos suficientes para contar con una infraestructura propia que consista en lo siguiente:

Un sistema de pretratamiento de los desechos sólidos antes de la disposición final. Lo que garantizaría mayor vida útil al vertedero.

Son necesarios los señalamientos fijos y móviles.

Se debe contar con una instalación de energía eléctrica.

Será indispensable impermeabilizar donde el nivel de aguas freáticas se localice a menos de 10 metros de profundidad.

Asimismo instalar un sistema de captación y extracción de lixiviados.

Construir una planta de tratamiento de lixiviados que garantice una concentración mínima de contaminantes en estos.

Diseñar una caseta de vigilancia desmontable, que permita el ingreso y salida del vertedero.

4.2.7. Conclusiones y recomendaciones.

Como conclusión y recomendación, es necesario señalar que son sólo 4 años de actividades como relleno semi-controlado, la situación anterior (botadero a cielo abierto) cambio paulatinamente, por el empeño que realizaron tanto el personal de gabinete como el de campo y por la asesoría de la Secretaría del Estado de México.

La actividad laboral en el vertedero ha mejorado por darle una continuidad. Así pues se debe conservar a este personal en las actividades que desempeñan, lo que permitirá seguir esta misma continuidad y cumplir con lo mencionado sobre la infraestructura propia a largo plazo.

Respecto al impacto ambiental negativo, en el vertedero se puede considerar mínimo, no existía flora y fauna en el área por tratarse de un socavón abandonado donde se extraían materiales.

Si se cumple la recomendación mencionada en el diagnóstico a corto plazo, la población cercana al vertedero, no percibirá olor, y no protestará si las avenidas circundantes están limpias.

Respecto al flujo subterráneo, la porosidad del basalto impedirá llegar al lixiviado a corto plazo a este, por ser retenido y/o absorbido, sufriendo parte del lixiviado modificaciones en su composición, influyendo en el flujo en menor medida.

El impacto ambiental negativo disminuirá y se compensará al recuperarse una zona perdida y convertirla en una área verde ecológica, devolviéndole al cerro de Chiconautla un aspecto semejante que presentaba con anterioridad.

CAPITULO V

EL RELLENO SANITARIO COMO DISPOSICION FINAL.

5.1. Generalidades

Como se ha observado en el Capítulo anterior, debido a la inexistencia de algunos aspectos técnicos en el sitio actual, no permiten considerarlo como un relleno sanitario; por lo que a futuro en nuevos sitios de disposición final, será necesario solventar estas técnicas, y garanticen que no representan un riesgo tanto para el personal que labora dentro de él como para su entorno socio económico y ambiental.

Se hace mención que los datos obtenidos, se acercan a la realidad, esto se demostrará al final de este capítulo. En este se describirán todas las etapas para un mejor funcionamiento.

5.2.¿Que es un Relleno Sanitario?

'El Relleno Sanitario es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia, ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación, ni después de terminado el mismo.

Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra, diariamente y compactandola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno por efecto de la descomposición de la materia orgánica.'⁽¹⁰³⁾

El relleno sanitario se presenta como una alternativa técnica y económica, tanto urbana, como rural desde 40,000 habitantes.

(103) JARAMILLO Jorge, *op. cit.*, pág.17

5.2.1. Selección preliminar del sitio, como relleno sanitario.

Para una selección preliminar más correcta con el fin de evitar gastos es conveniente que se cumplan las siguientes características:⁽¹⁰⁴⁾

- i).- Que sea de fácil acceso para el tránsito vehicular.
- ii).- La vida útil del sitio de disposición final sea mayor a 10 años.
- iii).- Que en su topografía, se cuente con un mayor volumen aprovechable.
- iv).- Que reúna las condiciones y características para proteger los recursos naturales de la zona.
- v).- Que el relleno sanitario este ubicado en un sitio, que no sea rechazado por la población.
- vi).- Que exista suficiente material de cobertura, en cantidad y calidad.
- vii).- Y se tenga un permiso en el uso y tenencia de suelo ocupado.

5.2.1.1. Aspectos técnicos.

Conociendo la información de la selección preliminar del sitio de disposición final y las características cumplan con lo establecido se procede en conocer sus aspectos técnicos más confiables, por lo que se necesita lo siguiente:⁽¹⁰⁵⁾

- i).- La vida útil del sitio sea mayor a 7 años.
- ii).- El material de cobertura sea autosuficiente, para evitar gastos de importación lo más posible.
- iii).- De preferencia la topografía sea una mina con acceso, barrancos o cañadas.
- iv).- Las vías de acceso sean rutas cortas y de fácil acceso.
- v).- Los vientos dominantes soplen en sentido contrario a la mancha urbana.
- vi).- La ubicación del sitio sea fuera de toda mancha urbana a distancias cuando menos de 3 Km y máximas de 12 km. Se prevé como futuras áreas verdes.

(104) MEXICO. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. op. cit. hoja 152

(105) Idem. hojas 152-153

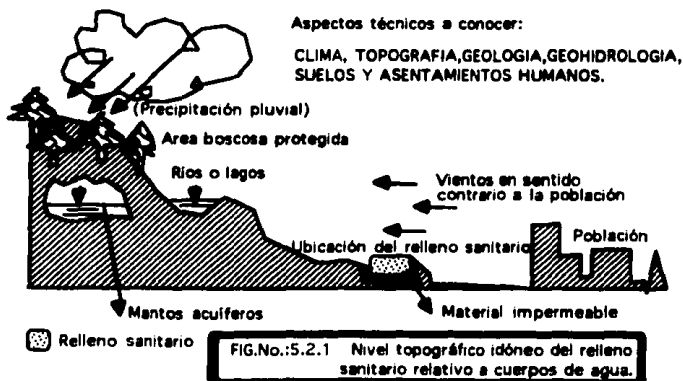
- vii).- Que la geología más recomendable sea arenocilicosa, con una estratigrafía del lugar.
- viii).- Conocer la geohidrología del lugar, con el fin de evitar la contaminación de los mantos freáticos.
- ix).- Conocer la hidrología superficial, con el fin de evitar los escurrimientos pluviales dentro del relleno sanitario.
- x).- Que se cuente con la tenencia de la tierra o documentos legales en donde se autorice el relleno sanitario.
- xi).- Se cuente con unos factores de evaluación para la elección del sitio de disposición final (Tabla incluida)
- xii).- Y debe contar con la descripción de la tabla y con los factores siguientes para evaluar el sitio de disposición final:
- Excelente.....1.00
- Buena.....0.85
- Regular.....0.70
- El sitio que tenga la suma más alta, será la mejor opción para relleno sanitario.

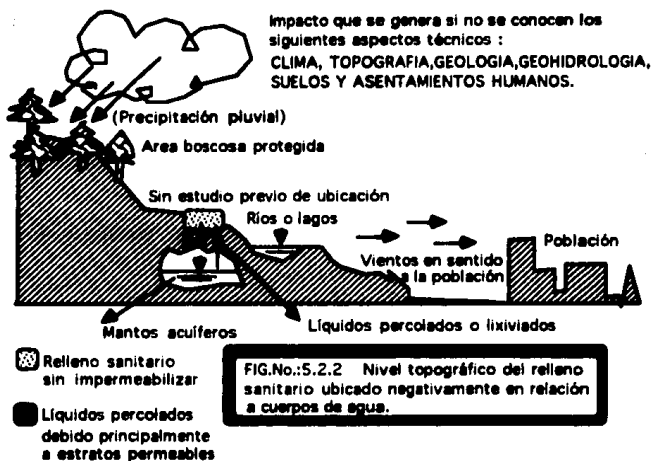
Tabla 5.1 de evaluación y valores para la selección del sitio para relleno sanitario.⁽¹⁰⁶⁾

Conceptos que influyen en la selección del sitio	Valores	Excelente	Bueno	Regular
Vida útil	1.000	Mayores de 10 años (1.000)	5 a 10 años. (0.850)	Menor de 5 años. (0.700)
Tierra para cobertura	0.700	Autosuficiente (0.700)	Acarreo cercano. (0.595)	Acarreo lejano. (0.490)
Topografía	0.200	Minas a cielo abierto abandonadas. (0.200)	Comienzo de cañadas, contaminados. (0.170)	Otros. (0.140)
Vías de acceso	0.250	Cercanas y pavimentadas. (0.250)	Cercanas, transitables. (0.212)	Lejanas y transitables. (0.175)

(106) Idem, hojas 154-155

Vientos dominantes	0.050	En sentido contrario a la mancha urbana. (0.050)	En ambos sentidos de la mancha urbana. (0.042)	En sentido de la mancha urbana. (0.035)
Ubicación del sitio	0.400	De 3 a 12 kms. de la mancha urbana. (0.400)	Entre 1 y 3 kms. de la mancha urbana. (0.340)	> de 12 kms. y < de 1km. de la mancha urbana. (0.280)
Geohidrología	0.400	Más de 30 m. de profundidad (manto acuífero). (0.400)	Entre 10 y 30 m. de profundidad. (0.340)	Menores de 10 m. de profundidad. (0.280)
Geología	0.400	Impermeables. (0.400)	Semi-impermeables (0.255)	Permeables (0.280)
Hidrología superficial	0.300	No hay corrientes superficiales. (0.300)	Lejano de corrientes superficiales. (0.255)	Cerca de corrientes superficiales. (0.210)
Tenencia de la tierra	0.700	Terreno propio (0.700)	Terreno rentado a largo plazo (0.739)	Terreno rentado a corto plazo. (0.490)





Para evaluar la vida útil del sitio, es necesario conocer el tipo de terreno, ya que este determinará el volumen total con que se cuenta en la disposición final.

5.2.1.2. Tipo de Terreno para un Relleno Sanitario.

Clasificación

- > **Plano:** Por ejemplo las mesetas y llanuras con una pendiente de 0 a 5%
- > **Ondulado:** se refiere a que la pendiente no es continua, con una pendiente variable de 5 a 10 %.
- > **Escarpado:** como montañas, cerros, cañadas, etc. con pendientes mayores de 10%.
- > **Un terreno combinado:** El cuál presenta 2 ó más variables.

5.2.1.3. Ventajas y Desventajas de un Relleno Sanitario

VENTAJAS

* Como método de disposición final de desechos sólidos urbanos.

* Inversión inicial de capital inferior a la incineración y la compostación.

* Bajo costo de operación y mantenimiento

* Método completo y definitivo.

* Genera empleo de mano de obra no calificada.

* Recupera gas metano del relleno sanitario, reciben más de 1000 ton/día y constituye una fuente alternativa de energía.

* Recupera terrenos que se hayan considerado improductivos o marginales, tomándolos útiles para la construcción de un parque, área recreativa, campo deportivo, etc.

* Puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación.

* Se considera flexible, por las instalaciones internas no fijas, ni permanentes.

Desventajas de un Relleno Sanitario

* Adquisición del terreno:

Por la falta de conocimiento sobre técnicas del Relleno Sanitario.

Asociar el Relleno Sanitario a un Botadero a Cielo Abierto.

Desconfianza a administraciones locales.

Rápido proceso de urbanización y ubicar el Relleno Sanitario, en sitios alejados de las rutas de recolección, lo cuál aumenta costos de transporte.

- * Supervisión constante.
- * Alto riesgo de transformación de Botadero a Cielo Abierto.
- * Eventual contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas.
- * Asentamientos después de los primeros 2 años de concluido el Relleno Sanitario.⁽¹⁰⁷⁾

5.2.1.4. Principios Básicos de un Relleno Sanitario

Los principios básicos de un relleno sanitario son :⁽¹⁰⁸⁾

- Una supervisión constante
- La altura de la celda sea de 1.5 a 2 m. para disminuir problemas de hundimiento.
- El cubrimiento diario de cada capa de 0.10 a 0.20 m de tepetate si es posible.
- Compactación de capas de 0.20 a 0.30m cuando se cubre con tierra toda la celda. a largo plazo se logra mayor densidad y vida útil.
- Desviar aguas de escorrentía, para evitar ingreso al relleno sanitario.
- Control de líquidos percolados y gases.
- Cubrimiento final de 0.40 a 0.60 m de espesor.

5.2.1.5. Metodología para el cálculo del área necesaria de un relleno sanitario.

En el desarrollo de este método, se repite la fórmula de proyección de población pero ahora en el periodo de vida del sitio, y no se toma en cuenta la de la producción per cápita al contarse con este dato desde el capítulo 2, y por lo que se menciona por no causar confusión posteriormente.⁽¹⁰⁹⁾

⁽¹⁰⁷⁾ JARAMILLO Jorge. *op. cit.*, págs. 22-23

⁽¹⁰⁸⁾ *idem.*, pág. 21

⁽¹⁰⁹⁾ *idem.*, págs. 178-180

Proyección de la población

$$Pf = Po(1 + r)^n \rightarrow \text{Col. 1}$$

Donde :

Pf	=	Población futura
Po	=	Población actual
r	=	Tasa de incremento
n	=	(tf - to) intervalo en años

Producción Per cápita (D.S.)

$$ppc = \frac{\text{Dsr en una semana (Kg/hab-día)}}{\text{Pob} \times 7 \times \text{cobertura}} \rightarrow \text{Col. 2}$$

Donde :

ppc	=	Producción por habitante por día	(Kg/hab-día)
Dsr	=	Cantidad de desechos sólidos recolectados en una semana	(kg/sem)
Pob	=	Población área urbana	(habitantes)
7	=	Días de la semana	
Cob	=	Cobertura del servicio de aseo	(%)

Producción Total

Producción Diaria:

$$Dsp = (Pob)(ppc) \text{ (Ton)} \rightarrow \text{col 3.}$$

Producción Anual:

$$(Dsp) (365 \text{ días}) \text{ (Ton)} \rightarrow \text{col 4.}$$

Acumulación total:

$$\sum = (Dsp)(365 \text{ días}) \text{ (Ton)} \rightarrow \text{col 5.}$$

Donde :

Dsp	=	Cantidad de desechos sólidos producidos	(Kg/día)
Pob	=	Población área urbana	(Habitantes)
ppc	=	Producción per cápita	(kg/hab-día)

Densidad

*	Celda diaria	Densidad de la basura recién compactada	400 - 500 (kg/m ³)
*	Volumen del relleno	Densidad de la basura estabilizada según Proyecto de Norma (Anexo 2)	750 - 900 (kg/m ³)

Se logra el aumento de densidad por:

- Tránsito del vehículo recolector
- Apisonado manual (rodillo y pisones de mano).
- Por la separación y recuperación (reciclaje).
- Descomposición de materia orgánica.

Volumen de desechos sólidos

$$\text{Volumen diario compactado} = \frac{Dsp}{Drsm} \text{ (m)} \rightarrow \text{col. 6}$$

$$\text{Volumen diario compactado} = \frac{Dsp}{Drsm} \times 365 \text{ días (m)}^3 \rightarrow \text{col. 7}$$

$$\text{Volumen diario estabilizado} = \frac{Dsp}{Drsm} \times 365 \text{ días (m)}^3 \rightarrow \text{col. 8}$$

Donde:

Vol diario	=	Volumen de desechos sólidos en un día	(m ³ /día)
Vol. anual	=	Volumen de desechos sólidos en un año	(m ³ /año)
Dsp	=	Cantidad de desechos producidos	(kg/día)
365 días	=	En un año	
Drsm	=	Densidad de los desechos sólidos recién compactados; y estabilizados, de acuerdo a Proyecto de Norma (Anexo 2)	(400-500) Kg/m ³ (750-900) Kg/m ³

Volumen necesario

→ La cantidad de material de cobertura (20 - 25 %) del volumen estabilizado de desechos sólidos).

$$\text{VRS} = (\text{V}_{\text{anual}}) (\text{Mc}) \quad (\text{m}^3) \quad \rightarrow \text{Col.9}$$

$$\text{VRS}_{\text{vu}} = \sum_{i=1}^n \text{VRS} \quad (\text{m}^3) \quad \rightarrow \text{Col.10}$$

n= número de años

VRS_{vu} = Volumen del relleno sanitario durante la vida útil

Donde:

VRS	=	Volumen del relleno sanitario	(m ³ /año)
Mc	=	Factor de material de cobertura	(1.2 a 1.25)

Area del relleno sanitario

$$\text{Area requerida del relleno sanitario} = \frac{\sum \text{Acumulada}}{\text{Profundidad (h)}} \quad (m)^2 \rightarrow \text{Col. 11}$$

ó de igual forma:

$$\text{ARS} = \frac{\text{VRS}}{\text{HRS}}$$

Donde :

Area del relleno sanitario (ARS)	=	Area total en años que se requiere en la vida útil del sitio sin contar espacios de maniobras.	Unidades en: hectáreas o en m ² .
Suma acumulada (VRS)	=	suma total en años acumulada en la vida útil del sitio.	m ³
Profundidad (HRS)	=	Altura con la que cuenta el relleno en relación con el nivel del terreno natural.	m

Area total del relleno sanitario

$$\text{AT} = (F)(\text{ARS}) \rightarrow \text{Col. 12}$$

Donde :

AT	=	Area total requerida	(m ²)
F	=	Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de aislamiento, caseta para portería en instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. (20 - 40 %) del área a llenar.	
ARS	=	Area a rellenar	(m ²)

EJEMPLO:

Con los datos obtenidos anteriormente se calcula la metodología del área a requerir.

Pf	=	La población futura será entre los años de 1993 a 1995.
Po	=	1'218,135
r	=	0.045
n	=	Los años de interés a proyectar, son los intervalos de los meses de finales de Julio de 1993 hasta el final de Julio de 1995, y se establecerán los meses con tres dígitos como se observará a continuación :

199 3

Enero	(1/12) = 0.083
Febrero	(2/12) = 0.167
Marzo	(3/12) = 0.250
Abril	(4/12) = 0.333
Mayo	(5/12) = 0.417
Junio	(6/12) = 0.500
Julio	(7/12) = 0.583
Agosto	(8/12) = 0.667
Septiembre	(9/12) = 0.750
Octubre	(10/12) = 0.833
Noviembre	(11/12) = 0.917
Diciembre	(12/12) = 1.000

199 4

Enero	(1/12) = 0.083
Febrero	(2/12) = 0.167
Marzo	(3/12) = 0.250
Abril	(4/12) = 0.333
Mayo	(5/12) = 0.417
Junio	(6/12) = 0.500
Julio	(7/12) = 0.583
Agosto	(8/12) = 0.667
Septiembre	(9/12) = 0.750
Octubre	(10/12) = 0.833
Noviembre	(11/12) = 0.917
Diciembre	(12/12) = 1.000

199 5

Enero	(1/12) = 0.083
Febrero	(2/12) = 0.167
Marzo	(3/12) = 0.250
Abril	(4/12) = 0.333
Mayo	(5/12) = 0.417
Junio	(6/12) = 0.500
Julio	(7/12) = 0.583
Agosto	(8/12) = 0.667
Septiembre	(9/12) = 0.750
Octubre	(10/12) = 0.833
Noviembre	(11/12) = 0.917
Diciembre	(12/12) = 1.000

i).- proyección de la población :

$$n = \text{año} + \text{mes}$$

El inicio del ciclo de vida útil del vertedero, es en el intervalo del mes de Agosto y el año 3, sustituyendo en la formula anterior se obtiene :

$$n = 3 + 0.667 = 3.667$$

Conocidos todos los datos se proyecta la población.

$$Pf = Po(1 + r)^n$$

$$Pf \text{ de agosto } 93 = 1'218,135 (1+0.045)^{3.667}$$

$$Pf \text{ de agosto } 93 = \underline{1'431,512 \text{ habitantes.}}$$

...así sucesivamente hasta el intervalo del mes de Julio de 1995, fin del ciclo de vida útil:
 $n = 5 + 0.583 = 5.583$
 $Pf = 1'218,135 (1+0.045)^{5.583}$
 $Pf = \underline{1'557,477 \text{ habitantes.}}$

Se tábula en la tabla 5.1

ii).-Producción per cápita

Se consideró que la generación per cápita neta que ingresa en un sitio de disposición final, es desde el inicio de 1993. La producción es 0.474 kg/hab-día con un aumento del 3% anual. Realizando la regla de tres, se obtiene el aumento de producción mensual:

12 meses	3%	Secretaría de Ecología	Generación calculada
?	1 mes	↓	↓
0.25% mensual		0.412	0.474

$$0.412 < 0.474$$

1993 inicio de enero	(0.474)	(0.0025)
final de Enero	0.475	←
Febrero	0.476	
Marzo	0.477	
Abril	0.478	
Mayo	0.479	
Junio	0.480	
julio	0.481	
Agosto	0.482	

Se continua el aumento hasta el mes de Julio de 1995 y se tabula en la tabla S.1.

iii).-Producción total.

