

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“PROYECTO DE INGENIERÍA BÁSICA PARA EL
RELLENO SANITARIO DE LA POBLACIÓN DE
TANGANCÍCUARO, MICHOACÁN”**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

P.I.C. JESÚS CHÁVEZ SAMANO

ASESOR:

M. EN C., ING. RICARDO RUIZ CHÁVEZ

MORELIA, MICH., FEBRERO DEL 2018.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerle a Dios por darme salud, ganas de salir adelante y la oportunidad de que se llegara este momento.

A mi mama Ma. De Jesús Sámano Aviña por su enorme cariño, por confiar en mí y siempre estar al pendiente de que nunca me falte nada para lograr mis objetivos.

A mi papá Sergio Chávez Magaña, que lo considero como mi padre y mi mejor amigo, siempre dándome consejos para salir adelante y apoyándome en lo que necesito.

A todos mis demás familiares y amigos que de alguna forma intentaron ayudarme o motivarme para terminar mi carrera.

A todos mis profesores que a lo largo de mis estudios me transmitieron sus conocimientos, dando siempre lo mejor de ellos para lograr ese objetivo, en especial a mi asesor de tesis el M. en C., Ing. Ricardo Ruiz Chávez, quien es una persona muy responsable, preparada, puntual y un excelente profesor.

A la U.M.S.N.H., la cual es una institución de muy buena calidad, que por conducto de la Facultad de Ingeniería Civil me proporciono los conocimientos para poder ejercer como un buen profesionista.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	3
INTRODUCCIÓN.....	4
CAPÍTULO II OBJETIVOS	5
2.1.- OBJETIVO GENERAL.....	6
2.2.- OBJETIVOS PARTICULARES.....	6
CAPÍTULO III ANTECEDENTES	7
3.1.- MARCO FÍSICO	8
3.1.1.- DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN BENEFICIADA	8
3.1.2.- HISTORIA.....	9
3.1.3.- LOCALIZACIÓN Y GEOGRAFÍA.....	10
3.1.4.- TOPOGRAFÍA Y OROGRAFIA	12
3.1.5.- HIDROGRAFÍA.....	13
3.1.6.- GEOLOGÍA	14
3.1.7.- EDAFOLOGÍA	15
3.1.8.- CLIMA	15
3.2.- MARCO SOCIAL	16
3.2.1.- NIVEL SOCIOECONÓMICO	16
3.2.2.- ACTIVIDADES ECONÓMICAS	18
3.2.3.- ASPECTOS DEMOGRÁFICOS.....	19
CAPÍTULO IV ESTUDIOS PRELIMINARES	20
4.1.- PROYECCIÓN DE POBLACIÓN	21
4.1.1 APLICACIÓN DE LA NORMA NT-011-CNA-2001.....	22
4.1.2 TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA POBLACIÓN	25
4.1.3 CATEGORÍA DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL.....	27
4.1.4 ESTUDIOS REQUERIDOS.....	27

CAPÍTULO V DISEÑO DE INGENIERÍA BÁSICA DEL RELLENO SANITARIO 30

5.1 DETERMINACIÓN DEL ÁREA REQUERIDA PARA EL RELLENO 31

5.2 PROPUESTA PARA LA UBICACIÓN 34

5.2.1. UBICACIÓN DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL..... 35

5.2.2. CONSIDERACIONES DE LAS ESPECIFICACIONES LEGALES Y TÉCNICAS PARA EL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL. 36

5.2.3. EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL... 38

5.3 PROYECTO DEL RELLENO SANITARIO..... 39

5.3.1 PLANO ARQUITECTÓNICO DEL RELLENO SANITARIO..... 39

5.3.2 MÉTODO DE OPERACIÓN. 40

5.3.3 OBRAS COMPLEMENTARIAS..... 41

5.3.4 SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN. 42

5.3.5 MAQUINARIA Y PERSONAL CON EL QUE SE DEBE CONTAR..... 43

5.3.6 PROPUESTA PARA CAPTACIÓN Y/O TRATAMIENTO DE BIOGÁS Y LIXIVIADOS. 50

5.3.7 CLAUSURA..... 53

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 56

6.1 CONCLUSIONES 57

6.2 RECOMENDACIONES..... 58

CAPÍTULO VII BIBLIOGRAFÍA..... 59

7. BIBLIOGRAFÍA..... 60

ANEXOS 63

ANEXO A..... 64

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-SEMARNAT-2003 64

ANEXO B 82

PLANO ARQUITECTÓNICO DEL RELLENO SANITARIO82

RESUMEN

La finalidad de esta investigación, es llevar a cabo el proyecto de un relleno sanitario para el municipio de Tangancícuaro. Actualmente este municipio tiene una problemática en cuanto al tema de manejo y disposición de los residuos sólidos municipales.

Este proyecto tiene como finalidad el de proponer: un buen diseño, el lugar más adecuado para la localización y construcción del relleno sanitario, las dimensiones con las que debe contar, la manera en que se deberá operar, así como también se propondrá la metodología a seguir para su correcta clausura al finalizar su vida útil.

En este documento, se presenta también el tipo de material que se utilizará para evitar la infiltración de lixiviados al suelo, así como el tipo de tratamiento que se le dará al biogás que se produzca. También se considerará la colocación de pozos de monitoreo para asegurar no tener daños al medioambiente.

En esencia, este trabajo presenta una alternativa viable para la disposición final de los residuos sólidos municipales, mismo que sirva de apoyo en la toma de decisiones por parte de la administración municipal y gobiernos que lo requieran.

Palabras clave: Residuos Sólidos, Tangancícuaro, Relleno Sanitario, Contaminación, Medioambiente.

ABSTRACT

The purpose of this investigation is to carry out the project of a sanitary landfill for the municipality of Tangancícuaro. Currently this municipality has a problem regarding the issue of management and disposal of municipal solid waste.

The purpose of this project is to propose: a good design, the most suitable place for the location and construction of the sanitary landfill, the dimensions with which it should count, the way in which it should be operated, as well as the methodology to be proposed. continue for its proper closure at the end of its useful life.

In this document, we also present the type of material that will be used to avoid the infiltration of leachates into the soil, as well as the type of treatment that will be given to the biogas that is produced. The placement of monitoring wells will also be considered to ensure no damage to the environment.

In essence, this work presents a viable alternative for the final disposal of municipal solid waste, which will serve as a support in decision-making by the municipal administration and governments that require it.

keywords: Solid waste, Tangancícuaro, Landfill, Contamination, Environment.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos son una consecuencia de las actividades humanas, tales como actividades económicas, actividades industriales, de salud, transporte, construcción, ganadería, agricultura, entre otras. Estas actividades generan una gran cantidad de residuos sólidos, semisólidos y líquidos. Es de señalar que conforme incrementa la población, aumenta la cantidad de residuos, aunado a esto, el uso de productos desechables incrementa la generación excesiva e indeseada de estos residuos. Para la disposición final, es necesario que a estos residuos se les dé una confinación, en un lugar para que de manera inerte, se contengan y se evite la contaminación del medio ambiente.

La disposición final de los desechos orgánicos e inorgánicos, en la mayoría de los municipios en la actualidad, aún prevalece la práctica de tiradero a cielo abierto, esta acción contribuye la contaminación del agua, el suelo y el aire, así también generando problemas en la salud y marginación social.

Es inminente que se le dé solución a este tipo de problemas. Ante esta problemática la solución es un relleno sanitario, el cual es una técnica de confinamiento de los desechos sólidos sobre el suelo; pero de todos estos materiales que son enviados al relleno existe un gran porcentaje que puede ser recuperado con distintas técnicas como son: reciclaje o reutilización, reducción y reutilización de los mismos. Los materiales que pueden ser reciclados o reutilizados son: papel, cartón, botellas plásticas o de aluminio, hierro, pilas, material inorgánico, entre otros.

En la disposición final se tiene como objetivo la transformación y/o tratamiento de los residuos aplicando un proceso químico, físico o biológico o una combinación de ellos.

En México, la norma específica para el diseño, construcción y operación de un relleno sanitario, es la norma NOM-083-SEMARNAT-2003, en esta se indica, que la disposición final, es la acción de depositar o confinar permanentemente los residuos, en sitios e instalaciones, cuyas características eviten su liberación al ambiente, así como las consecuentes afectaciones a la salud de la población, como los ecosistemas y sus elementos que la conforman.

Actualmente, en el municipio se cuenta con un relleno sanitario, el cual no es permitido operarlo por la sociedad, por diversas situaciones político-sociales; situación que obliga a que se sigan depositando los residuos en el tiradero a cielo abierto existente y con esto se genera una gran contaminación para el entorno medioambiental.

CAPÍTULO II OBJETIVOS



2.1.- OBJETIVO GENERAL

- Proporcionar una alternativa viable para la adecuada recepción y disposición final de los residuos generados en el municipio de Tangancícuaro, Michoacán.

2.2.- OBJETIVOS PARTICULARES

- Diseñar el relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos, apegado a las especificaciones y lineamientos técnicos, observando desde su diseño las medidas preventivas para evitar daños al ambiente y a la salud pública.
- Solucionar la problemática del tiradero a cielo abierto existente.
- Se propondrá que al finalizar la vida útil del relleno sanitario propuesto, se cuente con un espacio confortable y acorde con el entorno ambiental de la región de Tangancícuaro.

CAPÍTULO III ANTECEDENTES



3.1.- MARCO FÍSICO

En este marco físico se realizará una breve semblanza para poner en contexto la población en estudio, esto en cuanto a su historia, localización, topografía, hidrografía, orografía, geología, edafología y el clima de un entorno. Cuya información se mostrará a continuación.

3.1.1.- DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN BENEFICIADA

La población beneficiada o de estudio es el municipio de Tangancícuaro, Michoacán y sus respectivas localidades, por ello se dará una breve descripción de las características más relevantes de esta población. En la figura 3.1 se muestra el escudo de armas del municipio de Tangancícuaro, cuyo autor es Francisco Elizalde.



Figura 3.1. Escudo de armas del Municipio de Tangancícuaro

3.1.2.- HISTORIA

Tangancícuaro fue una población prehispánica del reino Tarasco o P'orhé, pero originalmente asentada en un paraje cercano que ahora se conoce como Las Capillas, según lo revelan los vestigios arqueológicos encontrados en el lugar.

Después de la Conquista, se llevó a cabo la evangelización en esta región, inicialmente por los religiosos Franciscanos –que lo trasladaron a su asiento actual– y, posterior y definitivamente, por parte de los frailes agustinos, que fundaron en Tangancícuaro una doctrina con su iglesia y, al correr de los años, un pequeño convento con cinco religiosos y un hospital, y le dieron al pueblo y habitantes su vocación agropecuaria inicial.

En el mismo siglo XVI se le asignó el nombre de “Tangancícuaro de la Asunción” y en la administración religiosa, dependió del curato de Jacona; y para el siglo XVII en lo civil dependía de la jurisdicción de Zamora.

El siglo XVII, bajo la administración de los Agustinos fue el siglo de consolidación del poblado y sus estancias, haciendas y ranchos vecinos, que prosperaron todos gracias al cultivo intensivo de maíz, lenteja y trigo, y a la cría de ganado mayor.

Fue ya durante el siglo XVIII, con la expansión de los caminos de herradura, que desde el pueblo se organizó un vasto sistema de comercio en carretas y rodados, recuas y chinchorros, con los que se pudo llevar y comercializar los productos locales y los de la región entera hasta los puntos más distantes de toda la vasta geografía de la Nueva España.

Al solo iniciar el siglo XIX, por causa de la guerra de Independencia, Tangancícuaro fue incendiado (30 de octubre de 1816), y aunque se reconstruyó rápidamente, su progreso y crecimiento se estancó por causa de los siguientes conflictos bélicos de la Guerra de Reforma y la Intervención Francesa.

Sin embargo, en 1822 ya contaba con Ayuntamiento propio y tenía 2,219 habitantes. El 10 de diciembre de 1831 se constituyó en municipio, y en 1854 se erigió también como Curato Independiente; además de que al pueblo cabecera municipal se le renombró “Tangancícuaro, villa de Arista”, desde el 29 de septiembre de 1859 en memoria del general Mariano Arista.

Durante el periodo porfiriano (1876-1911), el pueblo y la región vieron llegado un segundo momento de auge económico y de modernización: se inauguran los servicios de telégrafo, teléfono y alumbrado público y se trajo incluso el primer vehículo automotor; el pueblo llegó entonces, en 1900, a los 3,236 habitantes y el municipio a 9,193.

Con la llegada del Programa Bracero (1942), se reactivó la migración temporal a los Estados Unidos; el pueblo entró en un tercer proceso modernizador, el progreso se evidenció en el establecimiento de escuelas; se reconstruyeron y modernizaron las iglesias, el mercado, la presidencia; aparecieron los campos deportivos y se multiplicaron las colonias y los fraccionamientos; aunque por desgracia, también comenzó entonces la clausura y entubamiento de los ríos, acequias y aguajes; se instaló el Centro de Salud, la electrificación federal, se habilitaron nuevo panteón y rastro, se aumentaron y modernizaron los servicios de agua potable y drenaje y se expandieron vialidades y caminos.

A pesar de las sucesivas crisis económicas de las décadas de los setenta, ochenta y noventa (periodo también en que han salido –casi rutinariamente– la mitad de la población joven casi al instante de alcanzar la mayoría de edad, con destino a otros lares en el país, pero principalmente con rumbo al Norte) el crecimiento y el progreso aún no se han detenido. (H. Ayuntamiento de Tangancícuaro, 2017).

3.1.3.- LOCALIZACIÓN Y GEOGRAFÍA

El municipio de Tangancícuaro es el municipio número 085 del estado de Michoacán y se localiza al noroeste del Estado, en las coordenadas 19° 53' de latitud norte y 102°12' de longitud oeste, a una altura de 1,710 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Jacona, Zamora y Tlazazalca, al este con Purépero y Chilchota, al sur con Charapan, Los Reyes y Tingüindin, al oeste con Tangamandapio. Su distancia a la capital del Estado es de 134 Km a través de la carretera Nacional No 15. (INAFED, 2017). En la figura 3.2 se muestra una macrolocalización del municipio de Tangancícuaro.