Desde Agosto del 1993 hasta Julio de 1995, se obtiene por el producto de la población y la producción per cápita, la : Producción diaria, la producción mensual y la Acumulación total.

Producción diaria

$$Dsp = (pob)(ppc)$$

$$Dsp \text{ Agosto del } 93 = (1'431,512 \text{ hab})(0.482 \text{ kg/hab-día})$$

$$Dsp \text{ Agosto del } 93 = 689,989 \text{ kg/día}$$

$$Dsp \text{ Agosto del } 93 = \underline{690 \text{ ton/día}} \checkmark$$

$$Dsp \text{ Sep. del } 93 = (1'436,751)(0.483)$$

$$Dsp \text{ Sep. del } 93 = \underline{693 \text{ ton /día}} \checkmark$$

$$Dsp \text{ Oct. del } 93 = \underline{698 \text{ ton /día}} \checkmark$$

...Y así sucesivamente hasta Julio del 95.

$$Dsp \text{ Julio del } 95 = \underline{787 \text{ ton /día}} \checkmark$$

Producción mensual:

Realizando la regla de tres:

12 meses 365 días

 ? 1 mes

30.42 días

P.M. Agosto = (Dsp Agosto del 93)(mes)

P.M. Agosto = (690 ton/día)(30.42 día)

P.M. Agosto = 20,990 ton ✓

P.M. Sep. = 21,081 ton ✓

P.M. Octubre = 21,233 ton ✓

Y así sucesivamente hasta julio de 1995.

P.M. Julio = 23,941 ton. ✓

Acumulación total

$$\Sigma = (\text{Dsp})(30.42 \text{ días})$$

Acumulación = (Dsp agosto del 93)(30.42)

Agosto del 93 = 20,990 ton ✓

Acumulación de

Agosto y sept.

del 93 = 20,990 + 21,081 = 42,071 ton. ✓

Acumulación de

Agosto hasta

Julio del 93 = 42,071 + 21,233 + 21,355 + 21,476

= 106,135 ton ✓

Y así sucesivamente hasta Julio de 1995, los datos se tabulan en la tabla 5.1

iv).-Volumen de desechos sólidos.

Se propuso la densidad de desechos sólidos recién compactados 0.5 ton/m^3 , para la compactación diaria, y la compactación mensual. Respecto a la densidad de los desechos estabilizados, se propuso el valor máximo de el Proyecto de Norma de 0.9 ton/m^3 .

Compactado diario

$$\text{Volumen diario compactado} = \frac{\text{Dsp}}{\text{Drsm}}$$

$$\text{Vdc} = \frac{\text{Dsp Agosto 93}}{0.5 \text{ ton/m}^3}$$

$$\text{Vdc} = (690 \text{ ton}) / (0.5 \text{ ton/m}^3)$$

$$\text{Vdc} = \underline{1380 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vdc} = (693 \text{ ton}) / (0.5 \text{ ton/m}^3)$$

$$\text{Vdc} = \underline{1386 \text{ m}^3}$$

Compactado mensual

$$\text{Volumen mensual compactado} = \frac{\text{Dsp}}{\text{Drsm}}$$

$$\text{Vmc} = \frac{\text{Dsp Agosto 93}}{0.5 \text{ ton/m}^3}$$

$$\text{Vmc} = (20,990) / (0.5)$$

$$\text{Vmc} = \underline{41,980 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vmc} = (21,081) / (0.5)$$

$$\text{Vmc} = \underline{42,162 \text{ m}^3}$$

Y así sucesivamente hasta el mes de Julio del 95.

$$\text{Vdc} = (787 \text{ ton}) / (0.5 \text{ ton/m}^3)$$

$$\text{Vdc} = \underline{1574 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vmc} = (23,941) / (0.5)$$

$$\text{Vmc} = \underline{47,882 \text{ m}^3}$$

Estabilizado mensual

$$\text{Volumen mensual estabilizado} = \frac{(\text{Dsp agosto 93})}{0.9 \text{ ton/m}^3} = \frac{(20,990 \text{ ton})}{0.9 \text{ ton/m}^3}$$

$$\text{Vme} = \underline{23,322 \text{ m}^3}$$

Se realiza el mismo procedimiento hasta julio de 1995.

$$\text{Vme} = \frac{(\text{Dsp julio 95})}{0.9 \text{ ton/m}^3} = \frac{(23,941 \text{ ton})}{0.9 \text{ ton/m}^3}$$

$$\text{Vme} = \underline{26,601 \text{ m}^3}$$

Se tabulan los resultados en la tabla 5.1

v).-Volumen necesario.

Se considero un 12% cada mes de material de cobertura, debido a la altura y longitud de las plataformas.

$$\begin{aligned} \text{VRS} &= (V \text{ anual})(Mc) \\ \text{VRS agosto del 93} &= (23,322)(1.12) \\ \text{VRS agosto del 93} &= \underline{26,121 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Así sucesivamente hasta Julio de 1995.

$$\begin{aligned} \text{VRS Julio del 95} &= (26,601)(1.12) \\ \text{VRS Julio del 95} &= \underline{29,793 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Acumulación

$$\text{Vrs} = \sum_{i=1}^n \text{Vrs}$$

Se refiere a la acumulación mensual:

$$\begin{aligned} \text{VRS agosto del 93} &= \underline{26,121 \text{ m}^3} \\ \text{VRS sep. del 93} &= 26,121 + 26,234 = \underline{52,355 \text{ m}^3} \\ \text{VRS oct. del 93} &= 52,355 + 26,423 = \underline{78,778 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Hasta julio de 1995:

$$\text{VRS Jul. del 93} = 639,968 + 29,793 = \underline{669,761 \text{ m}^3}$$

vi).-Area del relleno sanitario.

RELLENO:

$$\text{Area requerida del R.S.} = \frac{\sum \text{Acumulada}}{\text{profundidad}}$$

$$\begin{aligned} \text{Area requerida del R.S.} \\ \text{Agosto del 93} &= \frac{26,121 \text{ m}^3}{21 \text{ m}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area requerida del R.S.} \\ \text{Agosto del 93} &= (1,243 \text{ m}^2) \left(\frac{1 \text{ ha.}}{10,000 \text{ m}^2} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area requerida del R.S.} \\ \text{Agosto del 93} &= \underline{0.124 \text{ ha.} < 3 \text{ ha. disponibles}} \end{aligned}$$

Asi en forma iterativa hasta julio del 95.:

$$\begin{aligned} \text{Area requerida del R.S.} \\ \text{Julio del 95} &= \frac{669,761 \text{ m}^3}{21 \text{ m}} = (31,893 \text{ m}^2) \left(\frac{1 \text{ ha.}}{10,000 \text{ m}^2} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area requerida del R.S.} \\ \text{Julio del 95} &= \underline{3.189 \text{ ha.} < 3 \text{ ha. disponibles}} \end{aligned}$$

AÑO	Mes	POBLACION HAB	ppp kg hab-dia	Cantidad de desechos solidos			VOLUMEN DESCHOS SOLIDOS					Area requerida 4 hectareas		ppp bruta
				Dia (ton)	Mes (ton)	Acum. (ton)	COMPACTADOS (0.50 ton/m ³)	Mes Estabilizado (m ³)	Rellenos MC 12% cada mes		Relleno RS (Ha)	Total (Ha)	municipal (crece un:	
			0,25% al mes				Diario m ³	al mes m ³	0,90 ton/m ³	(Ds+MC) mensual	Acum. (m ³)	altura 21 m.	20%	0,25%
1994	Agosto	1'441.512	0,482	690	20.990		1380	41.980	24.322	26.121	26.121	0,124	0,149	0,862
	Sep.	1'446.751	0,484	693	21.081		1386	42.162	24.424	26.244	26.244	0,124	0,149	0,864
	Oct.	1'442.010	0,484	698	21.233		1396	42.466	24.592	26.423	26.423	0,124	0,149	0,866
	Nov.	1'447.351	0,485	702	21.355		1404	42.710	24.728	26.575	105.353	0,502	0,602	0,868
1994	Dic.	1'452.649	0,486	706	21.476	106.135	1412	42.952	24.862	26.725	132.078	0,629	0,755	0,870
	Enero	1'457.965	0,487	710	21.598		1420	43.196	24.998	26.878	158.956	0,757	0,908	0,872
	Feb.	1'463.466	0,488	714	21.720		1428	43.440	24.134	27.029	185.985	0,885	1,062	0,875
	Marzo	1'468.722	0,489	718	21.842		1436	43.684	24.269	27.181	213.166	1,015	1,218	0,877
	Abril	1'474.098	0,490	722	21.963		1444	43.926	24.404	27.331	240.497	1,145	1,374	0,879
	Mayo	1'479.558	0,491	726	22.084		1452	44.168	24.538	27.483	267.980	1,276	1,531	0,881
	Junio	1'484.974	0,492	731	22.237		1462	44.474	24.708	27.673	295.653	1,408	1,689	0,883
	Julio	1'490.409	0,493	735	22.359		1470	44.718	24.843	27.824	323.477	1,540	1,848	0,886
	Agosto	1'495.930	0,494	739	22.480		1478	44.860	24.922	27.913	351.390	1,673	2,008	0,888
	Sep.	1'501.405	0,495	744	22.602		1486	45.204	25.113	28.127	379.517	1,807	2,169	0,890
	Oct.	1'506.900	0,496	747	22.724		1494	45.448	25.249	28.279	407.796	1,942	2,330	0,892
	Nov.	1'512.482	0,497	752	22.876		1504	45.752	25.418	28.468	436.264	2,077	2,493	0,894
1995	Dic.	1'518.018	0,498	756	22.998	373.568	1512	45.996	25.553	28.619	464.883	2,214	2.656	0,897
	Enero	1'523.574	0,499	760	23.119		1520	46.238	25.688	28.771	493.654	2,351	2.821	0,899
	Feb.	1'529.218	0,500	764	23.241		1528	46.482	25.823	28.922	522.576	2,488	2.986	0,901
Marzo	1'534.815	0,501	768	23.362		1536	46.724	25.958	29.073	551.649	2,627	3.152	0,903	

FALLA DE ORIGEN

	Abril	1'540.442	0.502	774	23.513		1546	47.030	26.128	29.264	580.912	4.766	3.319	0.906
	Mayo	1'546.148	0.503	778	23.667		1556	47.344	26.297	29.454	610.465	4.907	3.488	0.908
	Junio	1'551.797	0.504	782	23.788		1564	47.526	26.431	29.603	639.968	5.047	3.657	0.910
	Julio	1'557.427	0.505	787	23.941	548.201	1574	47.882	26.601	29.793	669.761	5.189	3.827	0.912

TABLA No. 5.2

DATOS DE PROYECTO

Agosto de 1993

Población = 1'431,512 habitantes

Ppc bruta = 0.862 Kg/hab-día

Ppc recolectada = 0.668 Kg/hab-día

Ppc que ingresa al sitio (S.D.F.) = 0.482 Kg/hab-día

Tasa de crecimiento poblacional = 4.5 % anual

Aumento anual (Aa) de la ppc bruta = 3% anual

(Aa) del ingreso de ppc neta al (SDF) = 3% anual

Altura promedio (S.D.F.) = 21 metros

Peso volumétrico compactado (Pvc)

en el vehículo = 0.45 ton/m³

(Pvc) en el (S.D.F.) = 0.50 ton /m³

(Pv) estabilizado (S.D.F.) = 0.90 ton/ m³

Material de cobertura = 12% mensual

Area del (S.D.F.) = 3 hectáreas

(%) total recuperado de Gpc bruta = 44.1 %

(%) recuperado de Gpc bruta antes
de la recolección = 22.5 %

(%) recuperado de Gpc bruta durante
la recolección y en el (S.D.F.) = 21.6 %

Area total

Suponiendo que contara con lo mencionado en área total requerida y un porcentaje de incremento del 20 %. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$At = (f)(ARS)$$

$$At \text{ agosto del 93} = (1.2)(0.124)$$

$$At \text{ agosto del 93} = \underline{0.149 \text{ Ha.}} /$$

$$At \text{ Sep. del 93} = (1.2)(0.249)$$

$$At \text{ Sep. del 93} = \underline{0.299 \text{ Ha.}} /$$

Así sucesivamente hasta Julio de 1995.

$$At \text{ Julio del 95} = (1.2)(3.189)$$

$$At \text{ Julio del 95} = \underline{3.823 \text{ Ha.}} > \underline{3 \text{ Ha. disponibles}} /$$

Lo que demuestra que la vida del vertedero disminuye si contara con instalaciones adicionales.

GENERACION TOTAL EN EL MUNICIPIO EN JULIO DE 1995

Para conocer la generación total en los finales de Julio de 1995, se deduce:

El porcentaje de incremento es del 3 % anual y 0.25 % mensual, donde:

AÑO	Ppc bruta (kg / hab-día)	total (kg / hab-día)
1993	0.862	0.862
1994	0.862×1.03	0.888
1995	0.888×1.03	0.915

Se toma como constante el porcentaje recuperado: $(0.225+0.053+0.163) = 0.441$

Respecto a la ppc calculada en la tabla anterior, el porcentaje fué mensual, por lo que se obtiene:

Mes de Septiembre de 1993

$$0.862 \times 1.0025 = \underline{0.864 \text{ kg/hab-día}}$$

Mes de Julio de 1995

$$0.910 \times 1.0025 = \underline{0.912 \text{ kg/hab-día}}$$

La generación ppc bruta en Julio del 95 es:

$$0.505 + (0.912 \times 0.441) = \underline{0.907 \text{ kg/hab-día}}$$

ppc en el sitio de disposición final	ppc bruta en el 95	(%) de recuperación dentro de municipio
(kg/hab-día)	(kg/hab-día)	Adimensional

La producción total se obtiene con el producto de la generación pc bruta y la población de dicho mes:

$$(0.907 \times 1'557,477) = \underline{1412 \text{ ton/día}} \approx \underline{1500 \text{ ton/día}}$$

Cantidad mencionada en el Ayuntamiento

5.2.1.6. Protección de acuíferos por lixiviación.

Para proteger los mantos acuíferos que se encuentran abajo del sitio de disposición es necesario impermeabilizar con una capa de arcilla o un forro sintético de polietileno de alta densidad, en las siguientes secuencias se observan las técnicas de control de infiltración por lixiviación.

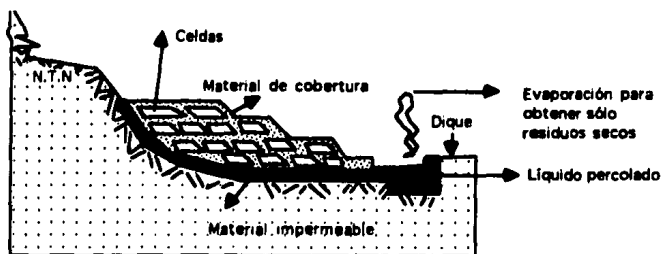


Fig. No.5.2.3 Esguimiento de lixiviados por gravedad

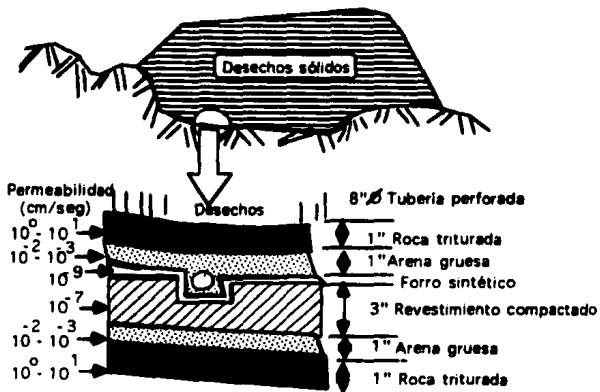


Fig.No.5.2.4 Sistema de protección con materiales impermeables en el fondo de un relleno concluido.

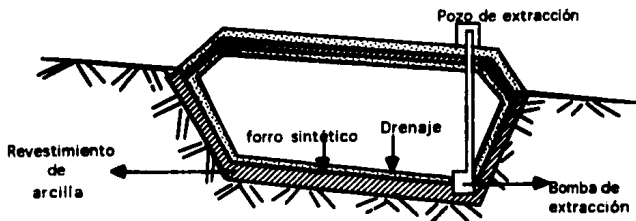


Fig.NO.5.2.5 Captación por bombeo de lixiviados

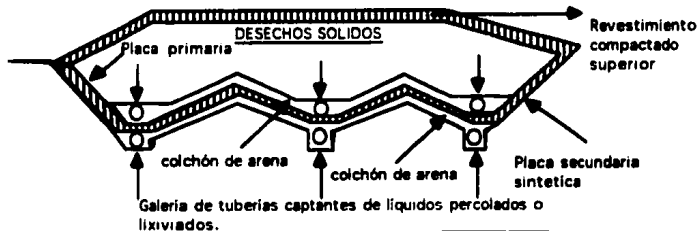


Fig.NO.5.2.6. Distribución de galerías captantes de lixiviados

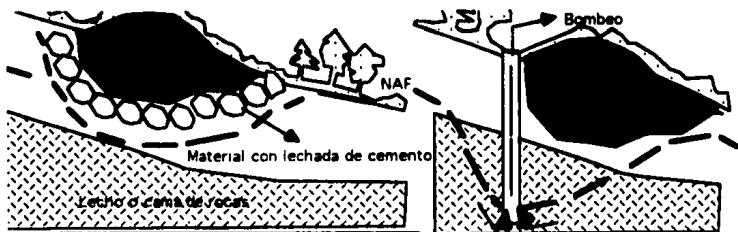


Fig. No.5.2.7.a. Inyección de lechada de cemento * con el fin de impermeabilizar sus costados y su fondo

Fig. No.5.2.7.b. Control del nivel freático.

*(110)

(110) Instituto Mexicano Del Cemento Y del Concreto, Práctica recomendada para la medición, mezclado, transporte y colocación del concreto. Revisión del documento ACI 614-59 por el comité ACI-304; "Las lechadas básicas están compuestas de cemento portland,

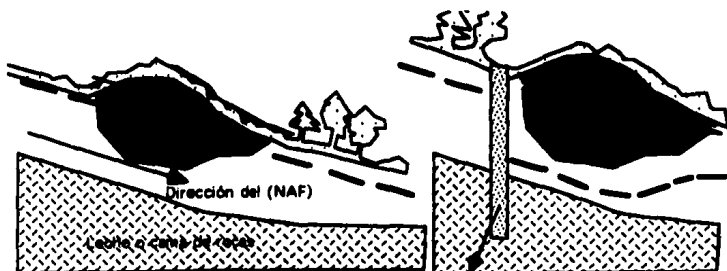


Fig.No.5.2.7.c. Sin existencia de un medio de control.

Fig.No.5.2.7.d. Pared conductora del nivel freático.

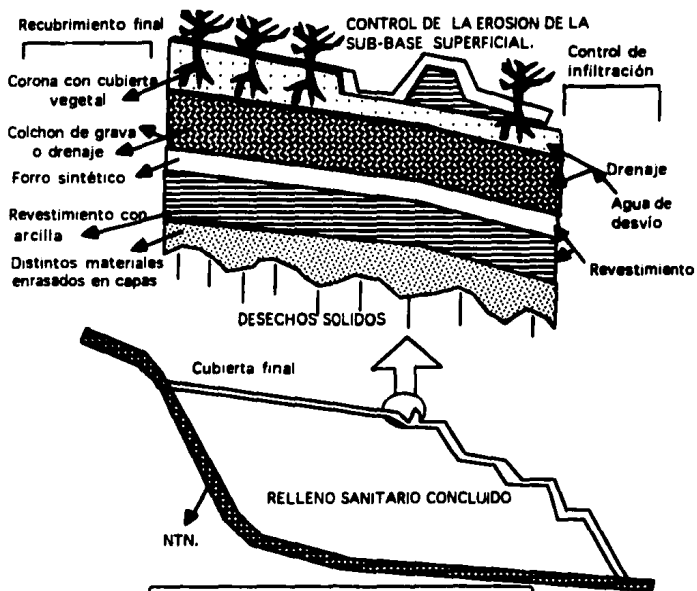


Fig. No.5.2.8. Técnica del control de infiltración

arena y agua....Hay esencialmente dos técnicas básicas para la inyección de lechadas : la técnica de capa horizontal y la de avance en declive" págs. 51 y 66

Barreras válidas para la protección del nivel freático superficial.

Las barreras de protección son convenientes cuando el nivel freático es cercano a la superficie; o existen corrientes o arroyos.

Y cuando no existe otro sitio más adecuado para la disposición final, por lo que se emplean los siguientes métodos:

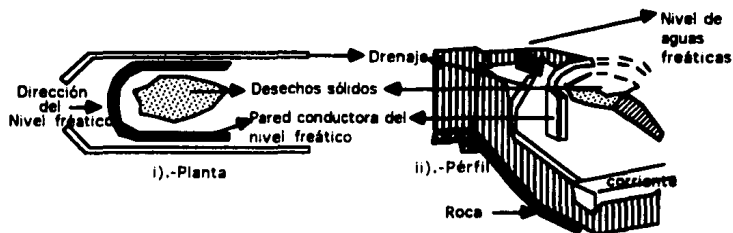


Fig. No. 5.2.9. Combinación de drenajes y una pared conductora o barrera empleada para la prevención de líquidos contaminantes dentro del nivel freático y arroyos

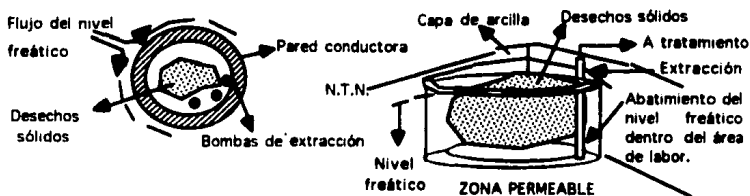


Fig. No. 5.2.10. Pared circular conductora del nivel freático en combinación con la extracción por bombeo, con el fin de prevenir la contaminación de las aguas freáticas.

5.3. Métodos de capacidad de volumen en un Relleno Sanitario.

Los métodos consisten en tres y son el de Trinchera o zanja, el de Área y el Combinado (trinchera y área).

En el sitio de disposición final, siendo un socavón sólo se excavó lo relacionado con el material de cobertura, resultando el método combinado.

Se mencionan a continuación los aspectos que identifican a cada método y posteriormente se relacionará al sitio de disposición final.

5.3.1 .Método de zanja o trinchera.

Consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor de oruga. Hasta trincheras de 7 m de profundidad para residuos sólidos. La tierra extraída se reemplaza como material de cobertura.

Existen drenajes internos o bombeo en un caso extremo.

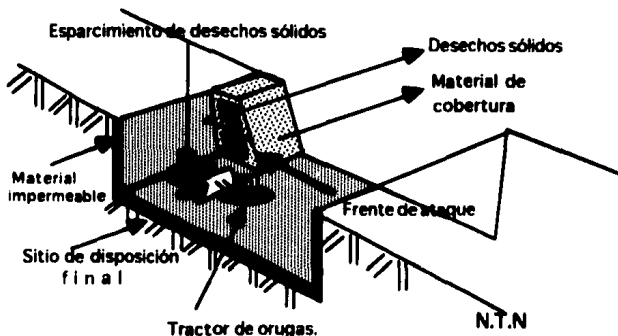


Fig. No. 5.3.1 Método de Trinchera

5.3.2. Método de área.

Método empleado para áreas planas, la basura se deposita directamente, elevando el nivel algunos metros.

El material de cobertura deberá ser importado de otros sitios.

La capa de cobertura debe ser del orden de 0.10 a 0.20 m de espesor y una pendiente de 30° en el talud y 1 a 2° en la superficie.⁽¹¹¹⁾

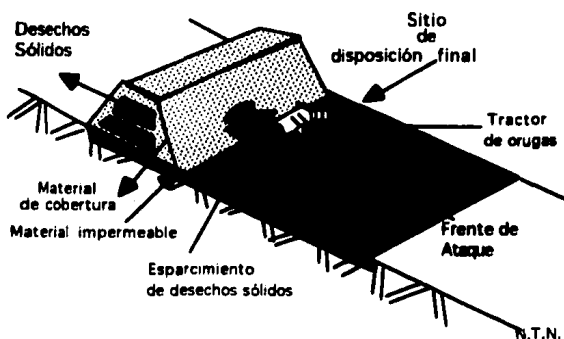


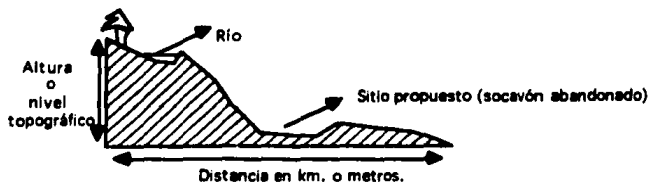
Fig. No.5.3.2. Método de Área

5.3.3. Método combinado

Cuando las condiciones son las apropiadas, en relación a la geohidrología, el suelo, la topografía y las características físicas de su entorno.

La combinación de ambos métodos son considerados los más eficientes y aumentan la vida útil del sitio de disposición final.

(111) JARAMILLO, Jorge. *Op. cit...* págs.17-18



Fin No.:5.3.3. Sitio idóneo como método combinado

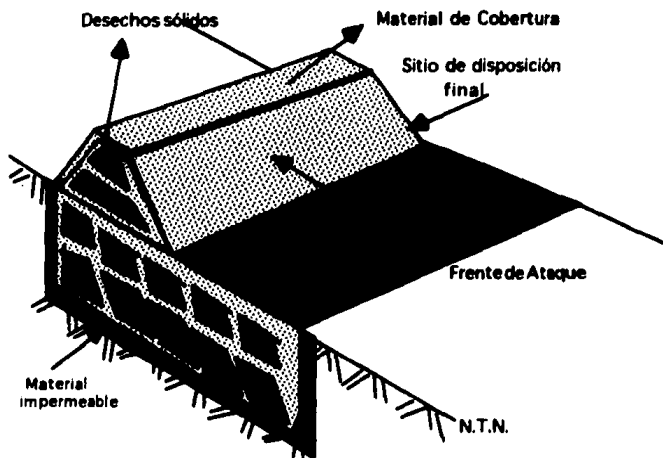


Fig. No.:5.3.4 Método Combinado

La elección del método a seguir dependerá, por lo tanto del perfil, se mencionarán las fórmulas para determinar el volumen útil. En el caso del presente trabajo con el cálculo de la tabla 5.1, se obtuvo estos volúmenes, y sólo se mencionarán como referencia cuando se de inició a un nuevo sitio de disposición final.

5.3.4. Fórmulas que determinan el volumen útil en un relleno sanitario

En zanja o trinchera

Recomendable en su vida útil entre 30 y 90 días para su empleo constante. Apartir de la vida útil de la zanja, se calcula el volumen de la excavación y el tiempo requerido de la maquinaria.

→ Volumen de la zanja

$$V_z = \frac{(t)(Drs)(Mc)}{Drsm}$$

- Donde : V_z = Volumen de la zanja (m³)
- t = tiempo de vida útil (días)
- Drs = Cantidad de desechos sólidos recolectados (Kg/día)
- Mc = Factor de cobertura (20 a 25 %)
- Drsm = Densidad de los desechos sólidos en el relleno (Kg/m³).

→ Dimensiones de la zanja

Limitados por : La profundidad de 2 a 3 metros, de acuerdo al nivel de aguas freáticas, suelo, equipo y costos; el ancho de 3 a 6 metros; y el largo condicionado por la vida útil.

Su fórmula es:

$$l = \frac{V_z}{(a)(hz)}$$

- Donde : l = largo (m)
- V_z = Volumen de la zanja (m³)
- a = ancho (m)
- hz = Profundidad (m)

—————> Tiempo de la maquinaria

La fórmula es :

$$t_{exc} = \frac{Vz}{(R)(J)}$$

Donde : t exc = Tiempo de maquinaria para excavación de la zanja (días)

Vz = volumen de la zanja (m³)

R = Rendimiento de excavación del equipo pesado (m³/Hr).

J = Jornada de trabajo diario (hr/día)

—————> Vida útil del terreno

La fórmula es :

$$n = \frac{At}{(f)(Az)}$$

Donde : n = número de zanjas

At = área del terreno

f = factor para áreas adicionales
1.2 a 1.4 (en %).

Az = área de la zanja

Método combinado

En general para el cálculo de Volúmenes existen dos métodos:

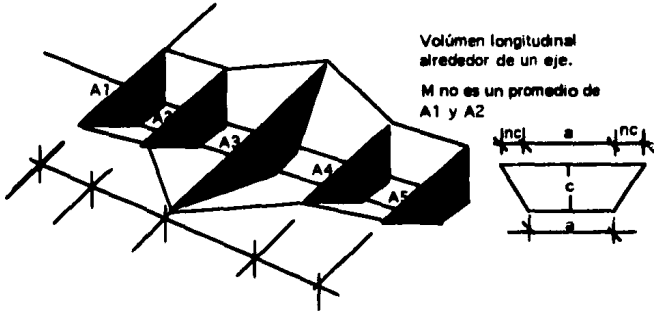
a)	-	Volúmenes de gran longitud y poca anchura
b)	-	Volúmenes de gran extensión

i).-Método 1: Cálculo del volumen por la regla de Simpson.

$$\text{Volumen} = \frac{d}{3} [A1 + A5 + (2)(A3) + (4)(A2 + A4)] (m^3)$$

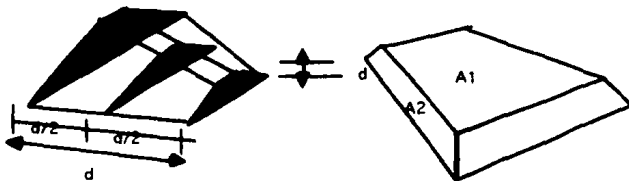
Donde M = Es la sección media, el volumen por la regla de Simpson será:

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= \left(\frac{1}{3} \times \frac{d}{2} \right) [A1 + A2 + (2)(\text{cero}) + (4)(M)] \\ &= \frac{d}{6} [A1 + A2 + 4M] \end{aligned}$$



ii).-Método 2: Cálculo del Volumen por la regla del prismoide:

Para determinar el volumen por Simpson, se divide la figura de forma que resulte un número impar de secciones equidistantes.



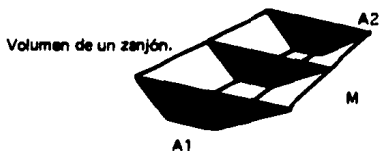
iii).-Método 3: Cálculo del Volumen a partir de áreas extremas:

El volumen entre las secciones A1 y A2 está dada por :

$$\text{Vol} = \frac{(A1 + A2)(d)}{2}$$

Donde :A1 y A2 = Secciones transversales (m²)

d = Distancia entre las secciones A1 y A2 en (m).



b).- Volumenes de gran extensión.

i).-Método de la retícula.

Se emplean las elevaciones que existan, por ejemplo: e1, e2 ,e3 y e4. La fórmula es :

$$V_i = (A) (ef - (e1 + e2 + e3 + e4) / 4)$$

ii).-Método a partir de curvas de nivel

Es el método más exacto, Se utilizan las siguientes fórmulas:(112)

$$V = ((A1 + A2) / 2) (\hat{h})$$

Donde : V = Volumen entre dos curvas de nivel (m³).

A1 y A2 = Areas de los planos horizontales (m²).

\hat{h} = Diferencia de alturas entre los planos (m).

(112) Idem. Págs.181-189

La capacidad de volumétrica del sitio esta dada generalmente por la siguiente ecuación:

$$V = ((A_1 + A_2)/2)(\hat{\Delta}h) + ((A_2 + A_3)/2)(\hat{\Delta}h) + \dots + ((A_i + A_n)/2)(\hat{\Delta}h)$$

Cuando las áreas tomadas son equidistantes entre sí, la ecuación es:

$$V = \frac{1}{2} (A_1 + 2 \sum_{i=2}^{n-1} A_i + A_n) \hat{\Delta}h$$

Mientras menor sea $\hat{\Delta}h$, mayor será la precisión. Se facilita lo mencionado si se emplean para las áreas, planímetros y que las curvas de nivel sean a cada metro.

EJEMPLO: En el sitio de disposición final se calculó el volumen total en la tabla 5.1 y se comparará con la altura y profundidad aproximada a la real en base del anexo fotográfico y en la consulta del plano del levantamiento topográfico del sitio de disposición final, se obtuvo lo siguiente:

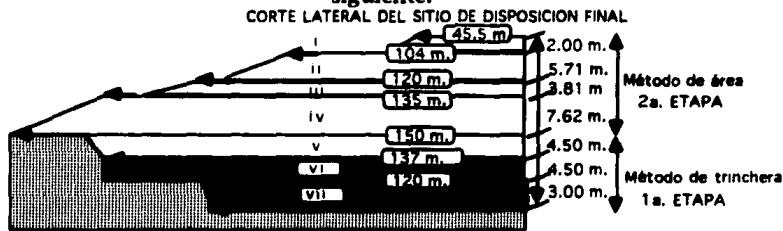


Fig. No.(5.3.5.a) Alturas y profundidades de las plataformas del sitio actual

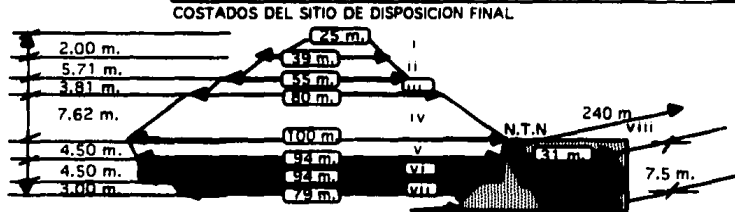
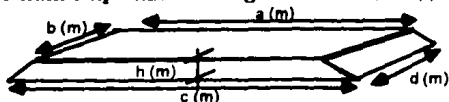


Fig. No.(5.3.5. b) Alturas y profundidades del sitio actual y adyacente

La fórmula empleada es la siguiente : $V = (h/3)(ab+cd+SQR(abcd))$



NOTA: Se integró a (viii) por abarcar Junio de 1995 y Julio del 95

Se obtuvieron las siguientes medidas y volúmenes:

Plataforma No	a (longitud menor) m	b (ancho menor) m	c (longitud mayor) m	d (ancho mayor) m	h (Altura) m	Volumen (m ³).
i	91	25	97	30	2	5,172
ii	208	39	228	55	5.71	58,504
iii	240	60	255	70	3.81	61,319
iv	270	80	300	100	7.62	195,722
v	274	94	280	100	4.50	120,916
vi	274	94	274	94	4.50	115,902
vii	240	79	240	79	3.00	56,880
viii	240	31	240	31	7.5	55,800
Total						670,215

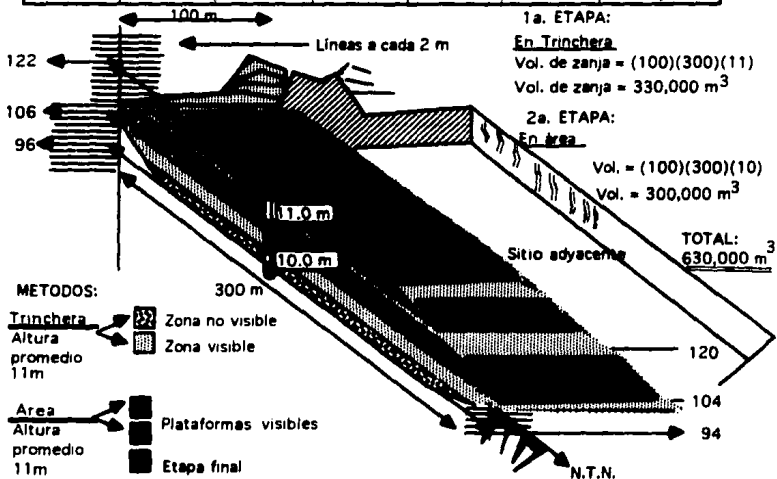


Fig. No.(5.3.5.c) Método combinado en el sitio de disposición final.

Si se observa la tabla y se compará con la suma de volúmenes obtenida con las figs. 5.3.5 (a,b y c) los datos son semejantes:

$$320,717 + 293,698 + 55,800 = 670,215 \text{ m}^3 \simeq 669,761 \text{ m}^3$$

El volumen real de desechos sólidos en dos años en el sitio de disposición final es de 598,000 m³ dato obtenido en la suma de acumulación de la columna 10 de la tabla 5.1. y el ingreso mensual es de 24,917 m³/mes y en el sitio adyacente el volumen de ingreso fué 55,814 m³ en dos meses.

5.3.5. Residuos Generados en un Relleno Sanitario

Los residuos generados por la composición química de los desechos sólidos, los más peligrosos son los lixiviados o líquidos percolados y el gas metano por ser explosivos y se refieren a lo siguiente:

LIQUIDO PERCOLADO

La calidad química de lixiviado es altamente variable, y contiene cargas mucho más contaminantes que las aguas residuales municipales o industriales.

Las aguas de lluvia atraviesan las capas de basura, aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que las que produce la misma humedad de los desechos. Los desechos sólidos son un excelente medio para mantener la supervivencia de microorganismos patógenos.

Los rellenos sanitarios a menudo contienen excrementos, restos de animales, pañales desechables, desechos de hospitales y lodos de drenaje.

Estas condiciones generan grandes poblaciones de bacterias, hongos, protozoarios, helmintos y nemátodos en los lixiviados; esto provoca graves riesgos en la salud pública.

De ahí la importancia de interceptar, y desviar las aguas de escorrentía y pequeños hilos de agua antes del inicio de la operación, ya que el volumen del líquido, causa problemas en la operación del relleno y contamina las corrientes de agua, nacimientos y pozos vecinos. Para proteger aguas superficiales y subterráneas se toman las siguientes medidas:

- * Que no esten siendo utilizadas para el consumo humano.

- * La altura mínima sea de 1 a 2m. en la parte inferior del relleno y el nivel del agua subterránea.

- * Impermeabilizar la parte inferior mediante una capa arcillosa con un espesor entre 0.30 a 0.60m.

- * Interceptar, canalizar y desviar el escurrimiento superficial y los pequeños hilos de agua.

- * Construir un sistema de drenaje para posibilitar la recolección del líquido percolado.

- * Cubrir con una capa de tierra final, preferentemente tepetate, con un espesor entre 0.40 a 0.60 m, compactar y sembrar las áreas del relleno que hayan sido terminadas con pasto o grama para disminuir la infiltración de aguas de lluvias.

GASES

'Un relleno sanitario, no es otra cosa que un digester anaeróbico en el que, debido a la descomposición natural o putrefacción de los desechos sólidos, no sólo se producen líquidos, sino también gases y otros compuestos. Ocurre en dos etapas aerobia y anaerobia.

AEROBIA: El oxígeno esta presente en el aire en los desperdicios de la masa de residuos enterrados, siendo rápidamente consumido.

ANAEROBIA: Produce cantidades apreciables de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), así como trazas de gases de olor repugnante como ácido sulfhídrico (H_2S), amoníaco (NH_3) y mercaptonos.

Es inodoro, el gas metano, si se concentra en el aire en una proporción de 5 a 15 % en Volumen; y tienden acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno y aprovechar cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir, y originar el metano en cantidades y en peligro de explosión en las áreas vecinas. Por lo que es necesario un control.

El control se logra, construyendo un sistema de drenaje vertical en roca, colocado en diferentes puntos del relleno sanitario, para que estos sean evacuados en la atmósfera.

Se puede quemar simplemente encendiendo fuego en la salida del drenaje, concluido el relleno sanitario.