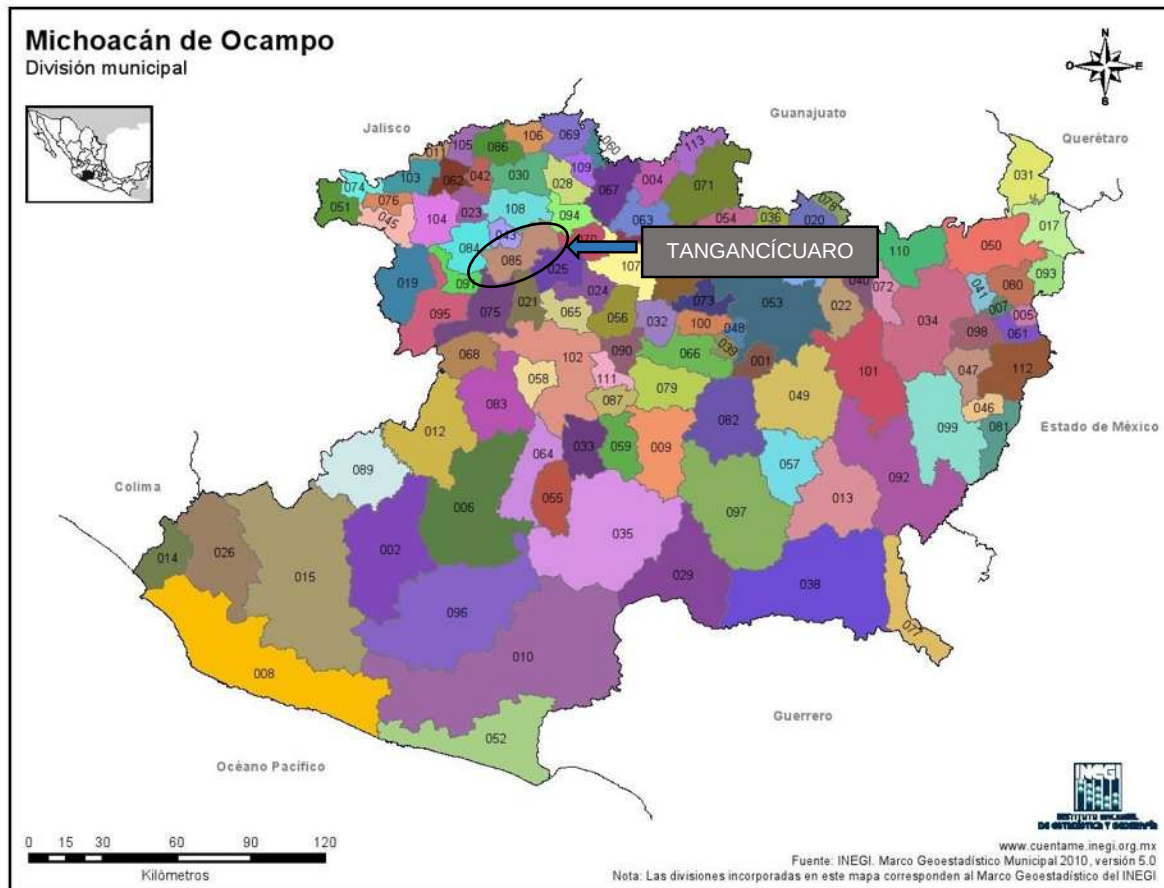


Figura 3.2. Macrolocalización de Tangancícuaro, Michoacán. (INEGI, 2017).

La superficie municipal es de 387.95 Km², ocupa el 0.66% de la superficie del estado y cuenta con 39 localidades. En la figura 3.3 se muestran las principales localidades y municipios colindantes.

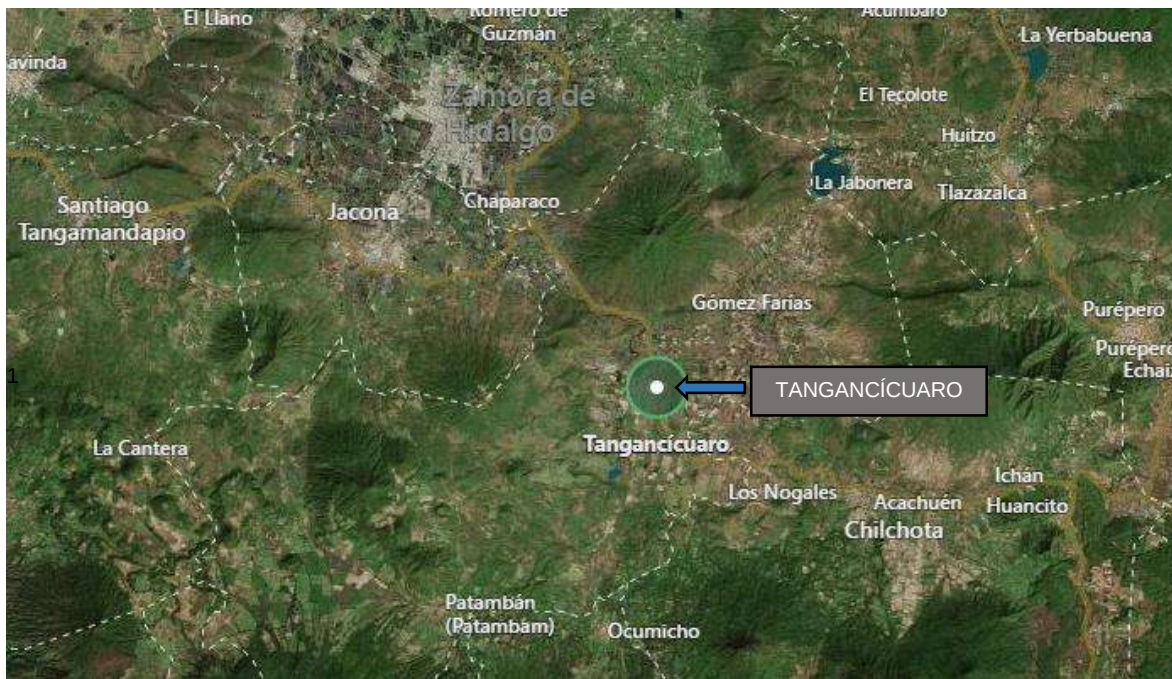


Figura 3.3. Microlocalización de Tangancícuaro, Michoacán. (BING MAPS, 2017).

3.1.4.- TOPOGRAFÍA Y OROGRAFÍA

Tangancícuaro de Arista, cabecera municipal, se encuentra en un rango de entre los 1700-1714 metros sobre el nivel del mar. En cuanto a su topografía Tangancícuaro se encuentra en una superficie con una pendiente suave pero rodeado de cerros de los cuales no todos pertenecen al municipio, Estos son Cerro de la Beata, Cerro de Tamandaro, Cerro Nanarícu, Cerro de San Ignacio, Cerro de La Cruz, Cerro el Mirador, Cerro Colorado, Cerro La Cantera, Cerro la Ladera, Cerro San Antonio, Cerro las Tetillas y Cerro San Rafael.

Su relieve está constituido por el sistema volcánico transversal, sierra de Patamban y los cerros Patamban y Tangancícuaro. (INAFED, 2017). En la figura 3.4 se muestran la topografía y la orografía.

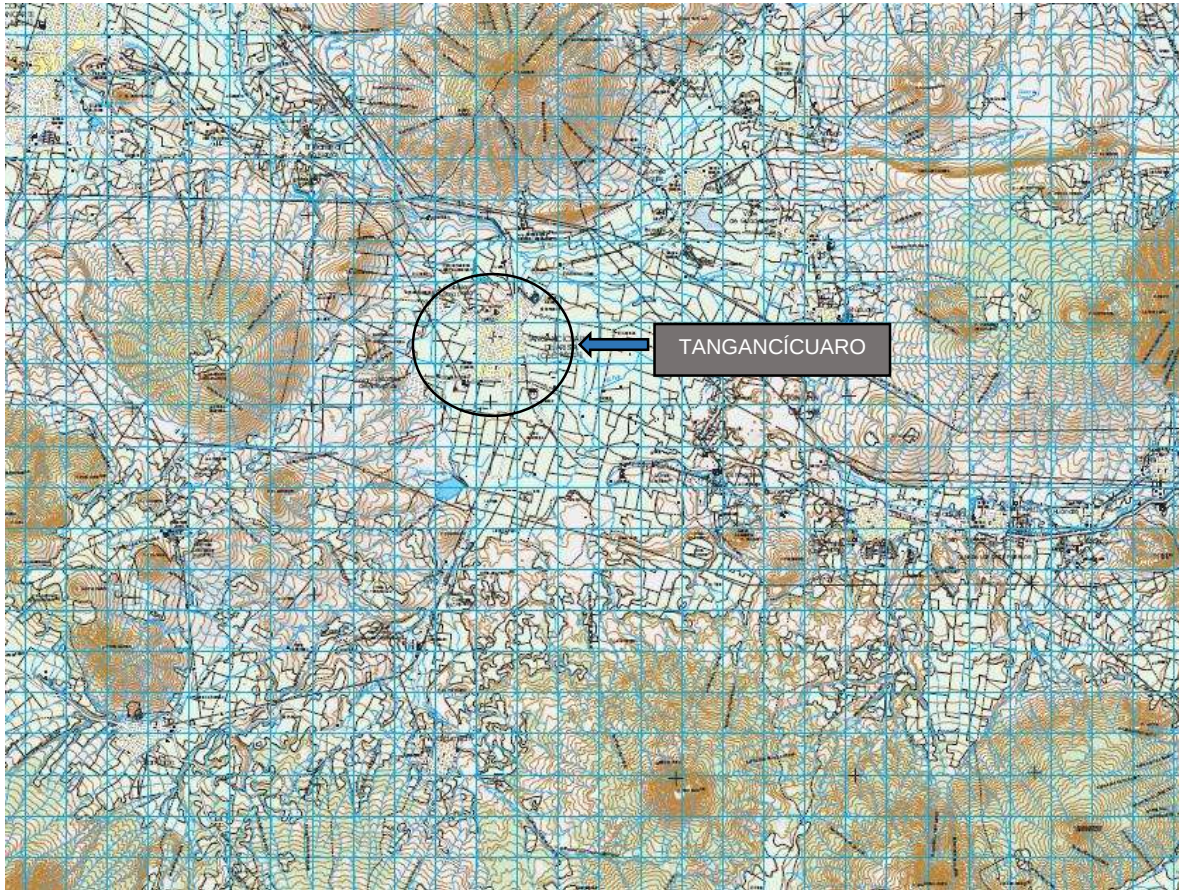


Figura 3.4. Carta topográfica E13B19. (INEGI, 2017)

3.1.5.- HIDROGRAFÍA

La hidrografía de Tangancícuaro la constituyen el río Duero, con su afluente de El Arroyo de Epejo, y los ojos de agua de Junguarán, Camécuaro y Cupátziro. (INAFED, 2017).

En la tabla 3.1 se muestra información del prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tangancícuaro, Michoacán de Ocampo, 2009. La cual aporta información hidrográfica.

Tabla 3.1 Hidrografía de Tangancícuaro, Mich.

Región hidrológica	Lerma-Santaigo (99.06%) y Balsas (0.94%).
Cuenca	R. Lerma-Chapala (99.06%) y R. Tepalcatepec (0.94%).
Subcuenca	R. Duero (99.06%) y R. Itzícuaru (0.94%).
Corrientes de agua	Perennes: Potrero del Chino y Duero. Intermitentes: Tierras Blancas, Colorado, La Caja, Hondo, Llano Grande, Urepetiro y Tucusguansunio.
Cuerpos de agua	Perenne (0.08%): El Casangue.

Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tangancícuaro, Michoacán de Ocampo, 2009.

3.1.6.- GEOLOGÍA

En la tabla 3.2 se muestra información del prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tangancícuaro, Michoacán de Ocampo, 2009. La cual aporta información Geológica.

Tabla 3.2 Geología de Tangancícuaro, Mich.

Periodo	Plioceno-Cuaternario (74.22%), Cuaternario (21.60%) y Neógeno (2.53%).
Roca	Ígnea extrusiva: basalto; (73.67%), brecha volcánica básica; (1.37%), basalto-brecha; volcánica básica (0.55%), dacita (0.42%) y andesita (2.11%).
Suelo	Aluvial (19.03%) y residual (1.20%).

Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tangancícuaro, Michoacán de Ocampo, 2009.

3.1.7.- EDAFOLOGÍA

En la tabla 3.3 se muestra información del prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tangancícuaro, Michoacán de Ocampo, 2009. La cual aporta información Edafológica.

Tabla 3.3 Geología de Tangancícuaro, Mich.

Suelo dominante	Vertisol (34.03%), Luvisol (27.00%), Andosol (26.23%), Cambisol (5.02%) y Phaeozem (4.82%).
------------------------	---

Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tangancícuaro, Michoacán de Ocampo, 2009.

3.1.8.- CLIMA

En la tabla 3.4 se muestra información del prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tangancícuaro, Michoacán de Ocampo, 2009. La cual aporta información sobre el clima.

Tabla 3.4 Clima de Tangancícuaro, Mich.

Rango de temperatura	10 – 20°C.
Rango de precipitación	800 – 1 200 mm.
Clima	Templado subhúmedo con lluvias en verano.

Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tangancícuaro, Michoacán de Ocampo, 2009.

3.2.- MARCO SOCIAL

En el marco social se pretende abordar las actividades económicas, nivel socioeconómico y aspectos demográficos de un entorno y como se desenvuelven dentro de la sociedad. A continuación se describen cada uno de los puntos mencionados anteriormente.

3.2.1.- NIVEL SOCIOECONÓMICO

El nivel socioeconómico es una estructura jerárquica basada en la acumulación de capital económico y social, la dimensión económica representa el patrimonio de bienes materiales, la dimensión social representa el acervo de conocimientos, contactos y redes sociales.

En otras palabras el nivel socioeconómico representa la capacidad para acceder a un conjunto de bienes y estilo de vida.