Es de notar que la recuperación y aprovechamiento, sólo se recomienda para rellenos sanitarios, que reciben más de 200 ton/día, y que las condiciones locales lo ameriten.⁽¹¹³⁾

5.3.5.1. Sistema de captación de biogás.

Debido a las actividades de los microorganismos anaerobios en todos los rellenos sanitarios se efectúa un proceso de degradación de los desechos sólidos. Los productos típicos de éste proceso son : el metano (presenta riesgo de explosión), bióxido de carbono, agua, ácidos orgánicos, sulfatos de hidrógeno, fierro, manganeso, nitrógeno y amoníaco.

En las siguientes figuras se muestra la captación típica de biogás:

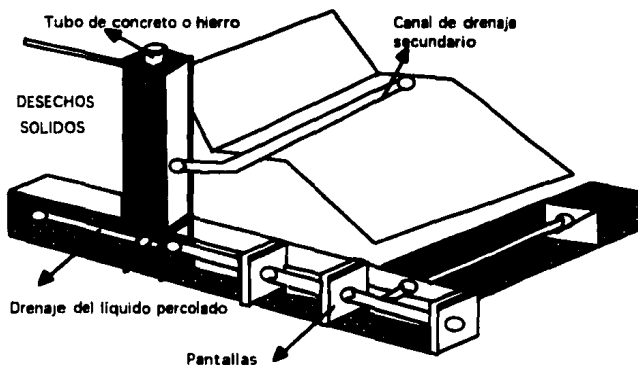


Fig. No.5.3.6. Interconexión de los sistemas de drenaje

(113) JARAMILLO, Jorge. *Op. cit.*, págs. 25-26

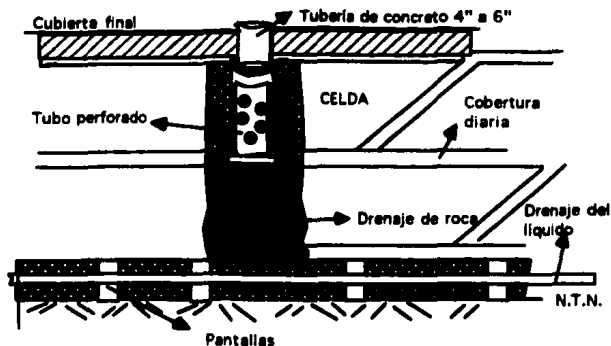


Fig. No. 5.3.7. Captación de Biogás

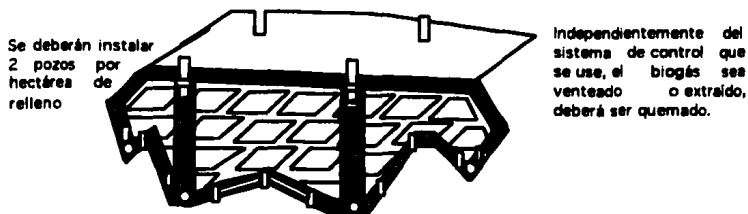


Fig. No. 5.3.8. Distribución de chimeneas

5.3.6. Diseño de una celda.

Los elementos de una celda son : la altura, el largo, el ancho, la pendiente de taludes laterales y espesores.

El ancho mínimo es de 2 a 2.5 veces el largo de la cuchilla de la maquinaria.

En la siguiente tabla se dan los valores del ancho mínimo recomendado:

Cantidad (TON) que ingresan	Potencia (HP)			(m)	(m)
	Traxcavo	Bulldozer	Cargador nuevo	Longitud de las cuchillas	Ancho mínimo de las celdas
20-50	<a 70	<a 80	<a 100	hasta 4.0	8.0
50-130	70-100	80-110	100-120	hasta 5.5	10
130-250	100-130	110-150	120-150	hasta 6.5	12
250-500	130-190	150-180	150-190	hasta 7.5	15

El talud recomendado es de un máximo de uno a tres metros.

Se recomiendan espesores compactados de tierra que oscilen entre 15 a 20 cm entre celdas y de 60 cm la capa final.



i).- Descarga de los desechos sólidos en el frente de trabajo



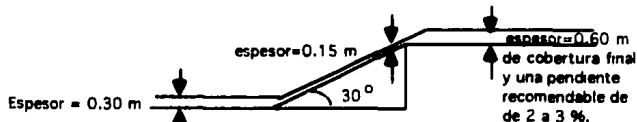
ii).- Esparcir con el equipo en capas de 60 cm aproximadamente.



iii).- Compactar cada capa pesando el equipo de 2 a 4 veces.



iv).- El material de cubierta es empujado de arriba hacia abajo.



iv).- Y se compacta el material de cubierta para formar la celda.

Fig. 5.3.9. Etapas en el diseño de una celda

5.3.6.1. Diseño de franjas

Se llaman franjas al conjunto de celdas del relleno sanitario que se encuentra en una misma capa o nivel.

Cada celda del relleno se unirá con la celda del día siguiente y esta a su vez con la del tercer día (así sucesivamente hasta formar celdas llamadas franjas).

Deben contener:(114)

- ▶ Caminos de acceso
- ▶ Drenajes

5.3.6.2. Diseño de capas

Es el conjunto de celdas que ocupan un mismo nivel de relleno; las celdas se unen unas a otras para formar franjas y estas al irse juntando forman la capa.

Es necesario contar con:(115)

- ▶ Altura disponible del relleno sanitario
- ▶ Ubicación
- ▶ Calendarización
- ▶ Pendiente de 1 a 2 % (Por lluvia)
- ▶ Se enumeran de abajo hacia arriba

5.3.6.3. Material de cobertura

El material para cobertura que cumple es la arcilla que puede ser algún tipo de tepetate con capas de 25 cm de espesor, impide:

(114) MEXICO.,Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología.Tomo II,Op. Cit.,hoja 230

(115) Ibid.,hoja 232

- ▶ Fauna nociva
- ▶ Malos olores

Existe:

- ▶ Control de incendios
- ▶ Control de entrada y salida de agua

Se debe controlar la emanación de gases, estos gases pueden ser bloqueados o ventilados a través de material de cobertura.

El material de cobertura puede ser :(116)

Grava	De buena graduación	contiene 10-15 % de arena	Y 5 % o más de partículas finas.
Arena	De buena graduación	< a 3 % de partículas finas	Permite una buena compactación

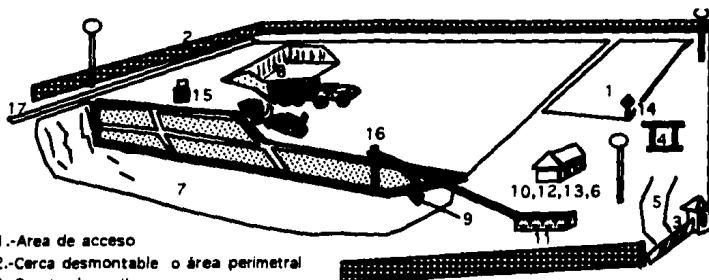
5.3.7. Obras complementarias en la construcción de un relleno sanitario.

La unidad de todo relleno sanitario es la celda diaria en donde se esparce y compactan los desechos o residuos sólidos durante un día, al final del mismo son cubiertos con una capa de algún material, que en caso de ser suelo también se compacta.

El funcionamiento de esta celda requiere de instalaciones complementarias para su operación ambiental segura, es cuando al sitio de disposición final se le reconoce como relleno sanitario, como se muestra en la siguiente figura:(117)

(116) ibid., págs. 236-243

(117) De la secretaría de ecología. pág. 240



- 1.-Área de acceso
- 2.-Cerca desmontable o área perimetral
- 3.-Caseta de vigilancia
- 4.-Caseta de pesaje y básculas
- 5.-Caminos permanentes
- 6.-Energía eléctrica
- 7.-Área de emergencia de disposición final
- 8.-Área de amortiguamiento
- 9.- Sistema de impermeabilización
- 10.-Área administrativa
- 11.-Pozos de monitoreo de lixiviados
- 12.-Servicios sanitarios
- 13.-Almacén y cobertizo
- 14.-Señalamientos fijos y móviles
- 15.-Sistema de monitoreo de biogás
- 16.-Sistema de captación y tratamiento de lixiviados
- 17.- Drenajes perimetrales interiores.

Fig No.5.3.10. Instalaciones en un relleno sanitario.

5.3.7.1. Control de acceso, pesaje y tráfico.

En la siguiente tabla se observa el sistema de cada uno :(118)

* -	Acceso	-	Entrada principal durante los días y horas de trabajo de 8:00 a 17:00 horas.
		-	Únicamente municipal (sin aceptar desechos industriales y de hospitales)
		-	Registro de entrada
* -	Pesaje	-	Registrar el peso (restando el peso del vehículo de entrada menos el peso del vehículo de salida)
		-	También pesar vehículos con subproductos recuperados
* -	Tráfico	-	Velocidad máxima de 30 km/hr (dentro del relleno sanitario).

(118) *Ibid.*, pág. 244-246

5.3.7.2. Medidas preventivas contra polvos, olores e incendios.

Es necesario tomar medidas de control dentro del relleno sanitario con el fin de evitar riesgos y molestias por olores, polvos e incendios.

En la siguiente tabla se muestran estas medidas:⁽¹¹⁹⁾

* -	Polvos	-	Se utilizan riegos periódicos con agua o aceite (quemado con cloruro de sodio).
* -	Olores	-	Se recubre con tierra inmediatamente de la disposición de los desechos sólidos
		-	Se deben de tapar las grietas con tierra
		-	Eliminar los charcos superficiales
		-	Aspersar los desechos con desodorante (ortodicorebencina) dosificación de 125 partes por cada 50 lts de H ₂ O, si fuera posible.
* -	Incendios	-	Se presentan en desechos recién depositados, evitadas con :
		i).-	Descarga descuidada de escorias calientes.
		ii).-	Ignición espontánea.
		iii).-	Incendio provocado
		-	Materiales inertes (gravas, arenas y tierra).
		-	Se excava si el siniestro fue profundo, hasta controlarlo con material de cobertura

5.3.7.3. Pozos de monitoreo

Se contara con pozos de monitoreo de lixiviados (Cuando el nivel de aguas freáticas este a menos de 25 metros) y pozos de monitoreo de biogás (Cuando fué construido el relleno en oquedades, barrancas, depresiones, zanjas, etc.),⁽¹²⁰⁾

(119) ibid., Págs. 250-251

(120) ibid., Pág. 253

Monitoreo de lixiviados

Consta de por lo menos dos pozos, que se situen en dirección de flujo de las aguas subterráneas.⁽¹²¹⁾

-	Construido con equipo rotatorio
-	Se coloca una tubería metálica de 0.10 m de diámetro perforado en toda su longitud.
-	El área de las paredes de los pozos y tubería se llenan con grava y su diámetro no será menor de 0.19 mm. (3/4")
-	Los pozos constan con un registro o tapa metálica para evitar su taponeo y deterioro.
-	Se analiza el agua extraída, calidad y contaminación por lixiviación.
-	Será el monitoreo periódico al iniciar el relleno sanitario y sistemática cada 6 meses.

Monitoreo de biogás

Los sistemas de monitoreo de biogás es con el fin de evitar el contacto directo de los desechos sólidos con las paredes, en las cuáles se puede presentar la migración de biogás en forma horizontal.

5.3.8. Visita final del relleno sanitario.

Concluido el Relleno Sanitario se siguen los siguientes pasos:⁽¹²²⁾

i).-	Se retira el cercado perimetral
ii).-	Demoler las casetas de vigilancia y pesaje
iii).-	El uso final debe contemplarse como área verde o una zona recreativa.
iv).-	Para evitar el impacto negativo, se contempla la terminación de una colina postiza.

(121) ibid., hoja 254

(122) ibid., hoja 258

CAPITULO VI

LA EDUCACION AMBIENTAL ENFOCADA A LA GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS.

6.1.Generalidades

En el país, la falta de una educación ambiental individual y colectiva, se refleja en el grado de generación de los desechos sólidos, de cada municipio de una entidad. Se puede verificar desde el propio hogar, donde los desechos sólidos presentan una mezcla de desechos orgánicos e inorgánicos. Si la recolección pública es deficiente, esto impulsa a ciertos sectores de la población en formar sus propios tiraderos clandestinos en las esquinas de una calle, en una alcantarilla o en un lote baldío.

Se prefiere tirar clandestinamente que pagar en ocasiones al servicio particular.

Aún si existiera una recolección eficiente y gratuita, la falta de conciencia ambiental persistiría, lo demuestran las carreteras federales o centros vacacionales, donde se plagan de desechos sólidos en las orillas de los caminos, en los bosques y en los ríos principalmente, en espera que exista una autoridad de limpia correspondiente a la zona o simplemente que la naturaleza se encargue de eliminar estas suciedades.

Lo anterior sucede tanto con gente de grandes centros poblacionales como las de provincia.

La falta de conciencia ambiental individual ocasiona una generación de desechos sólidos combinada, en forma colectiva representa un problema a la autoridad competente, que ve aumentar esta generación y escacear los sitios destinados para disposición final.

Aquí la comunidad y autoridad podrían dar una solución a esta situación actual, siempre y cuando exista una cooperación mutua.

6.2. Antecedentes de la educación ambiental en México.

La evolución de la educación ambiental en México, es reciente. La creación de una Dirección de Educación Ambiental en 1983, en el seno de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), constituyó uno de los elementos que han permitido fortalecer las orientaciones generales para el desarrollo de la educación ambiental en México.

La transformación de la SEDUE en la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), en 1992, y la creación de uno de sus órganos desconcentrados: el Instituto Nacional de Ecología (INE), ha dado lugar a que las actividades de educación y capacitación ambiental formen parte principalmente de las atribuciones de la Dirección General de Investigación y Desarrollo Tecnológico.⁽¹²³⁾

En 1992 la Secretaría de Ecología del Estado de México, firmó el Programa Metropolitano de Gestión de Residuos Sólidos, que consistía en sanear la crítica situación en que se encontraban operando los tiraderos. Es de notar que sólo se cumple con asesorar a los Ayuntamientos y no de promover una educación ambiental a la población.

Toca por lo tanto al H. Ayuntamiento de orientar a la población y promover una educación ambiental, para lograrlo necesitará conocer la zona y a las personas que la difundirán dentro del Municipio

6.2.1. Base de una educación ambiental en materia de desechos sólidos.

Si en Ecatepec se desea realizar una educación ambiental, confiable, económica y a corto plazo, la base debe estar sustentada a partir de:

- ▶ De enfoques apropiados a las características y necesidades existentes.**

(123) MEXICO., Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente., op.cit., págs. 286-287

- **Contar con una organización que establezca los seguimientos.**
- **Y disponer de un medio de comunicación y difusión en forma práctica.**

Por ejemplo: en Cuatitlán Izcalli, un grupo de personas, intentaron dar una solución a la generación de desechos sólidos de ese municipio.

En su inicio de actividades el grupo realizó propuestas, contó con una organización y optimizó sus recursos al transmitir su mensaje.

La organización fue buena, ubicaron sitios estratégicos para difundir su información y concientizar a un sector poblacional. El lenguaje informativo fue el oral y visual (con fotografías), en un tianguis.

Se les invito a colaborar en la previa separación de los desechos y depositarlos en áreas marcadas por este grupo. Este sector poblacional respondió a sus peticiones en un par de meses.

El grupo deseaba realizar composta como tratamiento de los desechos sólidos, sin embargo a mediano y largo plazo, los costos, mano de obra y volumen aumentaban considerablemente; el transporte vehicular del municipio fue insuficiente en la recolección de los desechos por separado. Su error fue ignorar un enfoque apropiado a las características y necesidades existentes y no cumplieron sus objetivos al ser sobrepasados en sus gastos.

La idea del pretratamiento es buena siempre y cuando se cuente con los recursos y la infraestructura adecuados a la economía de un Ayuntamiento.

En Ecatepec el problema de un sitio de disposición final radica en las mezclas de los desechos que ingresan en el, como se ha mencionado la recuperación de un subproducto es importante si se encuentra limpio, así su índice de aceptación es mayor cuando se reusa o recicla.

La población debe primero diferenciar un desechos orgánico y un desecho inorgánico, por lo que debe ser informada.

Esta educación puede transmitirse por medio de los operadores de los vehículos particulares y los vehículos públicos en la recolección, en un lenguaje oral.

Si el H. Ayuntamiento aconseja a los particulares de esta práctica, es probable que acaparen más subproductos limpios al formar para ellos un ingreso más, si se les proporciona las direcciones de centros de acopio dentro del Municipio. En el caso de los vehículos públicos, sería diferente por tener su propio horario, y sólo se les aconsejaría acomodar los subproductos y materia orgánica en forma estratégica en el vehículo y evitar la contaminación, y en el sitio de disposición final esparcir cada desechos por separado en un área destinada para pepenadores y ellos rescaten los subproductos que más convengan

6.2.1.1. Educación ambiental en sitios de afluencia poblacional.

El tipo de lenguaje, es la clave en una buena educación ambiental, si la información se difunde con un lenguaje escrito, oral, pictográfico, mimico o visual, esta debe ser relativa a la dificultad de recuperación de desechos sólidos combinados en las etapas del manejo, tratamiento y la disposición final. Y a la fluidez de recuperación de un subproducto limpio de materia orgánica, dando como consecuencia eficiencia en estas etapas.

Los centros de mayor afluencia poblacional son principalmente los grandes comercios, tanto ambulantes como fijos, de igual manera se deben considerar a los sitios de reunión y de labor como son los hospitales, fabricas, oficinas, escuelas, etc.

6.2.1.2. Educación ambiental en centros educativos.

'El INE desde 1993 promueve en las Instituciones de Educación Técnica y Superior la apertura de opciones profesionales y especialidades ambientales, así como la incorporación de la dimensión ambiental en las carreras tradicionales. Asimismo la capacitación de los maestros y el establecimiento de condiciones apropiadas para la instrumentación de la educación ambiental en el nivel básico.'⁽¹²⁴⁾

En el nivel básico se aporta en los libros de texto la información necesaria en la preservación del ambiente con los distintos temas.

(124) Idem,pág.288

Realizan ensayos a través de la instalación de contenedores con las siglas de : "orgánico" e "inorgánico" dentro de planteles de nivel medio y superior. Y observan el grado de aceptación ambiental en un periodo de tiempo.

6.3. Los sistemas de tratamiento en la educación ambiental individual y colectivamente.

Resulta lógico que es preferible una educación ambiental colectiva que una educación individual. En colectividad se disminuye en mayor porcentaje, la generación de desechos sólidos y en forma individual en menor porcentaje.

Pero se debe considerar que si el sistema de tratamiento empleado en forma individual, reúne situaciones de eficiencia, tiempo y recursos, es posible que la disminución de la generación sea importante.



Fig. no.6.3.1 Protección de árboles con neumáticos

Los sistemas de tratamiento recomendables, tanto en forma individual como colectiva, son el reciclaje o reuso y la elaboración de composta en el hogar. Esta educación es a corto, mediano y largo plazo. Si se logra consolidar lo anterior, disminuirá considerablemente la generación de desechos sólidos de el sitio de disposición final.

6.3.1.Sistema de tratamiento del desechos sólido en la educación ambiental individual.

Para producir menos basura en forma individual es necesario reducir, reciclar o reusar. La separación de basura es indispensable.

Debe observarse primero, que desecho o basura se produce más en el hogar relativo a materia orgánica, desechos metálicos, vidrio, plástico y papel o cartón.

'Si los desechos son papel y cartón, una vez que el cesto este lleno y la acumulación sea considerable, debe llevarse a un centro de acopio, donde se encargarán que finalmente se recicle.

El vidrio, también se puede vender y reciclar.

Los desechos metálicos (latas, clavos, tornillos, láminas). Se pueden reciclar.

La energía que requiere reciclar una lata de aluminio es 90 % menor que la energía que requeriría producirla a partir de materia prima virgen. La energía que se emplea para producir una lata es suficiente para mantener encendido un televisor durante 3 horas.

Si es plástico, vale la pena hacer hincapié en que muchos plásticos no son reciclables, además de que no son biodegradables. Por ello, se debe de evitar al máximo utilizar productos de este material.⁽¹²⁵⁾

La basura puede transformarse en un recurso útil si se sabe procesar. Los desperdicios orgánicos (comida, huesos, cáscaras, etc.) se procesan de tal manera que se conviertan en composta para fertilizar los huertos, hortalizas y plantas el hogar.

'Para convertir la basura orgánica en fertilizante es necesario hacer un hoyo de composta y seguir los siguientes pasos:

i).-	Tener en la cocina un bote exclusivamente para la basura orgánica (cáscaras, huesos, semillas, etc.)
ii).-	Hacer un hoyo de 60 centímetros de largo por 60 centímetros de ancho y un metro de profundidad.
iii).-	Cada vez que se vacíe la basura orgánica en el hoyo hay que tajarla con una palada de tierra, así se evitan malos olores.
iv).-	Rociar un poco de agua para mantener húmeda la composta del hoyo, pero no demasiado.
v).-	Hacer agujeros en la composta de vez en cuando para que entre aire, porque el hoyo tardará entre 3 y 6 meses en llenarse. Se aclara que la composta se hace menos voluminosa.
vi).-	Sacar la composta del hoyo una vez que esté lleno. Pero se debe de apartar los primeros 20 cm. de basura composta porque está aún no estará lista.

(125) CREMOUX, Raúl. op.cit., pág 123

vii).-	Sacar el resto para abonar las hortalizas, los árboles o las plantas cultivadas en el jardín. Los 20 cm. que estaban arriba se vuelven a vaciar al hoyo para empezar a llenarlo de nuevo.
viii).-	<p>Si no se tiene un lugar apropiado dónde hacer el hoyo, se puede emplear un tambo</p> <p>Se hacen agujeros en el fondo del tambo, se agregan 10 cm de tierra húmeda, o composta ya hecha y se ponen, si se pueden encontrar lombrices de tierra; posteriormente se vacía, diariamente o cada tercer día, la basura orgánica, luego se añade un poco de tierra y finalmente se tapa el tambo.</p> <p>La composta hogareña es parecida a la tierra de monte, fresca y húmeda; nunca quema las plantas, contiene gran número de nutrientes y bastante humus, lo cual hace que la tierra sea suave y fácil de labrar, cuando llueve no se forman charcos, ya que la materia orgánica absorbe rápidamente el agua.</p>



fig No.i

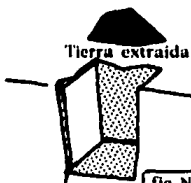


fig No.ii

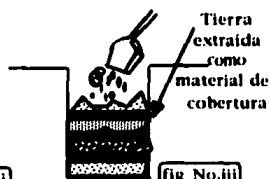


fig No.iii

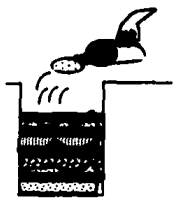


fig No.iv

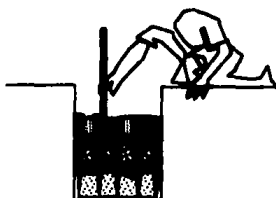


fig No.v



fig No.vi

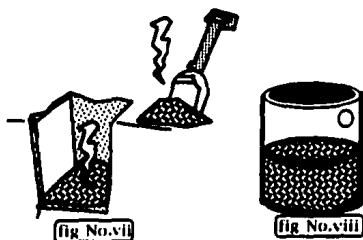


Fig.No.6.3.2 Secuencia del sistema de tratamiento de Composta doméstica

Para la reducción de desechos solidos⁽¹²⁶⁾ , si lo anterior no es posible llevarlo a cabo por falta de espacio, individualmente se puede ayudar en lo siguiente:⁽¹²⁷⁾

i).-	Enjuagar y aplastar los recipientes, como el de la leche, reduce cinco veces el volumen de la basura y facilita su manejo
ii).-	Comprar los productos no perecederos a granel o en la presentación más grande. Cualquier producto en tamaño familiar representa un ahorro por ser más barato.
iii).-	Preferir los productos en envase retornable. Las botellas de vidrio deben de preferirse a las de plástico, pues se pueden volver a usar. Y por que, cualquier tipo de vidrio puede reciclarse industrialmente, no así todo tipo de plástico.
iv).-	Procurar el uso de vasos de cristal, platos de loza y servilletas de tela en lugar de desechables. En la cocina, usar trapos para secar o limpiar en lugar de toallas de papel absorbente
v).-	Rechazar hasta donde sea posible, los empaques excesivos. Por ejemplo los juguetes que algunas veces el volumen de la caja se triplica al del producto.

(126) GACETA IMP Organo Informativo Interno.No. 63.,pág. 1

(127) GACETA IMP Organo Informativo Interno.No. 69.,págs. 12-13

6.3.2. La educación ambiental colectiva en base a sistemas de tratamiento de desechos sólidos.

Como regla general para una ayuda en conjunto, es la de evitar la compra de productos desechables, porque los productos más duraderos resultan a largo plazo más económico y generan menos basura. Por ejemplo :

i).-	Evitar al máximo el uso de pañales desechables. Además del gasto que representan, los pañales tardan más de 500 años en descomponerse.
ii).-	Aprovechar al máximo las dos caras de todo tipo de papel. El papel usado por una cara puede servir por el reverso para borradores o trabajos en sucio. Si se recorta, sirve para recados, listas del mercado, recordatorios y demás.
iii).-	Usar bolsas o canastas para ir al mercado, evita el consumo de bolsas de plástico, que por lo general se tiran de inmediato al basurero.

El empaque casi nunca es necesario. Sin embargo es decisión del consumidor, lo que se compra.

El producir composta, en forma individual es necesario, pero aún más importante será, si se generaliza en conjunto.

No tiene sentido la separación de la basura de acuerdo a su clase si no hay quien la aproveche. Si todos cooperan en cada colonia, puede haber un negocio que viva de comprar papel, vidrio y latas para ser reciclados.

Aquí el H. ayuntamiento debe de orientar y capacitar a jefes de manzana en materia de desechos sólidos. Estos a su vez deben de organizar una plática con sus vecinos, padres de familia, alumnos, y maestros de escuela para instalar un centro de acopio de subproductos, en la colonia.

Además de ayudar al medio ambiente vendiendo los subproductos clasificados, obtienen un ingreso económico con la finalidad de mejoras al barrio o en la escuela.

La generación de desechos sólidos disminuirá si se tiene mayor eco y aceptación en la previa separación y reciclamiento en forma conjunta.

De este modo podría eliminarse a mediano o largo plazo la pepena en los sitios de disposición final y se facilitarían los trabajos realizados en él.

6.3.3. La participación industrial.

La participación industrial en el rescate de subproductos de diverso índole, ha estado presente por medio de promociones y en la que participa la población en general. Al terminar esta promoción la mayoría del público simplemente olvida y vuelve a la rutina de eliminación de desechos que conocen.

Lo que observaron de estos subproductos dentro la promoción, fueron los símbolos del recicla o el de deposita en un cesto.

Sin embargo, se ha observado que el sistema empleado funciona en cierta medida, y actualmente existe mayor recuperación de diversos tipos de subproductos.

Aquí se aconsejaría que a estos símbolos se les añadiera la palabra envase o envoltura inorgánico/a, y así el público comprendería mejor la diferencia de un subproducto a un producto, de lo orgánico a lo inorgánico cuando se diera un mensaje educativo relativo a desechos sólidos.

CONCLUSIONES

En los Municipios del Estado de México, ha dado el inicio en la operación de un sitio de disposición final como relleno sanitario, actualmente es sólo semejanza como tal , por lo que se le llamó relleno semi-controlado y será hasta un periodo a largo plazo en que se alcancen los objetivos e infraestructura necesaria que solvente este sistema.

Para lograr este fin, es indispensable la continuidad del personal tanto en gabinete como en campo y contar con suficiente material estadístico confiable de la generación de los distintos desechos sólidos, su comportamiento en los niveles socioeconómicos y su recuperación antes de la recolección, durante la recolección y en el sitio de disposición final.

La información recabada determinará, si es conveniente y necesaria una infraestructura propia o conjunta de un sistema de tratamiento previo al sitio de disposición final. Y en la construcción de una planta de tratamiento de lixiviados, que evite el excedente de concentraciones contaminantes generados dentro del sitio.

Respecto a un posible abundamiento o a un asentamiento del suelo en el sitio de disposición final, es improbable, siendo que en Mécanica de suelos un lecho rocoso básaltico es una de las mejores cimentaciones de soporte. Respecto al volumen depositado disminuirá conforme pase el tiempo en el que se biodegraden los desechos orgánicos contenidos dentro de este.

Es posible que el Proyecto de Norma vigente, presente modificaciones más estrictas y más completas, referente a terminología, diseño y operación en un relleno sanitario.

Finalmente, la participación de la población en la previa separación del desecho sólido, facilitará la disminución de la generación, al recuperarse más subproductos. Y porque el mejor relleno sanitario es el que contiene desechos separados.

ANEXOS

CAPITULO III

Prevención y Control de la Contaminación del Suelo

ANEXO 1 (LEYES)

ARTICULO 134.—Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios:

I. Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación del suelo;

II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos;

III. Es necesario racionalizar la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; e incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje; y

IV. La utilización de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas debe ser compatible con el equilibrio de los ecosistemas.

ARTICULO 135.—Los criterios para prevenir y controlar la contaminación del suelo se considerarán, en los siguientes casos:

I. La ordenación y regulación del desarrollo urbano;

II. La operación de los sistemas de limpieza y de disposición final de residuos municipales en rellenos sanitarios;

III. Las autorizaciones para la instalación y operación de confinamientos o depósitos de residuos; y

IV. El otorgamiento de todo tipo de autorizaciones para la fabricación, importación, utilización y en general la realización de actividades relacionadas con plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.

ARTICULO 136.—Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltran en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

I. La contaminación del suelo;

II. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos;

III. Las alteraciones en el suelo que alteren su aprovechamiento, uso o explotación; y

IV. Riesgos y problemas de salud.

ARTICULO 137.—Queda sujeto a la autorización de los gobiernos de los estados o, en su caso, de los municipios, con arreglo a las normas técnicas ecológicas que para tal efecto expida la Secretaría, el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales. Los materiales y residuos peligrosos se sujetarán a lo dispuesto en el Capítulo V de este mismo Título.

ARTICULO 138.—La Secretaría promoverá la celebración de acuerdos de coordinación y asesoría con los gobiernos estatales y municipales para:

I. La implantación y mejoramiento de sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales; y

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

ARTICULO 139.—Toda descarga, depósito o infiltración de sustancias o materiales contaminantes en los suelos se sujetará a lo que disponga esta Ley, sus disposiciones reglamentarias y las normas técnicas ecológicas que para tal efecto se expidan.

ARTICULO 140.—Los procesos industriales que generen residuos de lenta degradación se llevarán a cabo con arreglo a lo que disponga el reglamento correspondiente.

ARTICULO 141.—La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial promoverá la fabricación y utilización de empaques y envases para todo tipo de productos cuyos materiales permitan reducir la generación de residuos sólidos.

ARTICULO 142.—En ningún caso podrá autorizarse la importación de residuos para su derrame, depósito, confinamiento, almacenamiento, incineración o cualquier tratamiento para su destrucción o disposición final en el territorio nacional o en las zonas en las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Las autorizaciones para el tránsito por el territorio nacional de residuos no peligrosos con destino a otra nación, sólo podrán otorgarse cuando exista previo consentimiento de ésta.

CAPITULO IV

Actividades Consideradas como Riesgosas

ARTICULO 143.—Los plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, quedarán sujetos a las normas oficiales mexicanas y a las normas técnicas que expidan en forma coordinada la Secretaría y las Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Salud y de Comercio y Fomento Industrial, para evitar que se causen desequilibrios ecológicos. El reglamento de esta Ley establecerá la regulación, que dentro del mismo marco de coordinación deba observarse en actividades relacionadas con dichas sustancias o productos, incluyendo la disposición final de sus residuos, empaques y envases vacíos, medidas para evitar efectos adversos en los ecosistemas y los procedimientos para el otorgamiento de las autorizaciones correspondientes.

ARTICULO 144.—Atendiendo a lo dispuesto por la presente Ley, la de Sanidad Fitopecuaria de los Estados Unidos Mexicanos y las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables, la Secretaría coordinadamente con las Secretarías de Salud, de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de Comercio y Fomento Industrial participara en el examen de las tarifas arancelarias relativas a importación o exportación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas. No podrán otorgarse autorizaciones para la importación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas cuando su uso no este permitido en el país en el que se hayan elaborado o fabricado.

La Secretaría promoverá ante las autoridades competentes el establecimiento de requisitos especiales para la fabricación en el país de dichas sustancias y productos, cuando su uso pueda causar desequilibrios ecológicos.

ARTICULO 145.—La Secretaría promoverá que en la determinación de los usos del suelo se especifiquen las zonas en las que se permita el establecimiento de industrias, comercios o servicios considerados riesgosos por la gravedad de los efectos que puedan generar en los ecosistemas o en el ambiente, tomándose en consideración:

I. Las condiciones topográficas, meteorológicas y climatológicas de las zonas;

II. Su proximidad a centros de población, previendo las tendencias de expansión del respectivo asentamiento y la creación de nuevos asentamientos;

III. Los impactos que tendría un posible evento extraordinario de la industria, comercio o servicio de que se trate, sobre los centros de población y sobre los recursos naturales;

IV. La compatibilidad con otras actividades de las zonas.

V. La infraestructura existente y necesaria para la atención de emergencias ecológicas; y

VI. La infraestructura para la dotación de servicios básicos.

ARTICULO 146.—La Secretaría de Gobernación y la Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Agricultura y Recursos Hidráulicos y del Trabajo y Previsión Social, determinaran y publicaran en el *Diario Oficial* de la Federación los listados de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas, para efecto de lo establecido en la presente Ley.

ARTICULO 147.—La realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se llevara a cabo en apego a lo dispuesto por esta Ley, las disposiciones reglamentarias que de ella emanen y las normas técnicas de seguridad y operación que expidan, en forma coordinada, la Secretaría y las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud y del Trabajo y Previsión Social. Para tal fin, en aquellos establecimientos en los que se realicen actividades consideradas altamente riesgosas, deberán incorporarse los equipos e instalaciones que correspondan con arreglo a las normas técnicas que se expidan.

Capítulo III

Prevención y Control de la Contaminación del Suelo

Artículo 55.- Para prevenir, restaurar y controlar la contaminación del suelo, quedan sujetos a la normatividad aplicable los residuos:

- I. Sólidos de origen doméstico, comercial y de servicios;
- II. Hospitalarios nopeligrosos;
- III. De origen industrial;
- IV. De origen agropecuario, y
- V. De agroquímicos.

Artículo 56.- Para la prevención, restauración y control de la contaminación del suelo, la autoridad correspondiente normará:

- I. La racionalización de la generación de residuos sólidos;
- II. La separación de los residuos sólidos, para facilitar su reuso y/o reciclaje;
- III. Los sistemas de manejo y disposición final de los residuos sólidos en los centros de población;
- IV. El uso de agroquímicos, y
- V. Las descargas de aguas residuales.

Artículo 57.- El Ejecutivo del Estado, por conducto de la autoridad competente, asesorará a los Ayuntamientos para implantar o mejorar sistemas de manejo y disposición final de residuos sólidos municipales.

Artículo 58.- En el Bando Municipal y sus Reglamentos, los Ayuntamientos dictarán medidas para evitar el depósito o la quema de residuos sólidos en bienes de uso común, caminos, carreteras, derecho de vía, lotes baldíos, así como en cuerpos y corrientes de agua.

Artículo 59.- El manejo y la disposición final de los residuos de origen industrial, comercial, de servicios y agropecuario, estarán sujetos a la autorización correspondiente y a la normatividad aplicable.

ANEXO 2

(PROYECTO DE NORMA Y COMPLEMENTO)

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 Etba 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-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, mangs, 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 (diáclases), 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 éstas por el coeficiente de permeabilidad de 1×10^{-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 con 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.1 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 cumple 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 federativa 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 Slander 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, Gran Praire, Texas.
- 9.9 Polyfelt Ts. Chemis Linz (Manual de diseño y Práctica).
- 9.10 Hazardous Waste Engineering Research Laboratory. U.S. Enviromental Protection Agency.
- 9.11 Geosynthetic Designn Guidance for Hazardous Waste Landfill Cells and Surface Impoundments. Cincinnati, Ohio Soil 6 Matena Engineers, Inc.
- 9.12 Dura-flex. An Innovation for the Environmental Containment Industry. Grand Praire, Texas. Yazdani G. and Noberst J.
- 9.13 Manual de Manejo de Desechos Sólidos Caterpillar Caterpillar.
- 9.14 Guía de Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios. Manuales de Organización Panamericana de la Salud Jorge Jaramillo 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 caída de control 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 del 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 sirvieran 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 - Rubrica.

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 la 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 como 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.

3.6 Peso volumétrico

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

3.8 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 a partir 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 el predio en dos áreas aproximadamente iguales, debiendo definirse ejes paralelos a cada 50 m., mismos que deben sectionarse 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	DETERMINACIÓN 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	GEL PARA DISEÑO DE LA CELDA DIARIA 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 despiante. 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:

$$U = V / (365 GI)$$

Donde:

U = Vida útil del relleno sanitario, expresado en años.

V = Volumen del sitio seleccionado, expresado en M3.

GI = 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 requiendo

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_i = Ancho de la hoja topadora de cada una de las máquinas que se utilizarán simultáneamente, expresado en metros.

n = 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 M³.

W = Ancho de la celda, expresado en metros.

A = Altura de la celda, expresado en metros.

9.2.4 Con base al método de áreas 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 al máximo el terreno.

IV. El talud de la celda diaria tendrá una relación de 1:3 ángulo de 16°.

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 MIL	50 MIL	50 001 A 200 MIL	200 MIL A 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 y 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 hilos de 1.50 m. de alto, apartir del nivel del suelo con postes de concreto o tubos galvanizados, debidamente empotrados y colocados a cada 3 m entre sí, para poblaciones de hasta 500,000 habitantes, y como mínimo con maya 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 M2 y deberá instalarse a la entrada del 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 M2 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 apearse 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 necesario la colocación de la carpeta asfáltica, esta superficie de rodamiento deberá estar sobre el nivel de despalle, mismo 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 la 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 prueba 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					
CARACTERÍSTICAS	PLANO ONDULADO	Y MONTAÑOSO	MUY ACCIDENTADO	PLANO Y ONDULADO	ACCIDENTADO
VEL DE DISEÑO EN KM/H	60	40	30	40	25
GRADO MÁXIMO	11 00'	24 30'	44 00'	23 00'	57 00'
RADIO MÍNIMO (m)	105	47	26	50	20
ANCHO DE CORDONA (m)	6	6	6	4	4
PENDIENTE MÁXIMA (%)	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 bardo 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 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 Burkhleziégler.

Fórmula del método racional americano

$$Q = \frac{C_i A}{0.36}$$

Donde:

Q = Gasto máximo expresado en L/seg.

C = Coeficiente de escurrimiento

i = Intensidad de lluvia máxima horaria promedio, expresado en mm/hr.

A = Área por drenar expresado en ha.

0.36 = Factor de conversión
Fórmula de Burkhleziégler

$$Q = 27.78 C_i S^{1/4} A^{3/4}$$

Donde:

Q = Gasto máximo expresado en L/seg.

- C = Coeficiente de escorrentamiento (sin dimensiones)
i = Intensidad de lluvia máxima horaria promedio, expresado en mm/hr.
S = Pendiente del terreno expresado en milésimas
A = Área por drenar expresado en ha.
27.76 = 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 Calles 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 1×10^{-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 1×10^{-6} m/seg para espesores de 0.3 m. o bien una transmisibilidad hidráulica de 3×10^{-6} M2 / 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 chimeneas, 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 hectarea de relleno.

24.3 Independientemente del sistema de control que se use, el biogás que sea ventado 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 oquedades, 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.

Estos se construirán con una separación máxima de 50 m entre pozo y pozo y a una distancia mínima de 2 m del límite de los residuos sólidos. La profundidad máxima será igual al espesor de residuos sólidos más un metro.