Según el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social “CONEVAL”, el cual construyó el Índice de rezago social, incorporando indicadores de educación, de acceso a servicios de salud, de servicios básicos, de calidad y espacios en la vivienda, y activos en el hogar. Tiene como finalidad ordenar a las unidades de observación según sus carencias sociales.

Los resultados de la estimación del índice de rezago social se presentan en cinco estratos. Se utiliza la estratificación con base en la metodología de Dalenius & Hodges, dado que permite que dentro de cada estrato las unidades sean lo más homogéneas posibles y entre los estratos lo más distintos posibles. Los cinco estratos en que se distribuye el índice son: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto rezago social. (Inventario Nacional de Viviendas, INEGI-CONEVAL, 2016)

A continuación se muestra la siguiente tabla indicando los diferentes estratos que presenta el municipio y cada localidad. En la tabla 3.5 se muestran las principales localidades y su grado de rezago social.

Tabla 3.5 Grado de rezago social de Tangancícuaro y sus localidades.

Municipio y Localidades	Grado de rezago social
Tangancícuaro	Muy bajo
Aranza	Medio
Buena vista	Bajo
Las Cañas	Medio
Etucuario	Bajo
Francisco J. Mujica	Bajo
Paramo	Medio
Gómez Farías	Bajo
Guarachanillo	Medio
Los Lobos	Bajo
Noroto	Bajo
Patamban	Medio
Adolfo Ruiz Cortines	Medio
San Antonio Ocampo	Bajo
San José de Gracia	Medio
Sauz de Guzmán	Bajo
Tenguecho	Medio
Tierras Blancas	Bajo
Valle de Guadalupe	Muy bajo
Col. Emiliano Zapata	Bajo
Col. Jungaran	Bajo
Colonia las Malvinas (Antorcha)	Bajo
Col. La lomita	Bajo
Las Lomas (Mirador)	Bajo
Nuevo Sauz de Guzmán	Medio

Fuente: Inventario Nacional de Viviendas, INEGI-CONEVAL, 2016.

Como se puede observar en la tabla anterior en la población y las localidades el nivel de pobreza es bajo ya que tomando datos del CONEVAL el grado de rezago social para el municipio es bajo, lo cual quiere decir que se encuentra bien en cuanto a educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda.

3.2.2.- ACTIVIDADES ECONÓMICAS

a).- Agricultura

La actividad agrícola es de suma importancia para el municipio siendo sus principales cultivos: el maíz, trigo, sorgo, fresa, cebolla, calabacita, jitomate, tomate, frijol, alfalfa, garbanzo, cebada, chile verde, papa y brócoli.

b).- Ganadería

Las principales crías son: bovino, caprino, porcino, ovino, aves de corral y colmenas.

c).- Industrial

El municipio cuenta con una industria establecida como son Fabricas congeladoras, descremadoras, empacadoras, plantas forrajeras, molino de trigo, curtidoras, fábrica de mosaicos, tabique, tubos y aserraderos siendo está la principal actividad económica del municipio.

d).-Turismo

Por sus condiciones naturales el municipio cuenta con lugares propios para el desarrollo turístico, el cual constituye una actividad de vital importancia, para el desarrollo económico. Cuenta con el Parque Nacional Lago de Camécuaro, una Zona Arqueológica, manantiales y balnearios.

e).- Comercio

Este municipio cuenta con plazas comerciales, tiendas de ropa, muebles, calzado, alimentos, ferreterías, materiales, farmacias, boticas, papelerías, librerías, bancos. Donde la población adquiere los artículos de primera y segunda necesidad.

f).- Artesanías

El municipio se caracteriza por su alfarería, da cantaros, ollas, cazuelas, platos, jarrones y la cerámica vidriada de verde que es la especialidad.

Los datos anteriores fueron extraídos del INAFED, 2017.

3.2.3.- ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

En el II Censo de Población y Vivienda del 2010 el municipio registró 34,052 habitantes, que representan el 0.76% de la población total del Estado y se concentra en 39 localidades. Las más pobladas son la cabecera municipal con 47.02%, Patamban (Patambam) con 10.91%, Colonia las Malvinas (Colonia Antorcha) 6.36%, y Etúcuaro con 3.98%. La población se concentró, en un 57.92%, en localidades mayores a los 2,500 habitantes, es decir en zona urbana.

La población registrada en el año 2010, es preferentemente femenina, ya que las mujeres representan el 53.18% del total, mientras que el sexo masculino significa el 46.82% restante.

El municipio ha mostrado altibajos en su tasa de crecimiento: en varios períodos consecutivos, disminuyendo en 1970-1980 en 0.45, en 1980-1990, 0.92, 1990-2000 -0.30 y en 2000-2005 -0.88 en promedio anual. El grado de marginación del municipio es medio con un índice de - 0.50355 en el 2010. En el estado, se ubica en el lugar 40 en el índice de desarrollo humano. (H. Ayuntamiento de Tangancícuaro, 2017).

CAPÍTULO IV ESTUDIOS PRELIMINARES



En este apartado se presenta los estudios previos requeridos para un relleno sanitario; es necesario definir la población objetivo; tanto la actual, como la de proyecto. Con estos datos se podrá definir la magnitud del relleno sanitario, así como sus características de diseño, constructivas y de operación.

4.1.- PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

A continuación, en la tabla 4.1 se muestran las principales localidades y su número de habitantes, con los últimos censos y conteos del INEGI, correspondientes al municipio de Tangancícuaro. En esta se muestra las principales localidades, las cuales serán consideradas para el diseño del relleno sanitario, ya que estas generaran volúmenes de residuos sólidos considerables y los cuales que se les dará confinamiento.

Tabla 4.1 registros censales de las principales localidades.

Municipio y Localidades	Población		
	Censo	Conteo	Censo
	2000	2005	2010
Tangancícuaro	14791	14129	15068
Aranza	271	335	396
Buena vista	370	312	381
Las Cañas	29	25	15
Etucuaró	1486	1197	1263
Francisco J. Mujica	379	218	255
Paramo	885	612	649
Gómez Farías	1409	972	893
Guarachanillo	364	311	393
Los Lobos	389	422	477
Noroto	277	308	356
Patamban	3526	3280	3602
Adolfo Ruiz Cortinez	928	866	1277
San Antonio Ocampo	1293	814	838
San José de Gracia	561	558	710
Sauz de Guzmán	530	494	582
Tenguecho	809	923	1028
Tierras Blancas	683	408	534
Valle de Guadalupe	836	681	625
Col. Emiliano Zapata	178	142	129
Col. Jungaran	40	36	58
Colonia las Malvinas (Antorcha)	1674	1912	2397
Col. La lomita	232	284	314
Las Lomas (Mirador)	7	0	28
Nuevo Sauz de Guzmán	135	144	187
Σ	32082	29383	32455

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2017.

4.1.1 APLICACIÓN DE LA NORMA NT-011-CNA-2001

Para determinar la población actual y de proyecto, se utilizará la norma NT-011-CNA-2001, la cual se aplicará con los censos y conteos obtenidos en INEGI.

Para el cálculo de la población se utilizarán los últimos dos censos de las localidades, con los que se determinará la tasa de crecimiento (Tc). En la tabla 4.2 se muestra el total de la población, tanto de censos y el conteo, en sus respectivos años, dado que este relleno dará servicio a todas las localidades del municipio.

Tabla 4.2 población de Tangancícuaro y sus localidades.

Evento	Año de registro (t)	Población (P)
Censo	2000	32082
Conteo	2005	29383
Censo	2010	32455

Aplicando la fórmula para los **censos 2010 y 2000**:

Utilizando la fórmula para determinar la población proyecto a cierto número de años posteriores:

$$P(i + n) = P_i(1 + Tc)^n$$

La fórmula para calcular la tasa de crecimiento (Tc), expresada en porcentaje:

$$Tc\% = \left(\left(\frac{P_i + n}{P_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) * 100$$

Donde:

Pi: población que existe al iniciar el periodo de tiempo “i” (con solo un decimal).

P(i+n): Población que habrá “n” periodos después de tiempo “i”.

Tc: Tasa de crecimiento promedio entre cada par de periodos consecutivos (por recomendación, este valor debe de estar en un rango de 0.5% y 5% para que sea aplicable la norma).

n: Número de periodos que hay entre Pi y Pi+n, (el tiempo transcurrido entre la condición inicial y final).

Calculando el valor de la tasa de crecimiento (**Tc**) para **2018**, resulta:

n=10 años

$$Tc\% = \left(\left(\frac{32455}{32082} \right)^{\frac{1}{10}} - 1 \right) * 100 = 0.12\%$$
$$Tc\% = 0.12\%$$

En este caso el valor de Tc, está por debajo del rango de 0.5% y 5% por lo cual se toma la decisión de **desecharlo**.

A continuación se aplicará la fórmula para el **censo 2010 y conteo 2005**.

Calculando el valor de la tasa de crecimiento (**Tc**) para **2018**, resulta:

n=5 años

$$Tc\% = \left(\left(\frac{32455}{29383} \right)^{\frac{1}{5}} - 1 \right) * 100 = 2.01\%$$
$$Tc\% = 2.01\%$$

Por lo que la Tc, está dentro del rango aceptable, entre 0.5% y 5%, por lo cual se toma la decisión de **Tomarlo**.

Sustituyendo los valores en la fórmula para conocer la población tenemos

Población para **2018** (población actual).

Datos:

Población al 2010 (P_i) = 32455 hab.

Número de años al 2018 (n) = 8 años

Sustituyendo los valores en la fórmula:

$$P(2018) = 32455(1 + 0.0201)^8 = 38,056.04 \text{ hab.}$$

Por lo cual la población para el 2018 es de **38,057 habitantes**.

Ahora se aplicará la fórmula para la población proyecto (a 20 años).

Población para **2038**.

Datos:

Población al 2010 (P_i) = 32455 hab.

Número de años al 2038 (n) = 28 años

Sustituyendo los valores en la fórmula:

$$P(2038) = 32455(1 + 0.0201)^{28} = 56,660.26 \text{ hab.}$$

Por lo cual la población proyecto para el 2037 = **56,661 habitantes**.

En la tabla 4.3 siguiente, se muestran los resultados después de haber aplicado la norma NT-011-CNA-2001.

Tabla 4.3 Resultados de la norma NT-011-CNA-2001.

Tc	2.01%
P(2018)	38,057 hab.
P(2038)	56,661 hab.

Una vez obtenida la población, se procederá a calcular la cantidad de toneladas generadas al día, ya que con este valor podremos saber los estudios requeridos para el relleno.

4.1.2 TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA POBLACIÓN

Según datos del H. Ayuntamiento de Tangancícuaro, en el año 2018 se tiene un promedio de recolección de 32 toneladas diarias.

De lo anterior, si se dividen las 32 toneladas (32,000 kg) entre la población actual (38,057), resulta una tasa de generación de 0.84 kg/hab/día. En la tabla 4.4 se muestra la cantidad de residuos estimada para cada año de proyecto durante la vida útil del relleno sanitario.

Se deberá tener en cuenta que, la tasa de generación se tomará de 0.84 kg/hab/día, lo cual generará un crecimiento lineal. Para cumplirlo, se deberá tener en cuenta la selección de subproductos para reciclaje para poder mantener esta tasa o incluso disminuirla.

Tabla 4.4 Tabla de la cantidad de residuos de cada año.

Año	Población (hab)	ppc (kg/hab/día)	Cantidad de residuos solidos		
			Diaria (kg/día)	Anual (t/año)	Acumulado (t)
0 (2018)	38057	0.84	32000	11680	11680
1 (2019)	38821	0.84	32642	11914	23594
2 (2020)	39602	0.84	33299	12154	35749
3 (2021)	40398	0.84	33968	12398	48147
4 (2022)	41210	0.84	34651	12648	60795
5 (2023)	42038	0.84	35347	12902	73697
6 (2024)	42883	0.84	36058	13161	86858
7 (2025)	43745	0.84	36783	13426	100283
8 (2026)	44624	0.84	37522	13695	113979
9 (2027)	45521	0.84	38276	13971	127950
10 (2028)	46436	0.84	39045	14252	142201
11 (2029)	47369	0.84	39830	14538	156739
12 (2030)	48322	0.84	40631	14830	171570
13 (2031)	49293	0.84	41448	15128	186698
14 (2032)	50284	0.84	42281	15433	202131
15 (2033)	51294	0.84	43130	15743	217873
16 (2034)	52325	0.84	43997	16059	233932
17 (2035)	53377	0.84	44882	16382	250314
18 (2036)	54450	0.84	45784	16711	267025
19 (2037)	55544	0.84	46704	17047	284072
20 (2038)	56661	0.84	47642	17389	301461

Al finalizar el periodo de diseño se estima en 301,461 toneladas, por lo tanto, el relleno sanitario debe ser suficiente para recibirlas y confinarlas, esto derivado del crecimiento poblacional durante el transcurso del tiempo.

Se deberá fomentar la disminución de la producción diaria por habitante, implementando medidas como: compostaje y acopio de residuos susceptibles de ser valorizados.

4.1.3 CATEGORÍA DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL

Tomando en cuenta la norma NOM-083-SEMARNAT-2003, la cual establece las “especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial”.

De esta norma, se deberá seleccionar la categoría del relleno sanitario correspondiente, de acuerdo a la cantidad de toneladas de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que ingresaran por día, como se establece en la tabla 4.4 siguiente.

Tabla 4.4 Categorías de los sitios de disposición final.

TIPO	TONELAJE RECIBIDO TON/DÍA
A	MAYOR A 100
B	50 HASTA 100
C	10 Y MENOR A 50
D	MENOR A 10

Fuente: NOM-083-SEMARNAT-2003.

El tonelaje proyectado a recibir es de 47.64 T/día, valor que se encuentra 10 y menor a 50, por lo cual y con base en lo anterior, el relleno sanitario se clasificaría como tipo “C”, el cual deberá cumplir con las especificaciones marcadas en la propia norma.

4.1.4 ESTUDIOS REQUERIDOS

Los estudios que se deben realizar para la cumplir con la norma NOM-083-SEMARNAT-2003 “Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.” se muestran en la tabla 4.5 siguiente.