26. AREA DE AMORTIGUAMIENTO

26.1 El área de amortiguamiento deberá diseñarse y construirse en un espacio perimetral que fluctúe entre 15 y 30 m.

26.2 Esta franja deberá estar forestada con especies vegetales que reduzcan la salida de polvos, ruido, y materiales ligeros durante la operación.

27. ALMACEN Y COBERTIZO

Se deberá construir un cobertizo para guardar equipo, herramienta, materiales que sean de uso para el relleno, el tamaño dependerá del equipo que se disponga, camionetas, tractavos y deberá tener en el frente un patio de maniobras lo suficientemente grande, para poder recibir vehículos que vengan a descargar materiales al almacén.

28. AREA ADMINISTRATIVA

El área administrativa deberá contar con el espacio suficiente para la instalación de las oficinas respectivas, así como el mobiliario y equipo que se requiera.

29. SERVICIOS SANITARIOS

Los servicios sanitarios se instalarán conforme a los requisitos que establezcan las disposiciones legales aplicables.

30. VIGILANCIA

Los gobiernos del Distrito Federal, de los Estados y municipios en sus respectivas jurisdicciones, son la autoridad competente para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

31. 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 y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

32. BIBLIOGRAFIA

- 32.1 Manual del relleno sanitario SEDUE, Subsecretaría de Ecología, 1984.
- 32.2 Manual de Hidráulica Azevedo Alvarez (Editorial Harla)
- 32.3 Mecánica de suelos E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez (1970).
- 32.4 Sanitary Landfill Design and Operación Dr. Brunner & D.J. Keller, U.S.E.P.A. 1971.
- 32.5 Buranek, D. (1987), "Construcción Guide Liners", Civil Engineering, Nov. 1987
- 32.6 EPA Liners Workshop for Region VI and State Permit Writers, Dallas, Texas Environmental Protección Agency (1985)
- 32.7 Standar Number 54 flexible Membrane Liners, Ann Arbor, Michigan, National Sanitation Fundation (1985).
- 32.8 Poly-America Inc. Reference Manual. An Engineering Approach to Groundwater Protección, Gran Prairie, Texas.
- 32.9 Polyfelt Ts. Chemie Linz (Manual de Diseño y Práctica).
- 32.10 Hazardous Waste Engineering Research Laboratory, U.S. Environmental protección Agency.
- 32.11 Geosynthetic Designing Guidance for Hazardous Waste Lanfill cells and Surface Impoundments. Cincinnati, Ohio, soil & materia Engginers, Inc.
- 32.12 Dura-flex. An Innovation for the Environmental Containmen Industry. Gran Prairie, Texas. Yazdani G. and Nober J.
- 32.13 Manual de manejo de desechos sólidos caterpillar.
- 32.14 Guia de Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios, Manuales Organización Panamericana de la Salud, Jorge Jaramillo y Francisco Zepeda (1991).
- 32.15 Practical Waster Management, John R. Holmes (1983) Editorial John Wiley & Sons.
- 32.16 Estudio de comportamiento de un relleno sanitario mediante una celda de control D.D.F. (1992).

33. VIGENCIA

La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

COMPLEMENTO

NORMA OFICIAL MEXICANA

NOM-AA-91-1987

CALIDAD DEL SUELO-TERMINOLOGIA.

1.- OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

La presente Norma Oficial Mexicana establece un marco de referencia en cuanto a los términos más empleados en el ámbito de la prevención y control de la contaminación del suelo, originada por residuos sólidos.

2.- REFERENCIAS.

Esta norma se complementa con la siguiente Norma Oficial Mexicana vigente:

NOM-AA-23 Protección al ambiente-Contaminación Atmosférica-Terminología.

3.- DEFINICIONES.

Estas se aplican a las Normas Oficiales Mexicanas clasificadas bajo el rubro de "Calidad del Suelo-Residuos sólidos".

3.1. Absorción.

Incorporación y fijación de una sustancia o forma de energía en el cuerpo de otra, cuando el fenómeno no se limita tan sólo a la superficie.

3.2. Acción microbiana

Proceso de degradación de la materia orgánica en los residuos sólidos, debido principalmente a bacterias y hongos, la cual se descompone a través de enzimas.

3.3. Adsorción

Operación en la que una determinada sustancia (adsorbato) se transfiere desde un fluido hasta la superficie de un sólido (adsorbente), cuyas paredes están en contacto con dicho fluido.

3.4. Agente tóxico.

Toda sustancia o mezcla de sustancias que ejercen una acción química, fisicoquímica o quimicobiológica nociva a los organismos vivos, que por contacto o por ingestión pueden causar hasta su muerte.

3.5. Aireación

Inclusión del aire de la atmósfera, por medios naturales o mecánicos, para la degradación por vía aerobia de todos aquellos residuos biodegradables.

3.6. Almacenamiento.

Acción de retener temporalmente los residuos, en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección, o se disponen

3.7. Biodegradable

Cualidad que tiene la materia de tipo orgánico, para ser metabolizada por medios biológicos.

3.8. Características biológicas

Contenido de organismos medido a través de indicadores, tales como números más probables (NMP), cuenta en placa, resultados de ensayos biológicos, y otros.

3.9. Carga contaminante

Cantidad de un determinado agente adverso al medio contenido en un residuo.

3.10. Ceniza

Residuo sólido resultante de la combustión de productos carbonáceos. Puede contener combustible parcialmente quemado aunque para fines analíticos se presupone una combustión completa.

3.11. Composteo

Proceso de descomposición bioquímica de los sustratos orgánicos de los residuos sólidos bajo condiciones controladas, para lograr su estabilización.

3.12. Contaminante

Toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera: agua, suelo, flora o fauna, o cualquier elemento ambiental, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad.

3.13. Confinamiento controlado.

Obra de ingeniería planeada y ejecutada previendo los efectos adversos al medio ambiente, para el almacenamiento o disposición final de los residuos peligrosos.

3.14. Contenedores

Recipientes utilizados para el almacenamiento de los residuos, contruidos de material resistente a la corrosión, al manejo rudo y de fácil limpieza.

3.15. Control de residuos

La vigilancia, inspección, y aplicación de medidas en los procesos de generación, almacenamiento, recolección y transporte, reuso, tratamiento, reciclaje y disposición final, con objeto de evitar daños al ambiente.

3.16. Cuantificación

Proceso mediante el cual se determina la proporción de cada uno de los componentes contenidos en los residuos sólidos.

3.17. Degradable

Cualidad que presentan determinadas sustancias o compuestos, para descomponerse gradualmente por medios físicos, químicos o biológicos.

3.18. Densidad

Masa o cantidad de materia de un determinado residuo, contenida en una unidad de volumen, en condiciones especificadas.

3.19. Disposición final

Ultima fase de control de los residuos sólidos consistente en colocarlos en determinados sitios de los cuales o serán removidos, con objeto de evitar daños al ambiente.

3.20. Ecosistema

Unidad básica de iteracción de los organismos vivos entre sí y con el ambiente, en un aspecto determinado.

3.21. Especimen

Cada una de las fracciones de material que se extraen de la muestra de residuos sólidos, suficiente para efectuar los análisis correspondientes.

3.22. Estación de transferencia

Obra de ingeniería, para transbordar los residuos sólidos de los vehículos de recolección a los transportes y conducirlos a los sitios de tratamiento o disposición final.

3.23. Estercoleros

Obra de ingeniería, diseñada para almacenar y estabilizar los residuos provenientes de la actividad ganadera con objeto de evitar efectos adversos al ambiente.

3.24. Fauna nociva

Conjunto de especies animales potencialmente dañinas para la salud y los bienes, cuyo ciclo biológico se encuentra asociado de algún modo a los residuos orgánicos.

3.25. Generación

Cantidad de residuos sólidos originados por una determinada fuente en una unidad de tiempo.

3.26. Generador

Cualquier fuente que en sus actividades origine residuos.

3.27. Lales

Residuos generados en las plantas de beneficio de metales, en las operaciones primarias de separación y concentración.

3.28. Lixiviado

Líquido contaminante que resulta del paso de un disolvente, generalmente agua, a través de un estrato de residuos sólidos y que contiene en disolución y/o suspensión sustancias contenidas en los mismos.

3.29. Monitoreo

Muestreo y mediciones repetidas para determinar los cambios de niveles o concentraciones de contaminantes en un periodo y sitio determinado. En sentido restringido, es el muestreo y la medición regular de los niveles de contaminación en relación a esta norma, o para juzgar la efectividad de un sistema de control.

3.30. Muestra

Parte representativa de un universo o población finita, obtenida para conocer sus características.

3.31. Peso volumétrico

Peso de los residuos sólidos, contenido en una unidad de volumen.

3.32. Plataforma de fermentación

Áreas construidas con material anticorrosivo e impermeable, destinadas para estabilizar la materia orgánica.

3.33. Receptor de agroquímicos

Confinamiento controlado destinado exclusivamente para residuos provenientes de las actividades relacionadas con el control de plaguicidas.

3.34. Reutilización

Acción de usar un residuo sólido.

3.35. Reciclaje

Proceso de reutilización de los residuos sólidos para fines productivos.

3.36. Recolección

Acción de recoger los residuos sólidos de los sitios de almacenamiento, para depositarlos en el equipo destinado a conducirlos a las estaciones de transferencia, instalaciones de tratamiento o sitios de disposición final.

3.37. Relleno sanitario

Obra de ingeniería planeada y ejecutada, previendo los efectos adversos al ambiente, para la disposición final de los residuos sólidos municipales.

3.38. Residuo (Desecho)

Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, tratamiento, cuya calidad no permite incluirlo nuevamente en el proceso que lo generó.

3.39. Residuo (desecho) sólido

Cualquiera que posea suficiente consistencia para no fluir por sí mismo.

3.40. Residuos incompatibles

Aquellos que al combinarse o mezclarse producen reacciones violentas o liberan sustancias peligrosas.

3.41. Residuo peligroso

Todo aquel que por sus características físicas, químicas o biológicas, representa desde su generación un daño para el ambiente.

3.42. Residuo potencialmente peligroso

Todo aquel que por sus características físicas, químicas o biológicas pueda representar un daño para el ambiente.

3.43. Residuo sólido industrial

Aquellos generados en cualesquiera de los procesos de extracción, beneficio, transformación y producción.

3.44. Residuo sólido putrescible

El compuesto por materia orgánica, que en condiciones ambientales se biodegrada en un lapso generalmente no mayor de 120 horas.

3.45. Residuo sólido municipal

Aquellos que se generan en casas habitación, parques, jardines, vía pública, oficinas, sitios de reunión, mercados, comercios, bienes muebles, demoliciones, construcciones, instituciones, establecimientos de servicios y en general en todos aquellos generados en actividades municipales que no requieran técnicas especiales para su control, excepto los peligrosos y potencialmente peligrosos de hospitales, clínicas, laboratorios y centros de investigación.

3.46. Subproductos

Los diversos componentes físicos de los residuos sólidos municipales, susceptibles de ser recuperados.

3.47. Tratamiento

Proceso aplicado a los residuos para eliminar su peligrosidad o hacerlos reutilizables.

4. BIBLIOGRAFIA

- 4.1. Breviario de términos y conceptos sobre Ecología y Protección Ambiental.
Petroleos Mexicanos
1986.
- 4.2. Ley Federal de Protección al Ambiente.
Diario Oficial de la Federación.
- 4.3. Proyecto de reglamento para el Servicio de Limpia del Distrito Federal.
Dirección General de Servicios Urbanos.

- 4.4. Manual de Operación del Laboratorio.**
Planta Industrializadora de Desechos Sólidos
Subsecretaría de Mejoramiento al Ambiente
Secretaría de Salubridad y Asistencia.
- 4.5. Instructivo de Campo en Area de Desechos Sólidos.**
Departamento de Desechos Sólidos.
Subsecretaría de Mejoramiento al Ambiente
Secretaría de Salubridad y Asistencia.
- 4.6. Groundwater Pollution**
Fried J.J. and Elsevier
Amsterdam
1975
- 4.7. Solid Waste**
Tchobanoglous G.
Mc Graw Hill
- 4.8. Solid Wastes, Origin, Collection, Processing and Disposal**
Mantell, Willey - Interscience

5. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.

No se puede establecer concordancia por no existir Norma Internacional al momento de la elaboración de esta norma.

NORMA OFICIAL MEXICANA

NOM-AA-15-1985

RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES-MUESTREO-METODO DE CUARTEO.

1.- OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

Esta Norma Oficial Mexicana, establece el método de cuarteo para residuos sólidos municipales y la obtención de especímenes para los análisis en el laboratorio.

Para aquellos residuos sólidos de características homogéneas, no se requiere seguir el procedimiento descrito en esta norma.

2.- REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

NOM-AA-19	Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos Sólidos Municipales - Peso Volumétrico "IN SITU".
NOM-AA-22	Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos Sólidos Municipales - Selección y Cuantificación de Subproductos.
NOM-AA-61	Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos Sólidos Municipales - Generación.
NOM-AA-91	Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos Sólidos Municipales - Terminología.

3.- DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, las definiciones son las que se establecen en la Norma Oficial Mexicana NOM -AA - 91.

4.-METODODECUARTEO.

Para el cuarteo, la muestra debe ser representativa de la zona o estrato socioeconómico del área en estudio, obtenida según Norma Oficial Mexicana NOM -AA - 61.

4.1.- Aparatos y equipo

- Báscula de piso, con capacidad de 200 kg.
- Bolsas de polietileno de 1.10 m x 0,90 m y calibre mínimo del No. 200, para el manejo de los subproductos (tantas como sean necesarias)

- Palas curvas
- Bieldos
- Overoles
- Guantes de carnaza
- Escobas
- Botas de hule
- Cascos de seguridad
- Mascarillas protectoras
- Papelería y varios (cédula de informe de campo, marcadores, ligas, etc.)

4.2.- Procedimientos

Para efectuar este método de cuarteo, se requiere la participación de cuando menos tres personas.

El equipo requerido antes descrito, está de acuerdo con el número de personas que participan en el cuarteo.

Para realizar el cuarteo, se toman las bolsas de polietileno conteniendo los residuos sólidos, resultado del estudio de generación según la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-61. En ningún caso se toman más de 250 bolsas para efectuar el cuarteo.

El contenido de dichas bolsas, se vacía formando un montón sobre un área plana horizontal de 4m x 4m de cemento pulido o similar y bajo techo.

El montón de residuos sólidos se traspalea con pala y / o bieldo, hasta homogeneizarlos, a continuación, se divide en cuatro partes aproximadamente iguales A, B, C y D (Fig. 1), y se eliminan las partes opuestas A y C ó B y D, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 kg. de residuos sólidos con los cuales se debe hacer la selección de subproductos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM - AA - 22.

De las partes eliminadas del primer cuarteo, se toman 10 kg. aproximadamente de residuos sólidos para los análisis de laboratorio, físicos, químicos y biológicos, con el resto se determina el peso volumétrico de los residuos sólidos "in situ", según Norma Oficial Mexicana NOM - AA - 19.

La muestra obtenida para los análisis físicos, químicos y biológicos debe trasladarse al laboratorio en bolsas de polietileno debidamente selladas e identificadas (véase marcado), evitando que queden expuestas al sol durante su transporte, además se debe tener cuidado en el manejo de la bolsa que contiene la muestra para que no sufra ninguna rotura. El tiempo máximo de transporte de la muestra al laboratorio, no debe exceder de 8 horas.

Se han considerado, las cantidades anteriores como óptimas, sin embargo estas pueden variar de acuerdo a las necesidades. Sólo en el caso de la cantidad de residuos sólidos sea menor a 50 kg., se recomienda repetir la operación de cuarteo.

5.- MARCAJO

La muestra se identifica con una etiqueta, la cual debe contener la siguiente información:

Número de folio de la cédula de informe de campo para el cuarteo, hora y fecha de envío, localidad, municipio, estado, procedencia de la muestra (Estrato socioeconómico) temperatura y humedad relativa al ambiente, peso de la muestra en kilogramos, datos del responsable de la toma de la muestra y observaciones.

6.- INFORME DE CAMPO: (Ver cédula en el apéndice)

En el informe debe indicar lo siguiente:

- Localidad, Municipio y Estado
- Fecha y hora del cuarteo
- Procedencia de la muestra (estrato socioeconómico)
- Condiciones climatológicas
- Cantidad de residuos sólidos tomados para el cuarteo, en kg.
- Cantidad de residuos sólidos obtenidos para la selección en subproductos, en kg.
- Datos del responsable del cuarteo
- Observaciones.

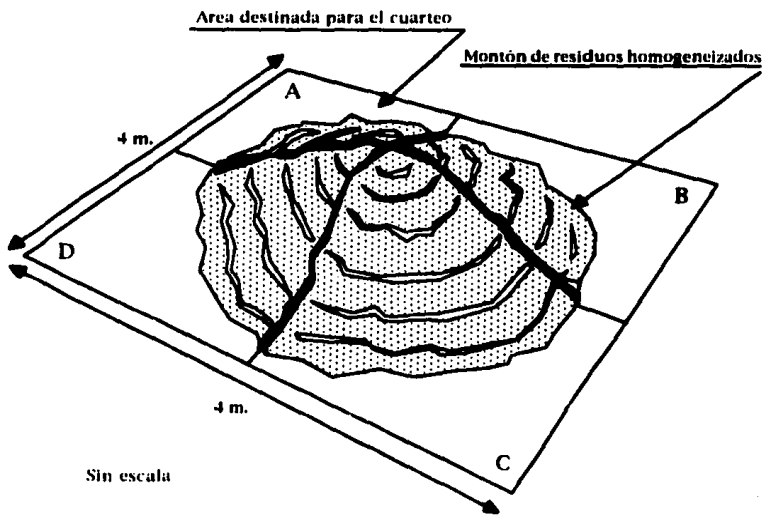


Fig. No. 1 Cuarteo de residuos sólidos municipales

7.- APENDICE

CEDULA DE INFORME DE CAMPO PARA EL CUARTEO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

No. de folio _____

Localidad _____ Municipio _____ Estado _____

Fecha y hora del cuarteo _____

Procedencia de la muestra _____

Condiciones climatológicas imperantes durante el cuarteo (describa):

Cantidad de residuos sólido para los análisis físicos, químicos y biológicos.

Responsable del cuarteo

Nombre _____ Cargo _____

Dependencia o institución _____

Observaciones _____

6.- BIBLIOGRAFIA

Journal of the Sanitary Engineering Division.- Proceedings of the American Society of Civil Engineers.- "Sample Weights in Solid Waste Composition Studies".- Albert J. Klee and Dennis Carrth. August, 1970.

Rolle, G. Int. Research Group in Refuse Disposal (IRGR). Information Bulletin 22, 23. Zurich. 1954.

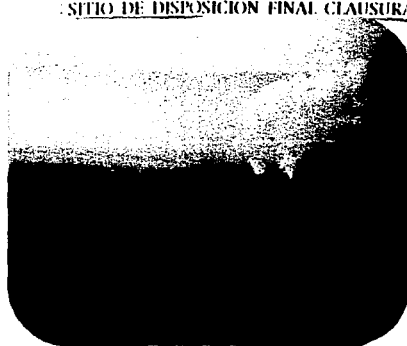
ANEXO 3

(FOTOGRAFÍAS)

SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL CLAUSURADO



Fot.1 (Zona basáltica)



Fot.2 (Cubierta final)



Fot.3 (Captación de biogás)



Fot.4 (Plataformas y distribución de sistemas de captación de biogás en el sitio clausurado, a la derecha se observa el sitio de disposición final actual).

SITIO DE DISPOSICION FINAL ACTUAL.

VISTA FRONTAL O ACCESO.



Lot. 5 (Aspecto en finales de Julio de 1995, se observa el material de cubierta que dara paso a la cobertura final).

VISTA LATERAL DERECHA



Lot. 6 (Aspecto en principios de Julio de 1995, se presentan desechos solidos descubiertos en su superficie).

SITIO DE DISPOSICION FINAL ACTUAL

VISTA TRASERA O ELAPA FINAL



Fig. 7 El final de finero de 1994, se observa el frente de trabajo y su aspecto en ese momento.



Fig. 8 El límite del sitio de disposición final con el sitio adyacente, se da a poca el final de la zona.