Tabla 4.5 Requisitos y especificaciones generales para los sitios de disposición final.

Requisitos	Tipo de sitio de disposición final			
	A	B	C	D
Especificaciones de selección del sitio				
-Restricciones	•	•	•	•
-Estudios y análisis previos a la selección del sitio	•			
-Estudios y análisis previos a la construcción				
◦Topográfico	•	•	•	
◦Geotécnico	•	•	•	
◦Geológico/Hidrológico	•	•		
◦Generación y composición de los residuos	•	•	•	
◦Generación de biogás	•	•		
◦Generación de lixiviados	•	•		
Características constructivas y operativas				
-Barrera impermeable (cm/s)	1.00E-07	1.00E-07	1.00E-07	1.00E-05
-Extracción, Captación, Conducción y control de biogás	•	•	•	
-Captación y extracción de lixiviados	•	•	•	
-Drenaje pluvial	•	•	•	
-Área de emergencia	•	•	•	
-Compactación (Kg/m3)	600-700	<500	<400	<300
-Cobertura	Diaria	Diaria	Diaria	Semanal
-Control de entrada de residuos	•	•	•	•
-Obras complementarias	Ver NOM	Ver NOM	Ver NOM	Cerca Perimetral
-Manual de operaciones	•	•	•	
-Programa de monitoreo ambiental	•	•	•	
Clausura del sitio				
-Cubierta final	Ver NOM	Ver NOM	Ver NOM	Ver NOM
-Conformación final	•	•	•	•
-Mantenimiento	•	•	•	•
-Programa de monitoreo	•	•	•	•

Fuente: NOM-083-SEMARNAT-2003.

Como se puede observar en la tabla, para el sitio de disposición final tipo C, el cual corresponde al caso de este proyecto, los estudios y análisis previos a la construcción deben de ser, según la NOM-083-SEMARNAT-2003: Topográfico, Geotécnico, Hidrológico y el de generación y composición de los residuos.

A).- Estudio Topográfico

Se debe realizar un estudio topográfico incluyendo planimetría y altimetría a detalle del sitio seleccionado para el sitio de disposición final. (NOM-083-SEMARNAT-2003).

B).- Estudio Geológico.

Deberá determinar el marco geológico regional con el fin de obtener su descripción estratigráfica, así como su geometría y distribución, considerando también la identificación de discontinuidades, tales como fallas y fracturas. Asimismo, se debe incluir todo tipo de información existente que ayude a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio; esta información puede ser de cortes litológicos de pozos perforados en la zona e informes realizados por alguna institución particular u oficial. (NOM-083-SEMARNAT-2003).

C).- Estudio Hidrológico.

Evidencias y uso del agua subterránea.- Definir la ubicación de las evidencias de agua subterránea, tales como manantiales, pozos y norias, en la zona de influencia, para conocer el gradiente hidráulico. Asimismo, se debe determinar el volumen de extracción, tendencias de la explotación y planes de desarrollo en la zona de estudio.

Identificación del tipo de acuífero.- Identificar las unidades hidrogeológicas, tipo de acuífero (confinado o semiconfinado) y relación entre las diferentes unidades hidrogeológicas que definen el sistema acuífero.

Análisis del sistema de flujo.- Determinar la dirección del flujo subterráneo regional.

Fuente: NOM-083-SEMARNAT-2003.

D).- Estudio de generación y composición de los residuos.

Este estudio, como su nombre lo dice, es para saber qué cantidad de residuos se generan, y de estos cuál es su composición en cuanto a si son residuos orgánicos, materiales reciclables y residuos que se deben sepultar.

CAPÍTULO V

DISEÑO DE INGENIERÍA BÁSICA DEL RELLENO SANITARIO



5.1 DETERMINACIÓN DEL ÁREA REQUERIDA PARA EL RELLENO

Para estimar el área requerida para una población al 2038 de 56,661 habitantes, con una tasa de generación de 0.84 kg/hab/día, considerando una compactación menor a 400 kg/m³, según la NOM-083-SEMARNAT-2003, proponiendo una profundidad de los residuos sólidos compactados de 5 m y una generación de residuos sólidos de 47.64 Ton/día, se determinará el área requerida como lo indica la guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales (Jorge Jaramillo, Universidad de Antioquia, Colombia, 2002), en la tabla 5.1, se muestra el análisis de volumen y área requerida para el relleno sanitario proyectado.

Tabla 5.1 Tabla para determinar el volumen y área que requerirá el relleno.

Año	Población (hab)	ppc (kg/hab/día)	Cantidades de residuos sólidos			Volumen (m3)				Residuos sólidos estabilizados		Área requerida (m2)		
			Diaria (kg/día)	Anual (t/año)	Acumulado (t)	Residuos sólidos compactados		Material de cobertura (m3)		Residuos sólidos estabilizados (m3/año)	Relleno sanitario (m3)	Relleno AR	Relleno AT	Total AT
						Diaria (m3)	Anual (m3)	Diaria	Anual					
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[11]	[11]	[12]	[13]	[14]
0														
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														

(3) = (1) x (2) Población x ppc.

(6) = [(3) x 7/6] / D_C Los residuos sólidos producidos en una semana son llevados al relleno durante los días de recolección. Normalmente entre el lunes y sábado (7 días de producción/ 6 días de recolección).

(8) = (6) x 0.2 Material de cobertura = entre 20 y 25% del volumen de residuos compactados.

(11) = (9) + (10) El volumen del relleno sanitario V_{RS} = material de cobertura + volumen de residuos estabilizados.

(13) = (12) / H Área por rellenar A_R = volumen acumulado del relleno / H

(14) = (13) x F H = altura del relleno estimada

Área total A_T = área por rellenar x F

F = Factor para estimar el área adicional (entre 20 y 30%)

RELLENO SANITARIO MANUAL

DENSIDAD DE LA BASURA (kg/m³)

D_S: Suelta 200 a 300

D_C: Compactada 400 a 500

D_E: Estabilizada 500 a 600

Con los datos con que se cuenta, se puede dar solución a la tabla 5.1, por lo que a continuación se muestran los resultados obtenidos en dicha tabla:

Tabla 5.2 Resultados para determinar el volumen y área que requiere el relleno.

Año	Población (hab)	ppc (kg/hab/día)	Cantidad de residuos sólidos			Volumen (m3)						Área requerida (m2)		
			Diaria (kg/día)	Anual (t/año)	Acumulado (t)	Residos solidos compactados		Material de cobertura (m3)		Resíduos sólidos estabilizados (m3/año)	Relleno sanitario			
						Diaria (m3)	Anual (m3)	Diaria	Anual		(m3)	Acumulada		
													Relleno AR	Total AT
0 (2018)	38057	0.84	32000	11680	11680	93.33	34066.67	18.67	6813.33	27253.33	34066.67	34066.67	6813.33	8857.33
1 (2019)	38821	0.84	32642	11914	23594	95.21	34750.56	19.04	6950.11	27800.45	34750.56	68817.23	13763.45	17892.48
2 (2020)	39602	0.84	33299	12154	35749	97.12	35449.67	19.42	7089.93	28359.74	35449.67	104266.90	20853.38	27109.39
3 (2021)	40398	0.84	33968	12398	48147	99.07	36162.21	19.81	7232.44	28929.77	36162.21	140429.11	28085.82	36511.57
4 (2022)	41210	0.84	34651	12648	60795	101.07	36889.07	20.21	7377.81	29511.26	36889.07	177318.18	35463.64	46102.73
5 (2023)	42038	0.84	35347	12902	73697	103.10	37630.25	20.62	7526.05	30104.20	37630.25	214948.43	42989.69	55886.59
6 (2024)	42883	0.84	36058	13161	86858	105.17	38386.65	21.03	7677.33	30709.32	38386.65	253335.08	50667.02	65867.12
7 (2025)	43745	0.84	36783	13426	100283	107.28	39158.27	21.46	7831.65	31326.62	39158.27	292493.35	58498.67	76048.27
8 (2026)	44624	0.84	37522	13695	113979	109.44	39945.11	21.89	7989.02	31956.09	39945.11	332438.46	66487.69	86434.00
9 (2027)	45521	0.84	38276	13971	127950	111.64	40748.06	22.33	8149.61	32598.44	40748.06	373186.52	74637.30	97028.49
10 (2028)	46436	0.84	39045	14252	142201	113.88	41567.12	22.78	8313.42	33253.69	41567.12	414753.63	82960.73	107835.94
11 (2029)	47369	0.84	39830	14538	156739	116.17	42402.29	23.23	8480.46	33921.83	42402.29	457155.92	91431.18	118860.54
12 (2030)	48322	0.84	40631	14830	171570	118.51	43255.37	23.70	8651.07	34604.29	43255.37	500411.29	100082.26	130106.93
13 (2031)	49293	0.84	41448	15128	186698	120.89	44124.56	24.18	8824.91	35299.64	44124.56	544535.84	108907.17	141579.32
14 (2032)	50284	0.84	42281	15433	202131	123.32	45011.65	24.66	9002.33	36009.32	45011.65	589547.49	117909.50	153282.35
15 (2033)	51294	0.84	43130	15743	217873	125.80	45915.75	25.16	9183.15	36732.60	45915.75	635463.24	127092.65	165220.44
16 (2034)	52325	0.84	43997	16059	233932	128.33	46838.65	25.67	9367.73	37470.92	46838.65	682301.88	136460.38	177398.49
17 (2035)	53377	0.84	44882	16382	250314	130.91	47780.34	26.18	9556.07	38224.27	47780.34	730082.23	146016.45	189821.38
18 (2036)	54450	0.84	45784	16711	267025	133.54	48740.84	26.71	9748.17	38992.67	48740.84	778823.06	155764.61	202494.00
19 (2037)	55544	0.84	46704	17047	284072	136.22	49720.13	27.24	9944.03	39776.10	49720.13	828543.19	165708.64	215421.23
20 (2038)	56660	0.84	47642	17389	301461	138.96	50719.11	27.79	10143.82	40575.29	50719.11	879262.30	175852.46	228608.20

Como se puede observar en la Tabla 5.2, se requiere una área de 228,608.20 m² (22.86 hectáreas), para el relleno sanitario con una altura propuesta de 5 metros, para almacenar un volumen de 879,262.30 m³ al finalizar la vida útil calculada.

De lo anterior se observa que es excesiva la superficie requerida, por lo cual se harán ajustes de cálculo en cuanto a la altura del relleno y la producción per cápita, en la cual se considerara la reducción, reutilización, reciclaje y composteo, los cuales se asume serán de manera gradual a 5 y 10 años

Tabla 5.2 Resultados para determinar el volumen y área que requiere el relleno.

Año	Población (hab)	ppc (kg/hab/día)	Cantidad de residuos sólidos			Residuos sólidos compactados				Material de cobertura (m ³)		Residuos sólidos estabilizados (m ³ /año)		Relleno sanitario (m ³)		Área requerida (m ²)	
			Diaria (kg/día)	Anual (t/año)	Acumulado (t)	Diaria (m ³)	Anual (m ³)	Diaria	Anual	Diaria	Anual	(m ³ /año)	(m ³)	Acumulada	Relleno AR	Total AT	
0 (2018)	38057	0.50	19029	6945	6945	55.50	20257.42	11.10	4051.48	11.10	4051.48	16205.94	20257.42	20257.42	2025.74	2633.47	
1 (2019)	38821	0.50	19411	7085	14030	56.61	20664.09	11.32	4132.82	11.32	4132.82	16531.28	20664.09	40921.52	4092.15	5319.80	
2 (2020)	39602	0.50	19801	7227	21258	57.75	21079.81	11.55	4215.96	11.55	4215.96	16863.85	21079.81	62001.33	6200.13	8060.17	
3 (2021)	40398	0.50	20199	7373	28630	58.91	21503.52	11.78	4300.70	11.78	4300.70	17202.82	21503.52	83504.85	8350.49	10855.63	
4 (2022)	41210	0.50	20605	7521	36151	60.10	21935.74	12.02	4387.15	12.02	4387.15	17548.59	21935.74	105440.59	10544.06	13707.28	
5 (2023)	42038	0.50	21019	7672	43823	61.31	22376.48	12.26	4475.30	12.26	4475.30	17901.18	22376.48	127817.07	12781.71	16616.22	
6 (2024)	42883	0.45	19297	7044	50867	56.28	20543.64	11.26	4108.73	11.26	4108.73	16434.91	20543.64	148360.71	14836.07	19286.89	
7 (2025)	43745	0.45	19685	7185	58052	57.42	20956.59	11.48	4191.32	11.48	4191.32	16765.27	20956.59	169317.30	16931.73	22011.25	
8 (2026)	44624	0.45	20081	7329	65381	58.57	21377.69	11.71	4275.54	11.71	4275.54	17102.15	21377.69	190694.98	19069.50	24790.35	
9 (2027)	45521	0.45	20484	7477	72858	59.75	21807.40	11.95	4361.48	11.95	4361.48	17445.92	21807.40	212502.38	21250.24	27625.31	
10 (2028)	46436	0.45	20896	7627	80485	60.95	22245.75	12.19	4449.15	12.19	4449.15	17798.60	22245.75	234748.13	23474.81	30517.26	
11 (2029)	47369	0.41	19184	7002	87487	55.95	20423.44	11.19	4084.69	11.19	4084.69	16338.75	20423.44	255171.57	25517.16	33172.30	
12 (2030)	48322	0.41	19570	7143	94631	57.08	20834.33	11.42	4168.87	11.42	4168.87	16667.47	20834.33	276005.90	27600.59	36880.77	
13 (2031)	49293	0.41	19964	7287	101917	58.23	21252.99	11.65	4250.60	11.65	4250.60	17002.39	21252.99	297259.89	29725.89	38643.66	
14 (2032)	50284	0.41	20365	7433	109351	59.40	21680.26	11.88	4336.05	11.88	4336.05	17344.21	21680.26	318939.15	31893.91	41462.09	
15 (2033)	51294	0.41	20774	7583	116833	60.59	22115.73	12.12	4423.15	12.12	4423.15	17692.58	22115.73	341054.88	34105.49	44337.13	
16 (2034)	52325	0.41	21192	7735	124668	61.81	22560.25	12.36	4512.05	12.36	4512.05	18040.20	22560.25	363615.13	36361.51	47289.97	
17 (2035)	53377	0.41	21618	7890	132558	63.05	23013.83	12.61	4602.77	12.61	4602.77	18411.06	23013.83	386628.96	38662.90	50261.76	
18 (2036)	54450	0.41	22052	8049	140608	64.32	23476.46	12.86	4695.29	12.86	4695.29	18781.17	23476.46	410105.41	41010.54	53313.70	
19 (2037)	55544	0.41	22495	8211	148818	65.61	23948.14	13.12	4789.63	13.12	4789.63	19158.51	23948.14	434053.56	43405.36	56426.96	
20 (2038)	56660	0.41	22947	8376	157194	66.93	24429.31	13.39	4885.86	13.39	4885.86	19543.45	24429.31	458482.87	45848.29	59602.77	

De la tabla 5.3, proponiendo una altura del relleno de 10 metros, con una tasa de generación de 0.50 kg/hab/día, y considerando una disminución del 10% después de 5 años, y otro de 10%, en los 10 años siguientes, considerando reciclaje, reutilización y composteo de los residuos e incrementando su eficiencia, por lo que se observa que el espacio requerido es de 6 hectáreas, aproximadamente, superficie que con mayor facilidad pudiera ubicarse en la zona de estudio.

5.2 PROPUESTA PARA LA UBICACIÓN

Para proponer la ubicación del relleno sanitario se realizará en apego a las especificaciones del apartado número 6 de la norma NOM-083-SEMARNAT-2003, la cual señala varias recomendaciones a tener en cuenta para determinar la mejor ubicación.

Especificaciones de la norma “NOM-083-SEMARNAT-2003”:

6.1.1 cuando un sitio de disposición final se pretenda ubicar a una distancia menor a 13 kilómetros del centro de la(s) pista(s) de un aeródromo de servicio público o aeropuerto. La distancia se determinara bajo un estudio de riesgo aviario.

6.1.2 No se deben ubicar sitios dentro de áreas naturales protegidas, a excepción de los sitios que estén contemplados en el Plan de manejo de éstas.

6.1.3 En localidades mayores de 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 m (quinientos metros) contados a partir del límite de la traza urbana existente o contemplada en el plan de desarrollo urbano.

6.1.4 No debe ubicarse en zonas de: marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas; ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas.

6.1.5 El sitio de disposición final se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior, se debe demostrar que no existirá obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que afecten la estabilidad física de las obras que integren el sitio de disposición final.

6.1.6 La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 m (quinientos metros) como mínimo.

6.1.7 La ubicación entre el límite del sitio de disposición final y cualquier pozo de extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero, tanto en operación como abandonados, será de 100 metros adicionales a la proyección horizontal de la mayor circunferencia del cono de abatimiento. Cuando no se pueda determinar el cono de abatimiento, la distancia al pozo no será menor de 500 metros.

El área que requerida para este relleno es de 5.95 Ha, se debe buscar un sitio que cumpla con esa área, el cual tenga caminos de acceso al lugar y una pendiente que se encuentre entre el 2% y el 30% para que se pueda aplicar el método de trinchera.

Para que las propuestas sean económicas no se deben encontrar a más de 10 Km de la mancha urbana.

5.2.1. UBICACIÓN DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL.

Teniendo en cuenta lo anterior, el sitio propuesto para el relleno sanitario será el siguiente: coordenadas geográficas 19°51'36" latitud norte, y 102°14'35" latitud oeste, dentro del municipio de Tangancícuaro, y a una distancia de este de 3.7 kilómetros. En la figura 5.1 se muestra la localización del lugar.



Figura 5.1. Imagen satelital de Tangancícuaro, Michoacán.

(GOOGLE EARTH, 2017).

5.2.2. CONSIDERACIONES DE LAS ESPECIFICACIONES LEGALES Y TÉCNICAS PARA EL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL.

Para poder proponer un sitio, se debe tomar en cuenta la edafología, así como la factibilidad técnica y económica, para obtener así la mejor propuesta en cumplimiento de la norma NOM-083-SEMARNAT-2003, y haciendo económica su operación. En la figura 5.2 se muestra la edafología de Tangancícuaro.

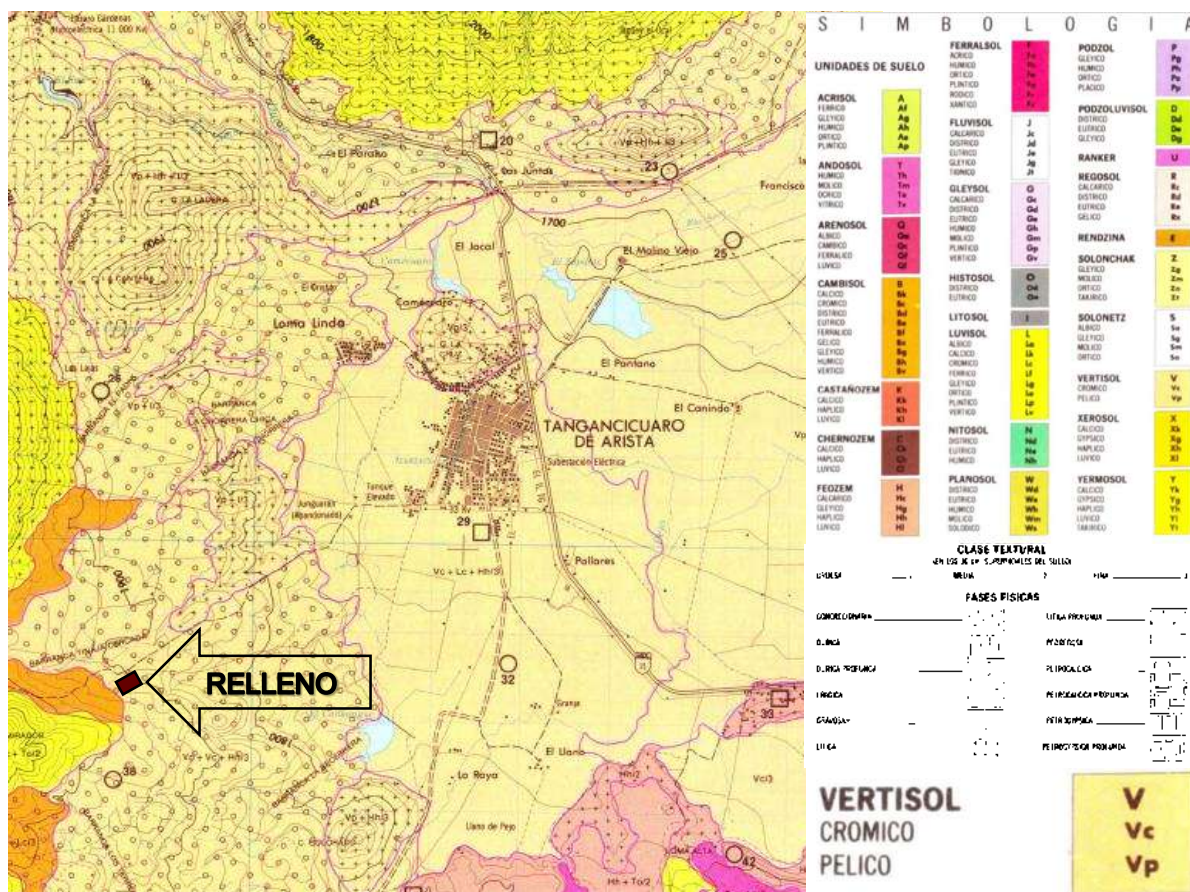


Figura 5.2. Carta edafológica de Tangancícuaro, Michoacán. (INEGI, 2017).

Como se puede observar, la edafología de Tangancícuaro, en la mayoría del territorio donde se ubica, se refiere a un suelo del tipo vertisol crómico y vertisol pelico, con fase física, lítica y gravosa. A continuación, se describirá cada uno de estos términos.

Vertisol. Del latín verto. Voltear. Literalmente suelo que se revuelve, que se voltea.

Son suelos que se presentan en climas templados y cálidos, en zonas en la que hay una marcada estación seca y otra lluviosa.

La vegetación natural de estos suelos va desde las selvas bajas hasta los pastizales y matorrales de los climas semisecos.

Se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellas en las épocas de sequía. Son suelos muy arcillosos, frecuentemente negros o grises en las zonas del centro y oriente de México; cafés rojizos en el norte.

Son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos. A veces son salinos.

Su utilización agrícola es muy extensa, variada y productiva. Son casi siempre muy fértiles pero presentan ciertos problemas para su manejo, ya que su dureza dificulta su labranza y con frecuencia presentan problemas de inundación y drenaje.

Tienen por lo general una baja susceptibilidad a la erosión.

Vertisol crómico. Del griego kromos: color.

Son vertisoles que se caracterizan por su color pardo o rojizo donde más frecuentemente se encuentran es en climas semisecos, y generalmente se han formado a partir de rocas calizas.

Vertisol pélico. Del griego pellos: grisáceo, sin color.

Estos son vertisoles negros o grises oscuros. Se encuentran en las costas, en el bajío y en la parte sur del país.

Lítica. Suelo con rocas duras a menos 50 cm de profundidad.

Gravosa. Suelo con muchas gravas a menos de 100 cm de profundidad y que limita o impide el uso de maquinaria agrícola. Las gravas miden de 0.2 a 7.5 cm en su parte más ancha.

La información anteriormente expuesta se obtuvo de la guía para la interpretación de cartografía edafológica. Instituto nacional de estadística, geografía e informática 2004.

El proyecto del relleno sanitario, se encuentra dentro del tipo de suelo Vertisol pélico, con una fase física gravosa; el cual es una arcilla. La arcilla está recomendada para la utilización en los rellenos por su buen nivel de impermeabilidad, por lo cual cumple con los requisitos para la ubicación del relleno.

5.2.3. EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL.

A continuación se evaluarán los puntos mencionados en el apartado 5.2, para verificar que la ubicación cumpla con la normatividad.

A) Ubicación en las cercanías de un aeródromo o aeropuerto.

El sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU) propuesto para la población de Tangancícuaro, estará ubicado a 19 kilómetros sureste del aeródromo de Zamora, con lo cual cumple con lo especificado en el punto 6.1.1 de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

B) Cercanía a áreas naturales protegidas.

El sitio de disposición final de RSU propuesto para la población de Tangancícuaro, está fuera de las áreas naturales protegidas del Estado de Michoacán, por lo cual cumple con lo especificado en el punto 6.1.2 de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

C) Cercanía a centros de población.

El sitio de disposición final de RSU de Tangancícuaro está a 1,200 metros de la mancha urbana, por lo cual cumple con lo especificado en el punto 6.1.3 de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

D) Ubicación en puntos no permitidos.

Como se puede observar en las figuras 5.1 y 5.2 que representa la localización del relleno sanitario, se tiene lo siguiente:

- Fuera de zonas de marismas, manglares, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas, caverna o fallas geológicas.
- Fuera de zonas de inundación.
- Cumple con una distancia mayor a 500 m respecto a cuerpos de agua, superficies con caudal continuo, lagos o lagunas.
- Fuera de zonas de restricción respecto a pozos en extracción de agua en operación y abandonados.

Por lo antes expuesto, se cumple con los apartados 6.1.4, 6.1.5, 6.1.6 y 6.1.7 de la NOM-083-SEMARNAT-2003; por lo que se llega a la conclusión de que **el sitio propuesto es totalmente factible para el establecimiento y construcción del relleno sanitario.**

5.3 PROYECTO DEL RELLENO SANITARIO

A continuación se presentará el proyecto del relleno sanitario, mostrando los planos arquitectónicos preliminares, también se describirán a detalle el método de operación sugerido, con el cual operará el relleno sanitario, las obras complementarias con las que deberá contar, los sistemas de impermeabilización que se utilizarán, así como la maquinaria y el personal con el que se deberá contar.

También se realizará una propuesta para captación y/o tratamiento de biogás y lixiviados, y otra propuesta para su clausura al finalizar su vida útil.

5.3.1 PLANO ARQUITECTÓNICO DEL RELLENO SANITARIO.

En la figura 5.3 se muestra el plano arquitectónico del relleno sanitario, mostrando cada uno de los espacios requeridos del mismo.

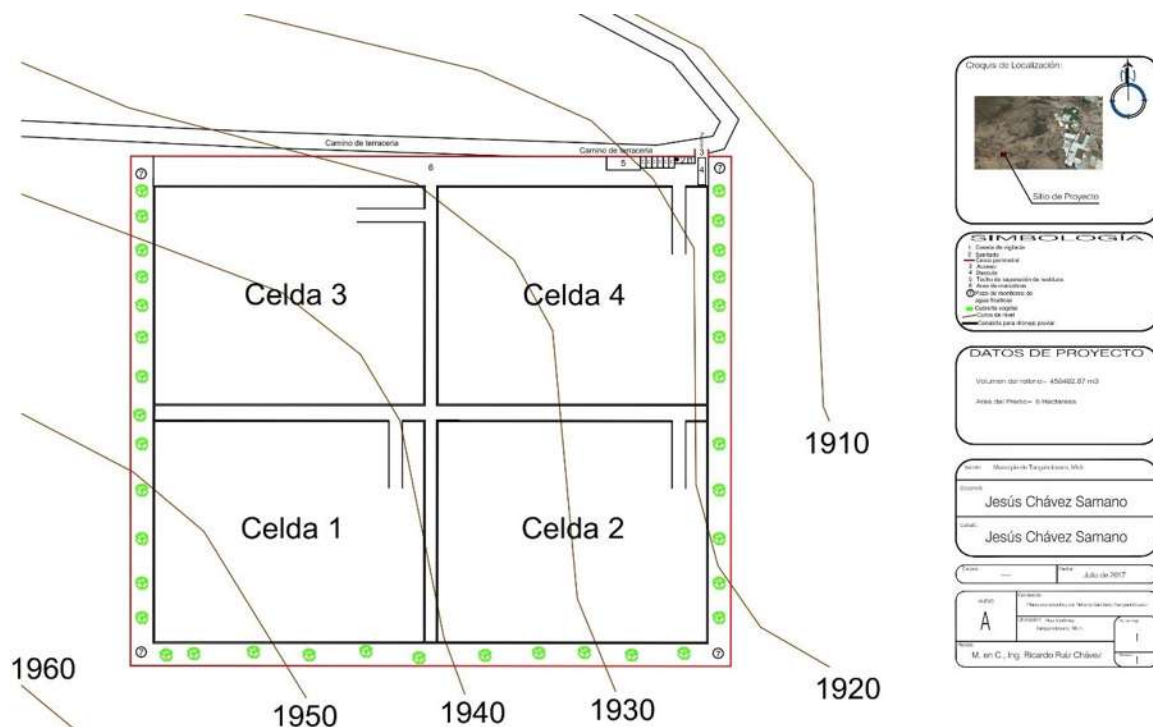


Figura 5.3. Plano arquitectónico del relleno sanitario.