Fig. 9 Comparación de altura con la Fig. 7, relativo al montículo de la izquierda y la cobertura en finales de junio de 1995.

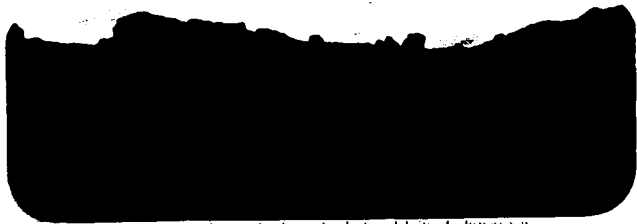


Fig. 10 Límite de una plataforma final, atrás del sitio de disposición final, finales de Julio de 1995.



Fig. 11 Se distinguen dos plataformas y puntos descubiertos de desechos sólidos y en su cima varios montículos de material de cobertura.

**SITIO DE DISPOSICION FINAL
A VISTA LATERAL IZQUIERDA**



Fig. 12 Aspecto de la zona lateral izquierda, se observan las delimitaciones de las plataformas, así como el caso de vigilancia.

**SITIO DE DISPOSICION FINAL OPERANDO
ADICUADAMENTE**



Fig. 13 Se observan dos plataformas perfectamente cubiertas en el sitio denominado "El Arenal" en Chicoleapan, Enero de 1994. A su izquierda el frente de trabajo.



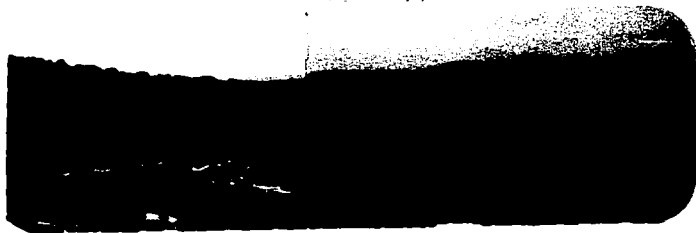
Fig. 14 Esparramiento de los desechos sólidos en el frente de trabajo en "El Arenal", a la derecha se observa un vehículo particular depositando.

SITIO DE DISPOSICION FINAL ADYACENTE

**VISTA DEL NUEVO SITIO PROPUESTO Y OPERANDO DESDE
JUNIO DE 1995.**



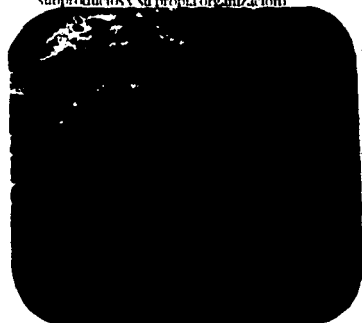
Fot. 15 (Aspecto de fines de Julio de 1995, se observa el camino de acceso, frente de trabajo y área de pepenadores).



Fot. 17 (Vía de comunicación de pepenadores en donde no interfieren, ni obstaculizan las labores e ingreso de vehículos resolutores. A la derecha se observa el Reclusorio).



Fot. 16 (Los pepenadores tienen un espacio de recolección de subproductos y su propia organización).



Fot. 18 (Se observa el tipo de material de extracción "tepelate" del mismo sitio, que es mezclado con el basalto, utilizado como cobertura).

VEHICULOS QUE INGRESAN EN EL SITIO DE DISPOSICION FINAL.



Fot. 19 (Vehiculos particulares depositando los desechos en el frente de trabajo en el sitio adyacente).



Fot. 20 (Vehiculos particulares y a la izquierda un vehiculo del ayuntamiento en el sitio adyacente).



Fot. 21 (Vehiculos particulares depositando desechos arriba del sitio de disposicion final actual).



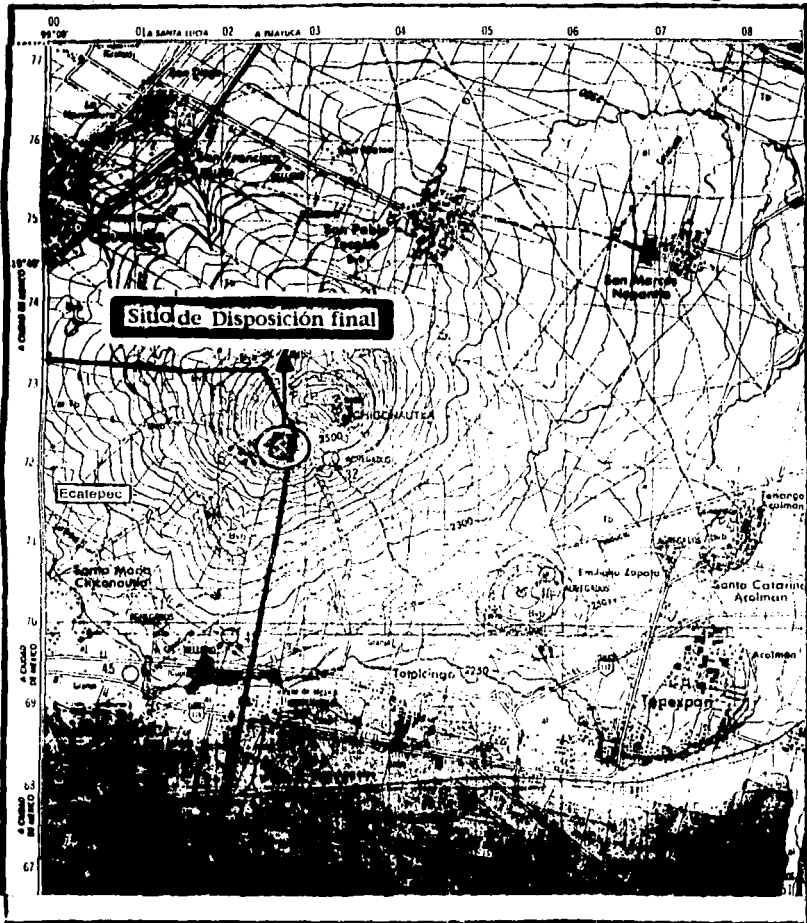
Fot. 22 (Sitio de disposicion final en enero de 1994, se observan los vehiculos particulares, asi como un tractor laborando a la izquierda).



Fot. 23 (Tractor laborando arriba del sitio de disposicion final actual en principios de Julio de 1995).

ANEXO 4
(CARTOGRAFIA)

Geología



**ANEXO 4
(CARTOGRAFIA)
Geología**

S I M B O L O G I A

ROCAS ÍGNEAS

GRANITO		LICHENES DE 0° a 10°	
KANAL INTRUSIVA ACIDA		LICHENES DE 10° a 20°	
DIOXITA		LICHENES DE 20° a 30°	
KANAL INTRUSIVA INTERMEDIA		LICHENES DE 30° a 40°	
CANCHO		LICHENES DE 40° a 50°	
KANAL INTRUSIVA BASICA		LICHENES DE 50° a 60°	
TRAFITA		LICHENES DE 60° a 90°	
MAGNEA EXTRUSIVA ALTA		LICHENES MILESIMOS EN EL CAMPUS	
ANDESITA		PUNBRO Y LICHENES DE LA TIERRA	
KANAL EXTRUSIVA INTERMEDIA		PUNBRO Y LICHENES DE TIJOSOS DE ROCAS RANAS	
MAGNETO			
KANAL EXTRUSIVA BASICA			

TOBA VOLCANICA		CONCRETO	
TOBA ARGILITICA		CURUPITO (PUNBRO)	
TOBA BASALTICA			
QUELCH VOLCANICA PICOPILO			
QUELCH VOLCANICA PANESITICA			
QUELCH VOLCANICA BASALTICA			
QUELCH VOLCANICA BASALTICA			

ROCAS SEDIMENTARIAS

CALIZA		LEJADO	
LOTITA			
LIMONOSA			
ARCILISA			
LEJADO (MOLINO)			
ARCILISA (MOLINO)			
ARCILISA (MOLINO)			
ARCILISA (MOLINO)			
ARCILISA (MOLINO)			

ROCAS METAMORFICAS

QUARTZITA		FALLA CON DESPLAZAMIENTO TRANSDUCTIVO	
MARGARITA		FALLA UNIVERSA	
PIRITA			
ESFUERTO		FRACATURA	
GRITO		QUISA	
COMPLEJO METAMORFICO		LEJTA	

SUELOS

NEGRO		BAJAZO (TIEMPO)	
ALVINO		APARITO VOLCANICO	
PANAMBI		EALINA	
PALUSINO		ASOCIACIONES	
ESTORO			
EALINO			

ESTRUCTURAS

LINHA	
PLANO	
PLANO	
PLANO	
PLANO	
PLANO	
PLANO	
PLANO	
PLANO	
PLANO	
PLANO	
PLANO	
PLANO	
PLANO	
PLANO	
PLANO	
PLANO	

ZONA DE ACTIVACION		PUZU PERIENNO	
ZONA GEOMORFICA		PUZU EN PROYECCION	
MUNA		AMORZANDO	
CATA		DAMNOS (CANTON DE SALIDA) (VALI) (VALI)	
BANCO DE MATERIA		NORMA	
PUZU DE VERIFICACION		BANAMITAL	

CARRERITA DE MAS DE DOS CAMBLES, CASA DE PICO	
CARRERITA PAVIMENTADA	
NUMERACION DE RUTA FEDERAL, ESTADA	
NUMERACION TRANSITABLE EN 1000 TIEMPO	
NUMERACION TRANSITABLE EN TIEMPO SECO	
QUELCH VOLCANICO	
FERROCARREIL DE SERVICIO PUBLICO (STACION DE FECC)	
OTRAS VIAS FERREAS	
INTERNACIONAL, LOCAL, AEROPUSIA	
PISTA PAVIMENTADA, PISTA DE TIERRA	
TELEFONICA, TELECOMUNICACION	
ELECTRICA DE 33 KV O MAS, MENOS DE 33 KV	
COMUNICACION SUPLENTORIA, COMUNICACION SUPLENTORIA	
ESCUELA, TIEMPO, RESERVA, BARRIO	
CASA ADUANA, MUJICA, CEMENTERIO	
CENICIA, BANCO O DEPUSITO	
DEPUSITO DE AGUA, OTROS DEPUSITOS (MOLINADO)	
CANAL, PUESTA, BORDO	
PIEZOTE, TUNEL, PASO A DESNIVEL	
EMBARRADERO, BARRIO, BARRIO	
FARO O DESTELLIS EN ANCOIS (5 MUELAS NAUTICAS) ROMPIELOS	
CURVA DE NIVEL ACOTADA EN METROS	
CURVA DE NIVEL ORDINARIA	
CORRIENTE PERMANENTE, CORRIENTE INTERMITENTE	
CORRIENTE QUE DESAPARECE	

limite Municipal

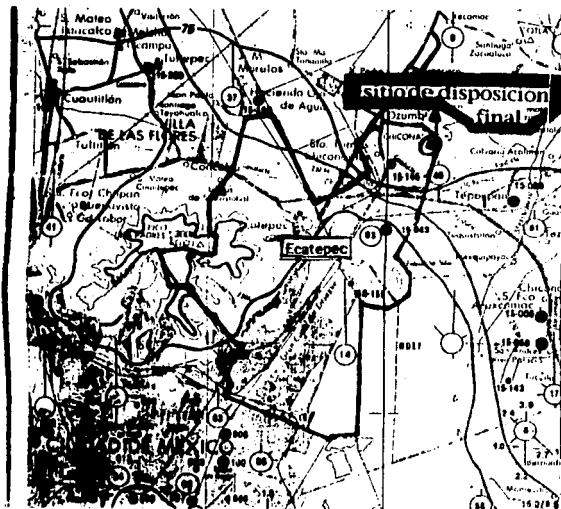
✖ sitio de disposición final del Municipio.



ESCALA 1:50,000

EL TITULO DE LAS CLAVES IN ASOCIACIONES NO INDICA PRECEDENCIA

FALLA DE ORIGEN



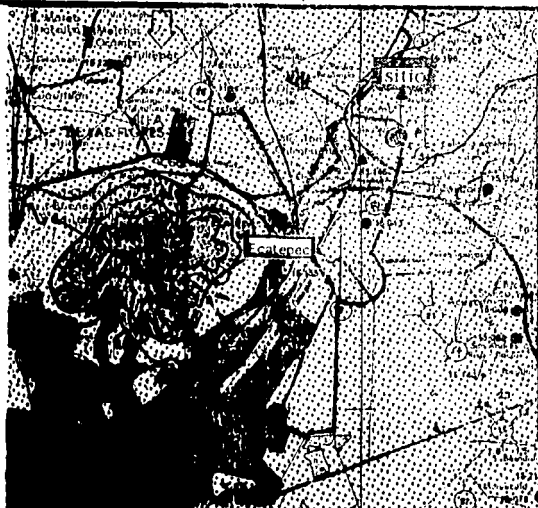
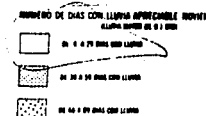
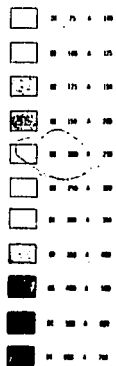
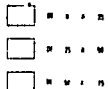
(CARTOGRAFIA)

Clima

ESTACIONES Y OBSERVATORIOS METEOROLOGICOS

- ESTACION CON CATEGORIA DE OBSERVATORIO METEOROLOGICO
- ESTACION CON SERVIDOR DE 11 AÑOS CON SERVIDOR
- ESTACION CON SERVIDOR DE 23 A 30 AÑOS CON SERVIDOR
- ESTACION CON SERVIDOR DE 31 A 35 AÑOS CON SERVIDOR
- ESTACION CON SERVIDOR DE 36 A 40 AÑOS CON SERVIDOR
- ESTACION CON SERVIDOR DE 41 A 45 AÑOS CON SERVIDOR
- ESTACION CON SERVIDOR DE 46 A 50 AÑOS CON SERVIDOR
- ★ ESTACION CON SERVIDOR DE MAS DE 50 AÑOS CON SERVIDOR

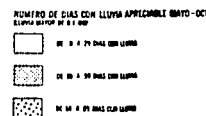
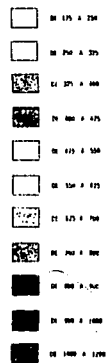
PRECIPITACION TOTAL EN AÑO DESECCION - JUNIO



ESTACIONES Y OBSERVATORIOS METEOROLOGICOS

- ESTACION CON CATEGORIA DE OBSERVATORIO METEOROLOGICO
- ESTACION CON SERVIDOR DE 11 AÑOS CON SERVIDOR
- ESTACION CON SERVIDOR DE 12 A 15 AÑOS CON SERVIDOR
- ESTACION CON SERVIDOR DE 16 A 20 AÑOS CON SERVIDOR
- ESTACION CON SERVIDOR DE 21 A 25 AÑOS CON SERVIDOR
- ESTACION CON SERVIDOR DE 26 A 30 AÑOS CON SERVIDOR
- ESTACION CON SERVIDOR DE 31 A 35 AÑOS CON SERVIDOR
- ESTACION CON SERVIDOR DE 36 A 40 AÑOS CON SERVIDOR
- ★ ESTACION CON SERVIDOR DE MAS DE 40 AÑOS CON SERVIDOR

PRECIPITACION TOTAL EN AÑO SEQUIA - OCTUBRE



■ sitio de disposicion

2.5. Equipo con el que se cuenta para este servicio.

MODELO	MARCA	TIPO	CAPACIDAD	CONDICIONES
Modelos: 73, 77, 78, 85, y 89	FORD	VOLTEO	10 a 20 m ³	En regular y buen estado
	FORD	TUBULAR	-----	en general.
	FORD	CASTOR	-----	-----
	INTERNACIONAL	CASTOR	-----	-----
91	FORD	CONTENEDOR	-----	En buen estado
	CHEVROLET	TUBULAR	-----	-----
	DODGE	PICK-UP	-----	-----
	FORD	CUADRADO	-----	-----
	DINA	VOLTEO	-----	-----
	DODGE	VOLTEO	-----	-----
	DINA	TUBULAR	-----	-----
	FAMSA	VOLTEO	-----	-----

2.6. Cantidad de rutas de recolección 400 rutas.

(anexar un croquis de las rutas)

2.7. Frecuencia de recolección diario.

2.8. Generación aproximada de residuos sólidos 0.400 kg/hab-día.

2.9. Cantidad de contenedores públicos u otro tipo de almacenamiento de residuos sólidos.

A)	Mercados	Cantidad: 6 pzas.	Tipo	Ford 89	Capacidad	1/2 a 2 ton
B)	Vía pública	-----	Tipo	-----	Capacidad	-----
C)	Parques	-----	Tipo	-----	Capacidad	-----
D)	Otros	Escuelas: 4 piezas	Tipo	FORD 89	Capacidad	1/2 a 2 ton

2.10. ¿Cuántos tiraderos clandestinos hay en el municipio?

No existen tiraderos clandestinos.

3. SITIO DE DISPOSICION FINAL

3.1. Describa brevemente las características generales del sitio y su entorno. Chiconautlan 3000 es un ejido frente al cerezo.

3.2. Denominación del sitio de disposición final. Ecatepec 2000.

ANEXO 5

CUESTENARIO # 2 DE CAMPO

La información obtenida por Alejandro Hernández García fue en base al Cuestionario # 2 de campo. Siendo el complemento una realización independiente al mencionado cuestionario, por el mismo encuestador, al Ayuntamiento y al vertedero municipal respectivamente.

Las fechas comprenden del día 8 de Febrero de 1995 al Ayuntamiento y la visita ocular al vertedero en el día 11 de Febrero de 1995.

MARCO JURIDICO

1.1. Organigrama de la Administración Pública Municipal (anexar)

1.2. Existe reglamentación Municipal en materia de residuos sólidos (anexar)

- A).- BANDO MUNICIPAL ()
- B).- REGLAMENTACION DE LIMPIA (X)
- C).- REGLAMENTO DE ECOLOGIA ()
- D).- OTRO (especificar) _____

LIMPIA Y RECOLECCION

2.1. Dependencia encargada del servicio de limpia.

Dirección de Servicios Públicos

2.2. Nombre del responsable de este servicio.

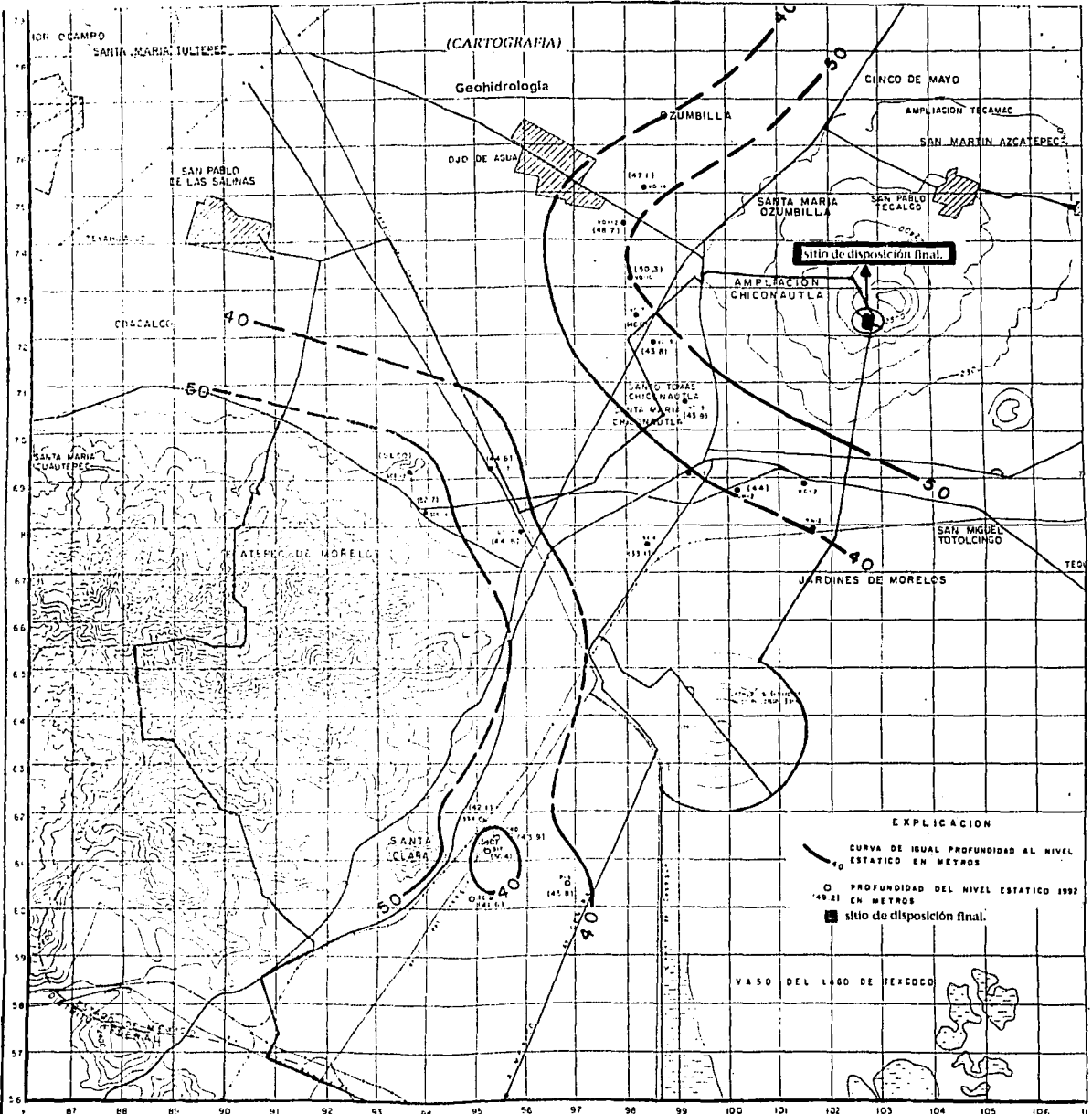
ARQ. RAUL ANGEL OTERO RODRIGUEZ

2.3. Organigrama de estructura (anexar).

2.4. Número de empleados en el servicio de limpia

Administrativos 20 Campo 237 personas

FALLA DE ORIGEN



(CARTOGRAFIA)

Geohidrologia

Sitio de disposición final.