5.3.2 MÉTODO DE OPERACIÓN.

El método de operación propuesto a utilizar en el relleno sanitario, es el método de zanja o trinchera, el cual consiste en depositar los residuos sólidos sobre el talud inclinado en la trinchera, talud con pendiente en relación 1:3, donde serán esparcidos y compactados con el equipo adecuado, en capas, hasta formar una celda, que después, será cubierta con el material excavado de la trinchera, con una frecuencia mínima de una vez al día, esparciéndolo y compactándolo sobre el residuo.

Este método es usado normalmente donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y las trincheras pueden ser excavadas utilizando equipos normales para movimientos de tierra, como se muestra en la siguiente figura (Figura 5.4).



Figura 5.4. Método de zanja o trinchera, (Milenio, 2018.)

5.3.3 OBRAS COMPLEMENTARIAS.

Las obras complementarias con las que deberá de contar el relleno sanitario tipo “C” son: caminos de acceso, cerco perimetral, caseta de vigilancia, control de acceso, vestidores, servicios sanitarios y franja de amortiguamiento (mínimo 10 metros).

- Caminos de acceso externos. El camino de acceso para llegar al relleno es un camino de terracería, el cual se tendrá que proponer hacerlo de asfalto para un mejor traslado de los camiones recolectores en tiempo de lluvias.

- Caminos de acceso internos. El acceso a las celdas de llenado, se realizará mediante camino de dos tipos. Los primeros serán permanentes y los segundos temporales.

El camino de acceso permanente tendrá una superficie de rodamiento de 5.00 metros de ancho y su longitud será de 296.78 metros, revestido con una capa de 0.20 metros de tenzontle para que pueda ser transitable durante cualquier época del año y se localiza en el perímetro del terreno.

- Cerca perimetral. La delimitación del relleno se logra mediante un cercado perimetral de malla ciclónica. La malla es de 2.00 metros de altura de 5x5 cm de abertura y calibre de 10.5 con puerta de 6.00 metros de largo con dos hojas abatibles, con carretilla en piso y pasador con porta candado.

El control de acceso de personal y vehículos se realizará mediante la puerta de malla ciclónica ubicada en la prolongación del camino de acceso.

- Caseta de vigilancia y control de acceso. La caseta será construida con materiales propios de la región, muros de tabique rojo recocido, pisos y losa de concreto; puertas y ventanas de aluminio que permitan la visibilidad de 360° para favorecer las labores de vigilancia. En este sitio se encontrará un elemento de seguridad que se encargara de restringir el acceso al sitio de disposición final. En la caseta también se localizará el checadore de acceso al sitio, cuya función es impedir la entrada a toda persona o vehículo, sin antes informar motivo de visita, así como lograr una identificación plena del visitante y un registro de su estancia en la obra con especificación del área y persona a quien acude a visitar, así como de los objetos que ingresen o salgan del relleno.

- Vestidores y servicios sanitarios. Se ubicarán cerca de la caseta de vigilancia y tendrá servicio sanitario, regaderas y vestidores.

- Báscula. Se ubicara frente a la caseta de vigilancia, para tener un control de la cantidad de residuos que entran al relleno sanitario en peso.

- Franja de amortiguamiento (mínimo 10 metros). Las franjas de amortiguamiento serán de 10 metros de ancho (cumpliendo con el ancho mínimo según la NOM-083-SEMARNAT-2003), donde se llevarán a cabo trabajos de preservación y reforestación.
- Techo para separación de residuos. Esta será móvil para mayor comodidad a la hora de hacer la separación de residuos, se construirá de estructura de acero para facilitar su movilidad dependiendo de la celda que se esté llenando.

5.3.4 SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN.

La protección de los mantos acuíferos, tiene la finalidad de evitar el contacto de los lixiviados con los escurrimientos pluviales tanto superficiales como subterráneos y el confinamiento; de igual manera, con el sistema de impermeabilización se evitará que los residuos estén muy húmedos, logrando impermeabilizar el terreno (ver punto 7.1 de la NOM-083-SEMARNAT-2003).

Debido a que el relleno se ubica en un suelo con material de cobertura vertisol, el cual lo constituyen sedimentos con una elevada proporción de arcillas, o productos de alteración de rocas que las generan, este tipo de suelo es de mencionar que funciona como barrera hidráulica. Aunque se trate de un material impermeable, se propone el uso de geomembrana o aditivos a la estructura del suelo, otorgando la impermeabilidad exigida.

El sistema de impermeabilización, deberá diseñarse para toda la base de las celdas del relleno sanitario, debiendo asegurar un coeficiente de conductividad hidráulica de 1×10^{-7} cm/s como es el caso de los sitios de disposición final clasificados como tipo C, la impermeabilización del terreno deberá asegurar un coeficiente igual o menor a la conductividad hidráulica exigida.

Para la utilización de geomembranas de polietileno de alta densidad, se recomienda cuando menos un espesor de 1.5 mm, se tiene planeado la utilización de dos geomembranas, para asegurar la impermeabilización; por lo cual se propondrá colocar una capa de material fino (arcilla) de 60 cm de espesor, después se deberá colocar una geomembrana de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de la marca Geo Total o similar, con un espesor de 0.75 mm, seguido de otra capa de arcilla de 15 cm para colocar otra Geo membrana de 1 mm, con lo cual la suma de los espesores de las dos geomembranas es 1.75 mm y es mayor al espesor mínimo requerido (1.5 mm) por lo cual se cumple la especificación.

Por encima de la última geomembrana, se deberá utilizar un Geo textil o neumáticos de desecho, mismos que permitirá el fácil drenado de los lixiviados.

El método de colocación de la geomembrana, se deberá realizar por medio de termofusión, una vez instalada, deberá ser recubierta en la parte superior con una capa de arcilla de 15 cm de espesor. (Ruiz-García, 2012).

5.3.5 MAQUINARIA Y PERSONAL CON EL QUE SE DEBE CONTAR.

A) Maquinaria.

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

-Tractor de cadenas marca Caterpillar modelo Cat D8R o equivalente en otra marca y modelo.

Este vehículo será utilizado para el desmonte, despalme, corte y sobre acarreo del material de desperdicio. En la figura 5.5. se muestra un ejemplo de esta máquina requerida.



Figura 5.5. Tractor de cadenas. (CATERPILLAR, 2018).

-Motoniveladora Cat. 130 G. O Equivalente.

Se utilizará para realizar trabajos de rastreo, acamellonamiento, conformación y nivelación de material para terraplén y/o material de revestimiento. Ejemplo: Figura 5.6.



Figura 5.6. Motoniveladora. (CATERPILLAR, 2018).

-Camión de volteo.

Para efectuar el acarreo de materiales necesarios para la construcción, se requiere un camión de volteo de 12 m³ de capacidad, con motor diésel de cualquier marca. Ver ejemplo en la figura 5.7.



Figura 5.7. Camión de volteo. (Mercado libre, 2018).

-Compactador de suelos 815B o equivalente.

Esta máquina realizara labores de compactación del suelo en las fases de preparación del suelo para impermeabilizarlo, de compactación del material de protección y de drenaje. Ejemplo: Figura 5.8.



Figura 5.8. Compactador de suelos. (CATERPILLAR, 2018).

-Camión Pipa.

Camión Pipa FAMSA, motor Mercedes diésel de 170 H.p. incluye tanque de 15 m³ de capacidad; necesario durante la compactación del material para terraplén. Ver ejemplo en la figura 5.9.



Figura 5.9. Camión Pipa. (Mercado libre, 2018).

-Cargador sobre orugas Cat. 963D o equivalente.

Con esta máquina se realizará la carga, acarreo y acomodo de material producto de excavación. Ejemplo: Figura 5.10.



Figura 5.10. Cargador sobre orugas. (CATERPILLAR, 2018).

-Retroexcavadora 426 B o equivalente.

Utilizada para realizar excavaciones de trincheras, cunetéo y carga de materiales. Ejemplo: Figura 5.11.



Figura 5.11. Retroexcavadora. (CATERPILLAR, 2018).

B) Personal.

La plantilla de personal que laborará dentro del relleno sanitario será la propuesta en la Tabla 5.3 siguiente.

Tabla 5.3 Requerimiento de personal en el relleno sanitario.

Puesto	Total
Residente General	1
Coordinador Operativo	1
Personal de separación y reciclaje	6
Mecánico	2
Operador de Maquinaria	5
Chofer de volteo	1
Velador	1
Vigilante	3
Almacenista	1
Topógrafo	1
Cuadrilla de topografía	2
Brigada de limpieza	2
TOTAL	26 personas

El relleno sanitario deberá contar con 26 personas para su adecuada operación y manejo, cuyas actividades principales se describen a continuación.

-Residente General.

Será la persona responsable de todas las actividades diarias del relleno sanitario, tales como compra y traslado de combustible para maquinaria, refacciones, encargado de radio o teléfono y revisar el registro de bitácoras y operaciones diarias.

-Coordinador operativo.

Persona encargada de llevar un control y planear estrategias adecuadas para la correcta operación del relleno.

-Personal de separación y reciclaje.

Personal encargado de la separación de los residuos, ya sea para reciclaje, reutilización o composteo, con la finalidad de llevar a las celdas solo los residuos que se deben sepultar.

-Mecánico.

Persona(s) encargada(s) del mantenimiento, revisión y reparación de la maquinaria, y vehículos con los que contará el relleno sanitario.

-Operador de maquinaria.

Personas encargadas de operar correctamente la maquinaria del relleno sanitario, para lograr llevar a cabo las maniobras necesarias para el buen funcionamiento del mismo.

-Chofer de volteo.

Será la persona responsable de operar el camión de volteo para el traslado de material de cobertura para el relleno sanitario. También responsable de la operación de la motoniveladora para el mantenimiento de los caminos de acceso al relleno.

-Velador.

Persona encargada de la vigilancia del relleno sanitario, después de terminadas las jornadas de trabajo de las personas que laboran en el relleno sanitario, normalmente turno nocturno y fines de semana.

-Vigilante.

Persona encargada de la entrada y salida de personas y vehículos en el relleno sanitario y operador de la báscula.

-Almacenista.

Persona encargada del acomodo de la separación de residuos para facilitar su manejo.

-Topógrafo.

Ingeniero Civil o ingeniero topógrafo, encargado del trazo y nivelación del terreno para el relleno, también es responsable de dar las alturas de las capas para las celdas diarias.

-Cuadrilla de topografía.

Personas que le ayudaran al topógrafo a hacer su trabajo, apoyando con el uso y posicionamiento de baliza, estatal o prismático reflectivo.

-Brigada de limpieza.

Personal encargado de la limpieza dentro del relleno sanitario, así como limpieza de caseta de vigilancia, sanitarios, caminos dentro del relleno y cerco perimetral.

5.3.6 PROPUESTA PARA CAPTACIÓN Y/O TRATAMIENTO DE BIOGÁS Y LIXIVIADOS.

A) Propuesta para captación y/o tratamiento de biogás.

El biogás generado en el sitio de disposición final, es producto de la degradación biológica de los RSU. Los gases que se producen en mayor proporción son metano, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y nitrógeno. El gas metano busca salida del interior de las celdas hacia la atmósfera, teniendo un riesgo de explosión si su concentración alcanza valores entre el 5 al 15% en volumen.

Se debe tener especial control del biogás cuando:

- Existan viviendas y/o edificios en las áreas circundantes al sitio de disposición final, y que principalmente los RSU depositados, tengan un alto contenido de materia orgánica.
- Que en los planes de uso futuro del sitio, se tenga considerado el acceso al público al terreno, por ejemplo, después de clausurado al finalizar su vida útil haber considerado un parque recreativo o área de esparcimiento social.
- Cuando las emisiones de biogás pongan en peligro la salud de la población por sus características fisicoquímicas.
- Que en el sitio se produzcan intensos olores desagradables para la población circundante.
- Que la presión del biogás, sea tal, que ocasione una fuerte migración lateral y/o afecte a la vegetación que rodea al sitio. Cuando en un sitio de disposición final no se cuente con un sistema de control y extracción del biogás, la captación de éste a diferencia de los lixiviados, puede realizarse posteriormente, aunque su eficiencia es menor que cuando se construye el sistema a partir del inicio de la operación del sitio. Existen varios sistemas para la captación del biogás y cuyo objetivo es alcanzar un control en la salida.

Para seleccionar el número de pozos de extracción se tiene que conocer la cantidad de residuos depositados diariamente, la profundidad promedio del sitio y el área del

mismo. Se estima que dos pozos por hectárea son suficientes, pero eso tiene que ser justificada a través de un cálculo.

Propuesta:

Se propondrán respiraderos de gas con quemador simple. Los sistemas indicados se deben instalar paulatinamente conforme al relleno del sitio, pero también pueden instalarse después de aplicar la cubierta final del sitio, excavando un pozo desde la superficie hasta llegar al cúmulo de residuos. Posteriormente el pozo se rellena con cascajo o piedra (no caliza, ya que se puede disolver con los gases ácidos) y conectado a la capa de base permeable por debajo del revestimiento mineral de la cubierta de sellado superior. Lo anteriormente mencionado se muestra en la figura 5.12.

- A) Monitoreo de biogás.- Se debe elaborar un programa de monitoreo de biogás, que tenga como objetivo, conocer el grado de estabilidad de los residuos y tomar las medidas de mitigación conducentes. Se deberá especificar los parámetros a determinar, equipos y técnicas a emplear, así como la frecuencia de muestreo. Se recomienda que para la composición del biogás (determinación de metano, bióxido de carbono, oxígeno y nitrógeno) se realicen muestreos y análisis (cuya frecuencia deberá ser fijada por la autoridad ambiental correspondiente), mientras que la determinación de niveles de explosividad, toxicidad y flujo de gases se puede efectuar de forma rutinaria diariamente.

Fuente: Guía de regularización NOM-083-SEMARNAT-2003.

- B) Propuesta para captación y/o tratamiento de lixiviados.- El lixiviado, es un líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado, de los materiales que constituyen los residuos, y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos, o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos, y que pueden dar lugar a la contaminación del suelo, y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos.

La infraestructura necesaria para su captación, incluye sistemas de impermeabilización, colocados con cierta pendiente para conducir por gravedad el lixiviado a los tubos colectores.

Este sistema colector, extrae el lixiviado y lo conduce a la planta de tratamiento, o cárcamo de bombeo de lixiviados, para ser llevado a una planta de tratamiento. El sistema de captación de lixiviados, requerido para los sitios

de disposición final de tipo A al C, deberá instalarse inmediatamente por encima del sistema de impermeabilización, sobre todo en las celdas en preparación. Estos sistemas deberán ser capas drenantes, ubicados en la base del sitio de disposición y sobre cualquier capa superior donde se espere tener acumulación de líquidos como se muestra en la figura 5.12.

Propuesta:

Por lo antes mencionado, se propone la recirculación periódica de los lixiviados a las celdas que ya se tengan construidas, con el fin de generar pérdidas por evaporación, y evapotranspiración, y a la vez, acelerar el proceso de digestión biológica que se da en los volúmenes de residuos debidamente confinados, después se almacenará y se enviará a una planta de tratamiento.

Monitoreo de lixiviados.- Este programa tiene el objetivo de conocer las características del lixiviado producido por los residuos depositados, y así tomar las medidas para su tratamiento. Se recomienda que la autoridad ambiental correspondiente sea quien determine la frecuencia para efectuar los análisis de pH, DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno) y metales pesados.

Fuente: Guía de regularización NOM-083-SEMARNAT-2003.

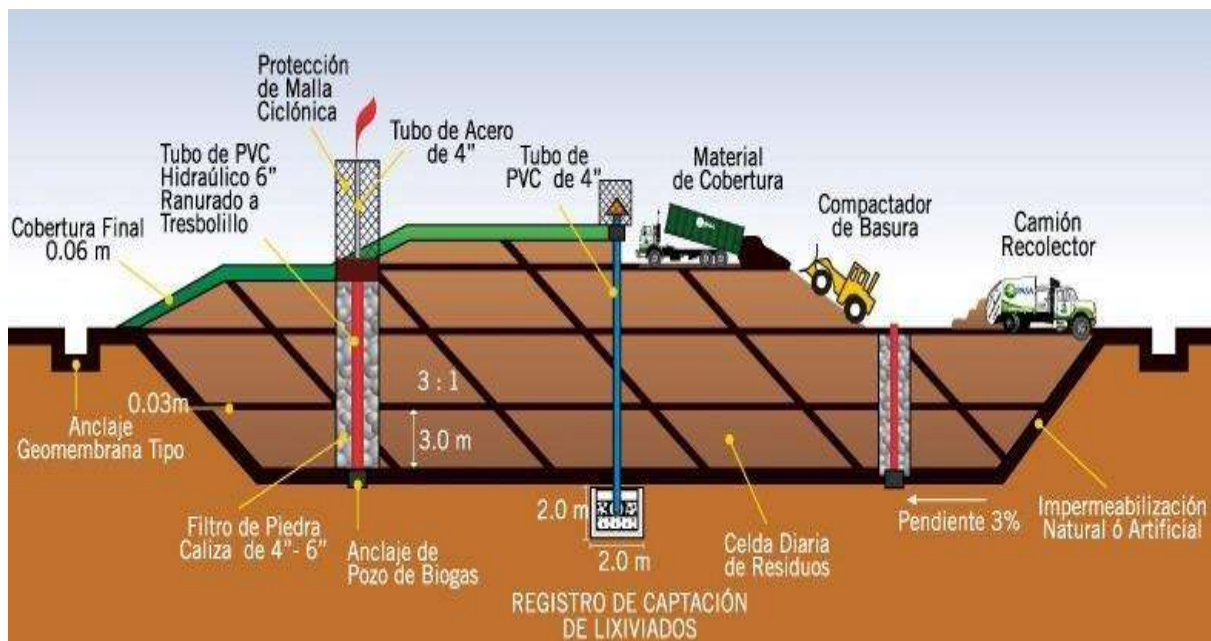


Figura 5.12. Captación y/o tratamiento de biogás y lixiviados. (Tomado de Ambiental Blog).

5.3.7 CLAUSURA.

La clausura final de algunas secciones, se debe al término de la vida útil de tales áreas, y se realiza para controlar las afectaciones ambientales que puedan ocurrir a raíz de la disposición de residuos ahí realizado. El objetivo de la clausura, es confinar los residuos sólidos depositados, de modo tal que, los daños al ambiente ocasionados por descomposición de los desechos y asentamiento del terreno sean mínimos, utilizando para ello técnicas de ingeniería. El uso final que puede darse a un sitio clausurado, es como área verde o instalaciones deportivas, nunca para edificación de casas habitación, escuelas, edificios, etc. Sin embargo, esto ocurre al finalizar completamente la operación del sitio de disposición final y todas sus secciones han sido clausuradas. Las áreas del sitio de disposición final que alcancen su altura, de acuerdo a lo proyectado en el diseño de ingeniería, y que tengan una extensión mínima de entre 1 y 2 hectáreas, deberán ser clausuradas parcialmente conforme al programa de avance. El diseño de la cubierta final, puede adaptarse a las recomendaciones que se hacen en el punto de la cubierta final, las cuales cumplen con los requerimientos marcados en la norma.

La clausura del sitio de disposición final, debe entenderse como la suspensión definitiva del depósito de residuos sólidos debida a: el término de su vida útil, a sus efectos de contaminación al ambiente, o bien, a las molestias y daño a la salud pública.

Plan de clausura:

Los planes de clausura, deben ser congruentes con el uso final del suelo que haya sido autorizado, y deberán incluir, entre otras cosas, las medidas para reducir los impactos de los residuos sólidos y sus subproductos, a través de los años mediante acciones de saneamiento ambiental, por lo que en los mismos, se debe contemplar la prevención de los siguientes aspectos:

- Infiltración del agua pluvial hacia el interior de los residuos sólidos depositados.
- Erosión de la cubierta final.
- Fuga incontrolada de biogás.
- Fuga incontrolada de lixiviados y su tratamiento.
- Contaminación de las aguas subterráneas.
- Lograr la estabilidad mecánica de los residuos sólidos depositados.

Actividades recomendadas para la clausura:

Las actividades recomendadas a efectuar antes de la clausura del sitio de disposición final son:

- Revisar los planos de clausura.
- Preparar las cédulas de registro del cierre.
- Preparar la calendarización final de las actividades de clausura.
- Notificar a la instancia reguladora.
- Notificar a los usuarios del sitio (municipio y/o privados).

Fuente: Guía de regularización NOM-083-SEMARNAT-2003.

Por lo antes mencionado, se propone el establecimiento de un parque recreativo posterior a la clausura del relleno sanitario, el cual será un proyecto que cuidará el ambiente por la gran cantidad de áreas verdes, también servirá como un lugar de esparcimiento y recreación para los ciudadanos. En la figura 5.13 se puede observar un ejemplo de la clausura de un relleno sanitario en Santa Fe, Ciudad de México; en el cual se construyó la universidad iberoamericana sobre el ex relleno sanitario.

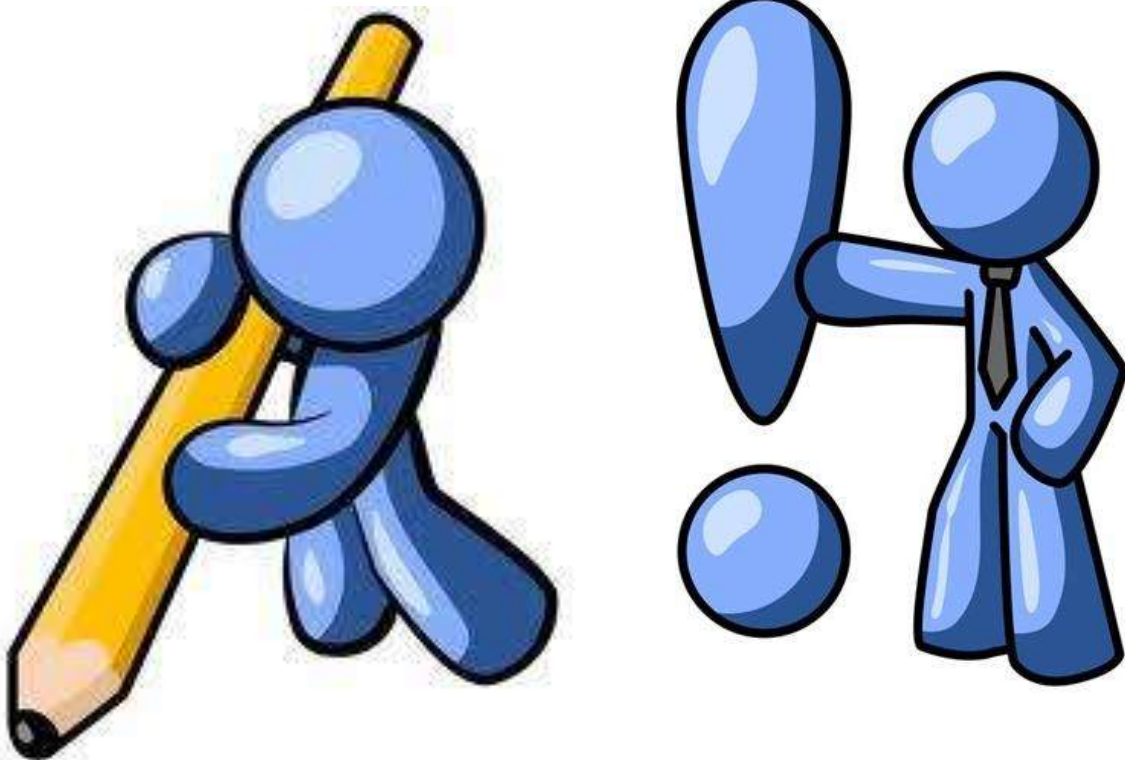


Figura 5.13 Universidad iberoamericana, santa fe, México. (wikimapia, 2018).

Para el proyecto de clausura, se mencionó anteriormente la utilización para un parque, pero en dado caso que el terreno sea útil para el cual lo requiera la sociedad y esté disponible, se podrá proponer el sitio para su utilización; siempre y cuando se verifique la estabilidad y los hundimientos diferenciales presentados en puntos de monitoreo del suelo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



6.1 CONCLUSIONES

Es necesario promover la construcción de rellenos sanitarios en todos los municipios que no cuenten con ellos, en los cuales solo se cuenta con tiraderos a cielo abierto; ya que los tiraderos a cielo abierto son un foco de infección por no tener el control de biogás y lixiviados, lo cual afecta a el medio ambiente y a los seres vivos.

En algunas ocasiones, como fue el presente trabajo, resultó algo difícil la elección del sitio de disposición final, para la ubicación del relleno sanitario; ya que la mayor parte de los terrenos cercanos a la población, con pendientes y caminos accesibles son utilizados para la agricultura. Pero dándose el tiempo necesario para encontrar un sitio disponible que cumpla con la normativa y el área requerida para su ubicación se puede proponer un lugar, como el que se presentó en esta tesis.

La mayoría de las personas no tienen la cultura de separar la basura, es de notarse la necesidad de la implementación de programas para hacer que las poblaciones sean conscientes del daño que representa y la cantidad de residuos que llegan a parar a los tiraderos a cielo abierto y a los rellenos sanitarios, que la mayoría de las veces, son materiales que se pueden reciclar o reutilizar, pero son sepultados por la falta de conocimiento o cultura de las personas.

6.2 RECOMENDACIONES

Para la construcción este proyecto, se deberán llevar a cabo los estudios de campo necesarios, ya que para la elaboración de este proyecto se planteó con modelos de elevación digital y cartas topográficas, las cuales dan una idea similar o relacionada con lo que se puede encontrar en el lugar. Entonces, para la construcción del relleno sanitario, se tendrán que hacer levantamientos topográficos de detalle, estudios hidrológicos, estudios edafológicos y estudios geotécnicos; para poder dar inicio con la construcción del mismo.

Una vez construido el relleno sanitario, será necesario capacitar al personal con el que se contará para lograr así su correcta operación.

Es necesario el monitoreo, aun después de su clausura, por lo cual se deberá elaborar y aplicar un programa de mantenimiento de post-clausura para todas las instalaciones del sitio de disposición final, por un periodo de al menos 20 años. Este periodo puede ser reducido cuando se demuestre que ya no existe riesgo para la salud y el ambiente.