EXPLICACION

- CURVA DE IGUAL PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTADICO EN METROS
- PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTADICO 1992 EN METROS
- sitio de disposición final.

3.3. Ubicación del sitio respecto a la cabecera municipal (anexar croquis de localización con distancia aproximada) 9 a 10 kilómetros.

3.4. Principales vías de acceso al sitio de disposición final.

Venta de Carpio principalmente

3.5. Extensión en (has) 3 has

3.6. Tiempo de existencia final del sitio de disposición final. 4 a 5 meses finales

3.7. Tenencia de la tierra.

A).- EJIDAL (X) B).- COMUNAL () C).- PRIVADA ()

3.8. Uso del suelo.

A).-HABITACIONAL () B).-INDUSTRIAL () C).-RESERVA ECOLOGICA(X)

3.9. Ingreso. 1500 ton/día

3.10. Tipo de residuos que se disponen.

A).-MUNICIPAL (x) B).- INDUSTRIAL () C).-OTROS ()
(ESPECIFIQUE) _____

3.11. Procedencia de los residuos.

A).- LOCAL (x) B).- REGIONAL C).-D.F. () D).-OTROS ()

3.12. Cuántos y cuáles Municipios depositan sus residuos en este

De que tipo? _____

4.- INGRESO DE VEHICULOS.

4.1. Se tiene control del ingreso de vehículos recolectores.

A).-Bitácora ()
B).-Tickets ()
C).-Otro (x)

4.3. Procedencia de los vehículos recolectores.

A).-Municipales. (x)
B).-Particulares. (x)
c).-Empresas. ()

4.4. ¿Cuántos vehículos Municipales entran? 50 unidades .

4.5. ¿Cuántos vehículos particulares entran? 100 unidades .

4.6. ¿Cuál es su tarifa? 15 pesos o variable relativo al volumen de ingreso .

4.7. ¿En base a que es su tarifa? A que depositen su basura .

5. FAUNA Y FLORA EXISTENTE EN EL SITIO

A).-Fauna No .

B).-Flora No .

c).- Fauna nociva No .

PEPENADORES:

5.1. ¿Existe pepena de subproductos? Si (x) No ()

5.2. Población de pepenadores. 150 personas .

5.3. Lugar de habitación

A).-FUERA DEL SITIO ()

B).- DENTRO DEL SITIO (x)

5.4. ¿Cómo estan organizados?

A).- Representante o líder ()

B).- Los controla el municipio ()

C).- Autónomos (x)

D).- Otros (especifique) _____ .

5.5. Tipo de subproductos que se recuperan. Vidrio, tortilla, latón, ropa, alambre, tornillos, cartón y plástico, principalmente .

6. CONTROL DEL SITIO.

6.1. El sitio de disposición final es controlado

SI (x)

NO ()

¿Qué tipo de control se tiene? Relleno sanitario .

6.2. Es un tiradero a cielo abierto SI () NO (x)

A). Con quema de basura ()

- B)- Sin quema de basura ()
 C).- Esporádicamente lo cubren ()
 D).- Otros (especifique) _____

6.3. Quién o que autoridad controla el sitio? Oficina de limpia y transporte.

7. SANEAMIENTO

7.1. Condiciones del sitio.

- A).- Sin sanear ()
 B).- En proceso de saneamiento (x)
 C).- Otros (especifique) _____

7.2. Métodos de operación utilizados para la disposición de desechos

- A).- Area ()
 B).- Zanja ()
 C).- Combinado (x)
 C).- Otros (especifique) _____

7.3. Maquinaria utilizada en la operación.

CONDICIONES EN LA QUE SE ENCUENTRA LA UNIDAD.

4 tractores Bulldozer D8K	<u>En buenas condiciones.</u>
1 traxcavo	<u>En buenas condiciones.</u>
1 retroexcavadora con martillo	<u>En buenas condiciones.</u>
2 volteos de 14 m ³ c/u	<u>En buenas condiciones.</u>

7.4. Frecuencia de cobertura de los desechos sólidos. 15 a 30 cm.

7.5. Tipo de material utilizado en la cobertura Tepetate.

7.6. Procedencia del material de cobertura Del sitio de disposición final.

7.7. Vida útil del sitio de disposición final Dos años y medio.

7.8. Planes de utilización para el sitio.

- A).- Clausurarlo ()
 B).- Ampliarlo (x)

7.9. Observaciones.

Se van a rentar 2 has. mas de ejidos

8. INFRAESTRUCTURA

8.1. Se da mantenimiento a la infraestructura

SI (X) NO ()

8.2. Responsable de dar mantenimiento a la infraestructura.

Ing. FRANCISCO TRINIDAD

8.3. Personal que opera en el sitio.

6 personas

9. Describa de manera general la problemática ambiental que representa el sitio respecto a su entorno.

Los olores afectan a la comunidad cercana, rechazan el vertedero a pesar de ser informados del destino a futuro como reserva ecológica del sitio de disposición final

10. CROQUIS PLANIMETRICO

10.1. Indique orientación, infraestructura, zonas clausuradas, zonas en proceso de saneamiento, caminos internos, espesores aproximados de desechos sólidos (anexar croquis)

No se tienen estos datos

11. Nombre de la persona que proporcione los datos.

PABLÓ CAMACHO REYES

12. Realizar visita ocular al sitio de disposición final.

OBSERVACIONES. En estos momentos el sitio aparenta en algunas zonas a un vertedero al aire libre, debido a que en sus extremos no se cubre con suficiente material de cobertura y el sector informal ayuda a la erosión de este.

VISITA AL RELLENO SANITARIO

1. Características generales del sitio

1.1 Distancia entre el municipio y el relleno sanitario.

Dependiendo la salida del municipio de 9 a 10 kms.

1.2. Vientos predominantes

- () a la ciudad (x) en sentido contrario a la Cd.
() hacia la comunidad local.

1.3. Ubicación respecto a la mancha urbana.

- () Dentro (x) fuera

1.4. Geohidrología

- () se afecta algún acuífero (x) No existe acuífero

1.5. Situación legal

Son terrenos rentados _____.

1.6. Ancho de las celdas por largo: 20 x 40 m_____.

1.7. Maquinaria empleada

- (x) Traxcavo () Bulldozer () Cargador

1.8. Espesor de la capa final ; 40 - 60 cms._____.

1.9. Existen caminos de acceso al lugar

- (x) SI () NO Cuántos? 2 uno ejidal y uno principal.

1.10. Existen drenajes

- (x) SI () NO Cuántos? 2 canaletas_____.

1.11. Altura de plataformas promedio 5-6 m_____.

1.12. Existe control de emanación de gases

- (x) SI () NO

Especificar. Se construyen drenajes en forma circular de tabique rojo, y alrededor del respiradero, se instala tezontle. Periodicamente se queman los gases acumulados.

1.13. Acceso vehicular

- (x) Municipal () Industrias y hospitales () Otros

1.14. Existe registro de ingreso.

(x) SI () NO Cuantos ingresan? 200 vehículos promedio por día.

1.15. Existen pozos de monitoreo de lixiviados. () SI (X)NO

1.16. Tipos de medidas preventivas contra:

Polvos Pipa de riego
olores con material de cobertura
incendios con material de cobertura

1.17. Existe toma de agua cercana. a un kilómetro de distancia.

1.18. Uso final

() área verde (x) zona recreativa () otro

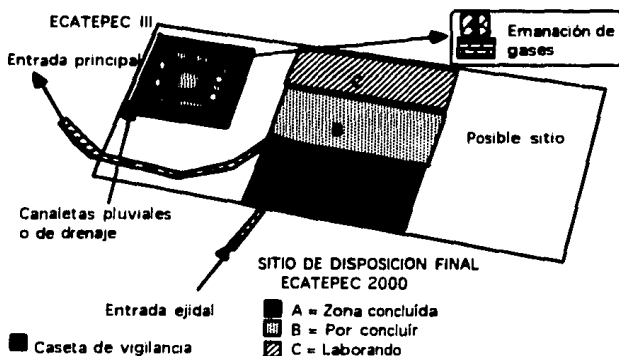
1.19. Número de veces de compactación (ida y vuelta) 10 ó más.

1.20. El material de cobertura se compacta de:

() arriba hacia abajo () De abajo hacia arriba (x) ambas

1.21. Generación total que ingresa. de 800 - 1100 ton/día

1.21. Croquis del lugar (adyacentes un relleno concluido y un posible sitio).



BIBLIOGRAFIA

LIBROS

CESAR Valdez, Enrique. Abastecimiento de Agua Potable Recomendaciones de construcción. Facultad de Ingeniería, UNAM Vol. I. Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA), 260 págs.

CREMOUX, Raúl. ¡Ayudáme! Acciones para mejorar el medio ambiente en la Cd. de México., Ed. Talleres grupo gráfico romo S.A. de C.V., 1992., 159 págs.

INSTITUTO Mexicano del Concreto y del Cemento (IMCYC). Práctica recomendada para la medición, mezclado, transporte y colocación del concreto ;Revisión del documento. ACI 614-59 por el comite ACI-304. México. Serie : nueva serie IMCYC; 3; 94 págs.

JARAMILLO, Jorge., RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Programa de Salud Ambiental (serie técnica N. 20)., Ed., Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud., Washington, D.C., Septiembre de 1991, 214 págs.

JEAN-Bernard Leroy. LOS DESECHOS Y SU TRATAMIENTO, los desechos sólidos industriales y domiciliarios, Ed. Fondo de Cultura Económica México, 1987. 148 págs.

MARTINEZ, Alejandro., Ciudad de México. Programa integral contra la contaminación atmosférica un compromiso común., (s.ed.), 1990., 75 hojas.

MEXICO, Departamento del Distrito Federal., Manejo de los desechos sólidos: El caso del Distrito Federal (D.D.F.). Ramón Aguirre Velázquez., Ed. Instituto Nacional de Administración Pública., 1988. 60 págs.

MEXICO, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Guía para la interpretación de cartografía., Ed., INEGI., Abril de 1990., 48 págs.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, Subsecretaría de Ecología. Manejo y disposición final de los residuos sólidos municipales e industriales. Ed. Dirección General de Protección y Control de la Contaminación Ambiental., 1988. (Tomo I, primera parte: residuos sólidos municipales, inicio). 121 hojas.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, Subsecretaría de Ecología. Manejo y disposición final de los residuos sólidos municipales e industriales. Ed. Dirección General de Protección y Control de la Contaminación Ambiental., 1988. (Tomo II, primera parte :residuos sólidos municipales, parte final). 163 hojas.

MEXICO, Secretaría de Ecología. "La gestión de la basura en las grandes ciudades". Un análisis comparativo entre el programa en gestión integrada en Montreal y el Programa Metropolitano. De la Zona Metropolitana de la Ciudad de México? (Pamela Severini y Castillo Berthier, Héctor). (s,ed). 1994. 59 hojas.

MEXICO, Secretaría de Programación y Presupuesto. Síntesis Geográfica del Estado de México. Ed., Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geográfica e Informática. 174 págs.

MEXICO, Secretaría de Programación y Presupuesto. Los Municipios del Estado de México. Colección : Enciclopedia de los Municipios de México. Ed. por la coordinación general de los servicios nacionales de estadística, geográfica e informática, 1988. 605 págs.

SUAREZ Salazar, Carlos., Costo y Tiempo en Edificación. 5a. Reimpresión., 1983., México., Ed. LIMUSA, 451 págs.

TURK, Amos, et. al. Tratado de ecología. Ed. Interamericana. 1976, 453 págs.

VAL, Alfonso del., El Libro del Reciclaje. Manual para la recuperación y aprovechamiento de las basuras. 2a. edición., Ed. Integral., Febrero de 1993. 256 págs.

VARGAS Alcantaro, Vicente., Técnicas y análisis de costos en pozos profundos y aguas subterráneas. Ed Limusa., 1976, 514 pág.

WILLIAM S. Foster., Handbook of Municipal Administration and Engineering. Ingeniería Urbana y Servicios Técnicos Municipales. Joaquín Hernández Orozco., España., Ed. Instituto de Estudios de Administración Local., 1979., 711 pág.

PROYECTOS

ARIEL Consultores, S.A., Determinación de las eficiencias operativas de los pozos y de las plantas de rebombeo del sistema de Chiconautla, para elevar las eficiencias e incrementar el volumen de extracción. Departamento del D.F., Dirección de Construcción y Operación Hidráulica, Dirección Técnica, Subdirección de Programación., Octubre de 1989., (contrato No. 9-33-1-05050). 322 hojas.

LESSER y Asociados, S.A de C.V. Piezometría en Pozos del Valle de México. Departamento del D.F., Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, Subdirección de Programación., 1993. (contrato No. 3-33-1-0161). 47 hojas

MEXICO, Gobierno del Estado de México. Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Estado de México 1994-2000. Ed. Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, (Tomo I)., Mayo de 1993. 57 págs.

MEXICO, Gobierno del Estado de México. Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Estado de México 1994-2000. Ed., Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, (Tomo II)., Mayo de 1993. 27 págs.

FUENTE HEMEROGRAFICA

Construcciones Hidráulicas y Electromecánicas: Plantas de prensado y embalado de residuos sólidos urbanos. Sistema IMABE. Preparado por IMABE Iberica, S.A.(s.f.). 18 hojas.

GACETA IMP Organo Informativo Interno. Lic. Francisco Javier García León., Mensual, Julio de 1989., No.69., 31 pág.

GACETA IMP Organo Informativo Interno. Lic. Francisco Javier García León., Mensual, Enero de 1989., No. 63., 28 pág.

GUTIRREZ-Ruiz, Margarita E., et.al., "Chromato Contamination North of Mexico City : proposal for a solution". Articles on other topics., mensual., UNEP Industry and Environment., March 1989. 80 págs.

MEXICO, Gobierno del Estado de México Secretaría de Desarrollo Económico.,Dirección General de Promoción Industrial y Minería. Carta de Recursos Minerales., 1a, reimpresión.,1992.,Ing. Raúl Cruz Ríos.,14 hojas.

MEXICO, Gobierno del Estado de México.,Anuario Estadístico de la minería en el Estado de México., Dirección General de Industrias, minas y artesanías, subdirección de promoción minera.1992. 41 hojas

Proposición preeliminar para un incinerador municipal de residuos sólidos y energía a partir de tratamiento de residuos. Preparado por el consorcio SM-Dynamis Envirotech inc.,Montreal, CANADA., Abril de 1991. 16 hojas.

CURSOS

HORACIO Ramírez, Bermejo.,Primer seminario sobre administración, recolección y disposición de residuos municipales.IPN., México., Noviembre de 1983.

SOLER Francis de la Facultad de Ingeniería. Semana ambiental. Tema: Los desechos sólidos..(Sala: José Vázquez Ramírez. ENEP Aragón).. UNAM.,20 de octubre de 1993.

FACULTAD de ingeniería UNAM División de educación continua. V curso internacional de Geohidrología y contaminación de acuíferos del 23 al 27 de Agosto de 1993. MODULO II. Hidrogeoquímica y contaminación de acuíferos. Ing. Juan Manuel Lesser Illades. (s. p.).

FACULTAD de ingeniería UNAM División de educación continua. V curso internacional de Geohidrología y contaminación de acuíferos del 23 al 27 de Agosto de 1993. MODULO II. Contaminación de sistemas de acuíferos. Dr. Ramiro Rodríguez Castillo (s. p.).

CARTOGRAFIA

Carta de Efectos Climáticos regionales. NOV-ABRIL. Escala 250,000. Ciudad de México E14-2.

Carta de Efectos Climáticos regionales. MAY-OCT. Escala 250,000. Ciudad de México E14-2.

Carta Estatal de Suelos. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística Geografía e Informática. Escala 1:500,000.

Carta Estatal de Geología. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística Geografía e Informática. Escala 1:500,000.

Carta Topográfica. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Cuatitlán. E14-A29. Escala 1:50,000

Carta Geológica. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Texcoco. E14-B21. Escala 1:50,000

MANIFESTACIONES

INSTITUTO Nacional de Estadística Geografía e Informática. Estado de México resultados definitivos tabulados básicos. VIII Censo General de Población y Vivienda.1960 INEGI. 1007 págs.

INSTITUTO Nacional de Estadística Geografía e Informática. Estado de México resultados definitivos tabulados básicos. IX Censo General de Población y Vivienda.1970 INEGI. 341 págs.

INSTITUTO Nacional de Estadística Geografía e Informática. Estado de México resultados definitivos tabulados básicos. X Censo General de Población y Vivienda.1980 INEGI. 257 págs.

INSTITUTO Nacional de Estadística Geografía e Informática. Estado de México resultados definitivos tabulados básicos. XI Censo General de Población y Vivienda.1990 INEGI. 755 págs.

MEXICO, Gobierno del Estado de México.,Secretaría de Ecología. Gobierno del Estado de México.,Municipio de Coacalco. Características y Requisitos que debe de observar una concesión.,1995., 12 hojas.

MEXICO, Secretaría de Desarrollo Social. Instituto Nacional de Ecología. Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1993-1994 376 págs.

LEYES

MEXICO, Diario Oficial de la Federación. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente. Ed. por la Secretaría de Gobernación. 1988. 138 págs.

MEXICO, Gobierno del Estado de México. Legislación y acuerdos sobre : Protección Ambiental Estado de México, ed. Coordinación General de Comunicación Social, 1992. 319 págs.

MEXICO, Diario Oficial de la Federación. 18 de Marzo de 1985. NOM-AA-15-85. Residuos Sólidos Municipales-Muestreo-Método de Cuarteo. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). Dirección: Fuente de Tecamachalco # 6. Sección Naucalpan. Edo. de México. 9 págs.

MEXICO, Diario Oficial de la Federación. 15 de Marzo de 1985. NOM-AA-91-85. Calidad del suelo-Terminología. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). Dirección: Fuente de Tecamachalco # 6. Sección Naucalpan. Edo. de México. 11 págs.

MEXICO, Diario Oficial de la Federación. 22 de Junio de 1994. NOM-083-ECOL/94 Y NOM-084-ECOL/94. Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a Relleno Sanitario para la disposición final de los residuos sólidos Municipales. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). 10 págs.