CAPÍTULO VII BIBLIOGRAFÍA



7. BIBLIOGRAFÍA

Bing Maps. (2018). *Mapas*. Obtenido de: <https://www.bing.com/maps#>
Fecha de consulta: 02/11/2017

Caterpillar. (1997). *Manual de Eliminación de Residuos*. Obtenido de:
[http://www.ingenieroambiental.com/4004/GESTION%20DE%20RESIDUOS\(BIS\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4004/GESTION%20DE%20RESIDUOS(BIS).pdf) Fecha de consulta: 25/10/2017

CNA. (Comisión Nacional del Agua). (2001). *NOM-011-CNA-2001*. Norma oficial mexicana, conservación del recurso agua que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Obtenido de:
<http://info.ceajalisco.gob.mx/transparencia/pdf/ley/nom/cna/nt-011-cna-2001.pdf> Fecha de consulta: 25/10/2017

COCEF. (Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza). (2014). *Obras complementarias*. Obtenido de:
https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-17_03-12-20101862.pdf Fecha de consulta: 02/11/2017

DOF. (Diario Oficial de la Federación). (20 de 10 de 2004). *NOM-083-SEMARNAT-2003*. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Obtenido de:
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=658648&fecha=20/10/2004 Fecha de consulta: 15/09/2017

Google Earth. (2018). Modelo digital de elevación.

H. Ayuntamiento Tangancícuaro. (2018). *Turismo*. Obtenido de: <http://www.tangancicuaro.gob.mx/turismo>. Fecha de consulta: 8/01/2018

INAFED. (2017). *Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal*. Obtenido de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16085a.html> Fecha de consulta: 08/10/2017

INEGI. (2004). *Guías para la Interpretación de Cartografía Edafología*. Aguas Calientes: ISBN 970-13-4376-X. Fecha de consulta: 15/11/2017

INEGI. (2018). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de: <http://www.inegi.org.mx/> Fecha de consulta: 20/09/2017
http://cuentame.inegi.org.mx/mapas/pdf/entidades/div_municipal/michampioscolor.pdf Fecha de consulta: 20/09/2017
http://buscador.inegi.org.mx/search?q=zamora&client=ProductosR&proxystylesheet=ProductosR&num=10&getfields=*&sort=date%3AD%3AS%3Ad1&entsp=a__inegi_politica_p72&lr=lang_es%7Clang_en&oe=UTF-8&ie=UTF-8&ip=10.152.21.8&entqr=3&filter=0&site=ProductosBuscador&tlen=260 Fecha de consulta: 20/09/2017
http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/16/16085.pdf Fecha de consulta: 20/09/2017
<http://geoweb2.inegi.org.mx/ahl/realizaBusqueda.do>} Fecha de consulta: 20/09/2017
<http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/inv/default.aspx> Fecha de consulta: 20/09/2017

Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Obtenido de:

<http://redrrss.minam.gob.pe/material/20090128200240.pdf> Fecha de consulta: 25/10/2017

Milenio. (2017). *Imagen relleno puerto de chivos*. Obtenido de: http://www.milenio.com/region/basura-puerto_de_chivos-relleno_sanitario-atizapan_de_zaragoza-milenio-noticia_edomex_0_987501577.html Fecha de consulta: 15/01/2018

Ruiz, R., & Garcia, R. (2012). Apuntes de la materia de residuos sólidos.

ANEXOS



ANEXO A

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-SEMARNAT-2003

NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

JUAN RAFAEL ELVIRA QUESADA, Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 32 Bis fracciones I, II, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 36, 37, 37 Bis, 137 segundo párrafo, 160 y 171 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 38 fracción II, 40 fracciones III, X y XIII, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 51 y demás aplicables de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 33 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y

CONSIDERANDO

Que en cumplimiento a lo establecido en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con fecha 10 de octubre de 2003 se publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, con carácter de proyecto la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de que dentro de los 60 días naturales siguientes a su publicación, los interesados presentaran sus comentarios ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, sito en Bulevar Adolfo Ruiz Cortines número 4209, 5o. piso, colonia Jardines en la Montaña, código postal 14210, Delegación Tlalpan, Distrito Federal o se enviaran al fax 56-28-08-98 o al correo electrónico: debuen@semarnat.gob.mx, que para el efecto se señalaron. Durante el citado plazo, la Manifestación de Impacto Regulatorio correspondiente estuvo a disposición del público en general para su consulta en el citado domicilio, de conformidad al artículo 45 del citado ordenamiento.

Que en el plazo de los 60 días antes señalado, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto en cuestión, los cuales fueron analizados en el citado Comité, realizándose las modificaciones correspondientes al mismo. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales publicó las respuestas a los comentarios recibidos en el **Diario Oficial de la Federación** el día 29 de septiembre de 2004.

Que habiéndose cumplido con el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en sesión ordinaria de fecha 9 de junio de 2004, aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Por lo expuesto y fundado se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-SEMARNAT-2003, ESPECIFICACIONES DE PROTECCION AMBIENTAL PARA LA SELECCION DEL SITIO, DISEÑO, CONSTRUCCION, OPERACION, MONITOREO, CLAUSURA Y OBRAS COMPLEMENTARIAS DE UN SITIO DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS Y DE MANEJO ESPECIAL.

INDICE

0. Introducción
1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
5. Disposiciones generales
6. Especificaciones para la selección del sitio
7. Características constructivas y operativas del sitio de disposición final
8. Requisitos mínimos que deben cumplir los Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, tipo D (menos de 10 toneladas diarias)
9. Clausura del sitio
10. Procedimiento para la evaluación de la conformidad
11. Cumplimiento
12. Concordancia con normas internacionales
13. Bibliografía
14. Observancia de esta Norma

0. Introducción

El crecimiento demográfico, la modificación de las actividades productivas y el incremento en la demanda de los servicios, han rebasado la capacidad del ambiente para asimilar la cantidad de residuos que genera la sociedad; por lo que es necesario contar con sistemas de manejo integral de residuos adecuados con la realidad de cada localidad. Por tal motivo y como parte de la política ambiental que promueve el Gobierno Federal, se pretende a través de la presente Norma Oficial Mexicana (NOM), la cual regula la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, que los sitios destinados a la ubicación de tal infraestructura, así como su diseño, construcción, operación, clausura, monitoreo y obras complementarias; se lleven a cabo de acuerdo a los lineamientos técnicos que garanticen la protección del ambiente, la preservación del equilibrio ecológico y de los recursos naturales, la minimización de los efectos contaminantes provocados por la inadecuada disposición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial y la protección de la salud pública en general.

1. Objetivo

La presente Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones de selección del sitio, el diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

2. Campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para las entidades públicas y privadas responsables de la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

3. Referencias

NOM-052-SEMARNAT-1993, Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

4. Definiciones

Para efectos de la presente Norma Oficial Mexicana se consideran las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes:

4.1 Acuífero: Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas, que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

4.2 Agua subterránea: Agua que se encuentra en el subsuelo, en formaciones geológicas parcial o totalmente saturadas.

4.3 Altimetría: Información topográfica relativa a la configuración vertical o relieve del terreno, expresada mediante el trazo de curvas de nivel referidas a la altitud de bancos al nivel medio del mar.

4.4 Aprovechamiento de los residuos: Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía.

4.5 Área de emergencia: Área destinada para la recepción de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, cuando por fenómenos naturales y/o meteorológicos no se permita la operación en el frente de trabajo diario.

4.6 Áreas naturales protegidas: Zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del hombre, y que han quedado sujetas al régimen de protección.

4.7 Biogás: Mezcla gaseosa resultado del proceso de descomposición anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos, constituida principalmente por metano y bióxido de carbono.

4.8 Clausura: Sellado del área de un sitio de disposición final después de la suspensión definitiva de la recepción de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

4.9 Cobertura: Capa de material natural o sintético, utilizada para cubrir los residuos sólidos, con el fin de controlar infiltraciones pluviales y emanaciones de gases y partículas, dispersión de residuos, así como el contacto de fauna nociva con los residuos confinados.

4.10 Cobertura final de clausura: Revestimiento de material natural o sintético, o ambos; que se coloca sobre la superficie del sitio de disposición final, cuando éste ha cumplido su vida útil, abarcando tanto a los taludes como a los planos horizontales.

4.11 Control: Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas.

4.12 Conformación final: Configuración geométrica y de los niveles finales del sitio de disposición final.

4.13 Disposición final: Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos;

4.14 Estero: El depósito natural de aguas nacionales delimitado por la cota de la creciente máxima ordinaria.

4.15 Estratigrafía: Características y atributos de las capas de suelo y roca que permiten su interpretación, en términos de su estructura, superposición, origen, historia geológica y propiedades físicas.

4.16 Falla geológica: Cuando se producen desplazamientos relativos de una parte de la roca con respecto a la otra, como resultado de los esfuerzos que se generan en la corteza terrestre.

4.17 Fauna nociva: Especies animales potencialmente dañinas para la salud y los bienes, asociadas a los residuos.

4.18 Frente de trabajo: Area del sitio de disposición final en proceso de llenado, que incluye generalmente la descarga, esparcido, compactado y cubierta de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

4.19 Infiltración: Penetración de un líquido a través de los poros o intersticios de un suelo, subsuelo o cualquier material natural o sintético.

4.20 Interfase: Barrera de suelo natural, o intercalada con material sintético o natural, necesaria para evitar el paso de lixiviado. Se calcula por unidad de superficie y se expresa en metros (m) de espesor de suelo.

4.21 Lixiviado: Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos.

4.22 Marismas: Terreno bajo y pantanoso que inundan las aguas del mar, por las mareas y sus sobrantes, o por el encuentro de aguas de mar con las de los ríos en su desembocadura.

4.23 Manglar: Tipo de sociedades vegetales permanentemente verdes, tropicales, de tronco corto, que se desarrollan en depresiones de las costas marinas en la zona de mareas, pero protegidas del oleaje, en bahías, lagunas o esteros.

4.24 Material de cobertura final: Material natural o sintético, utilizado para cubrir los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

4.25 Manual de operación: Documento que describe las diferentes actividades involucradas en la operación del sitio de disposición final.

4.26 Mantenimiento de posclausura: Etapa de conservación de las estructuras para el control ambiental, las cubiertas, los caminos y la apariencia en general de un sitio de disposición final que ha sido clausurado.

4.27 Monitoreo ambiental: Conjunto de acciones para la verificación periódica del grado de cumplimiento de los requerimientos establecidos para evitar la contaminación del ambiente.

4.28 Obras complementarias: conjunto de instalaciones y edificaciones necesarias, para la correcta operación de un sitio de disposición final.

4.29 Pantano: hondonada en donde se recogen y se detienen las aguas, que presenta un fondo más o menos cenagoso.

4.30 Parámetros hidráulicos: La conductividad hidráulica, la porosidad, la carga hidráulica, el gradiente hidráulico y los coeficientes de almacenamiento y transmisibilidad, de una determinada unidad geohidrológica.

4.31 Percolación: Flujo de un líquido a través de un medio poroso no saturado, debido a la acción de la gravedad.

4.32 Permeabilidad: Propiedad que tiene una sección unitaria de un medio natural o artificial, para permitir el paso de un fluido a través de su estructura, debido a la carga producida por un gradiente hidráulico.

4.33 Planimetría: Es la parte del estudio topográfico que determina la ubicación de los límites del predio, describiendo geométricamente en un plano, cualquier elemento de significancia, como cursos o cuerpos de agua superficial, áreas de inundación, caminos, líneas de conducción

existentes (luz, agua, drenaje, gas, teléfono y árboles), así como todo tipo de estructuras y construcciones dentro del predio.

4.34 Población por servir: la población generadora de los residuos que son depositados en el sitio de disposición final.

4.35 Porosidad: relación del volumen de vacíos o poros interconectados en un medio determinado, con respecto a su volumen total.

4.36 Relleno sanitario: Obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructuras adicionales, los impactos ambientales.

4.37 Residuos Sólidos Urbanos: Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos.

4.38 Residuos de Manejo Especial: Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

4.39 Sistema de flujo: Dirección de flujo que sigue el agua subterránea, considerando las zonas de recarga y descarga, las cargas y gradientes hidráulicos a profundidad y el efecto de fronteras hidráulicas. Incluye, además la interacción con el agua superficial y comprende sistemas locales, intermedios y regionales.

4.40 Sitio de disposición final: Lugar donde se depositan los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en forma definitiva.

4.41 Sitio controlado: Sitio inadecuado de disposición final que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación, pero no cumple con las especificaciones de impermeabilización.

4.42 Sitio no controlado: Sitio inadecuado de disposición final que no cumple con los requisitos establecidos en esta Norma.

4.43 Suelo: Material o cuerpo natural compuesto por partículas sueltas no consolidadas de diferentes tamaños y de un espesor que varía de unos centímetros a unos cuantos metros, el cual está conformado por fases sólida, líquida y gaseosa, así como por elementos y compuestos de tipo orgánico e inorgánico, con una composición variable en el tiempo y en el espacio.

4.44 Subsuelo: Medio natural que subyace al suelo, que por su nulo o escaso intemperismo, presenta características muy semejantes a las de la roca madre que le dio origen.

4.45 Talud: La inclinación del material de que se trate, con respecto a la horizontal.

4.46 Tratamiento: Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad.

4.47 Uso final del sitio de disposición final: Actividad a la que se destina el sitio de disposición final, una vez finalizada su vida útil.

4.48 Vida útil: Es el periodo de tiempo en que el sitio de disposición final será apto para recibir los residuos sólidos urbanos y de manejo especial. El volumen de los residuos y material térreo depositados en este periodo, es igual al volumen de diseño.

5. Disposiciones generales

5.1 Los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, que no sean aprovechados o tratados, deben disponerse en sitios de disposición final con apego a la presente Norma.

5.2 Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana, los sitios de disposición final se categorizan de acuerdo a la cantidad de toneladas de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que ingresan por día, como se establece en la Tabla No. 1.

TABLA No. 1 Categorías de los sitios de disposición final

TIPO	TONELAJE RECIBIDO TON/DIA
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	Menor a 10

6. Especificaciones para la selección del sitio

6.1 Restricciones para la ubicación del sitio

Además de cumplir con las disposiciones legales aplicables, las condiciones mínimas que debe cumplir cualquier sitio de disposición final (tipo A, B, C o D) son las siguientes:

6.1.1 Cuando un sitio de disposición final se pretenda ubicar a una distancia menor de 13 kilómetros del centro de la(s) pista(s) de un aeródromo de servicio al público o aeropuerto, la distancia elegida se determinará mediante un estudio de riesgo aviario.

6.1.2 No se deben ubicar sitios dentro de áreas naturales protegidas, a excepción de los sitios que estén contemplados en el Plan de manejo de éstas.

6.1.3 En localidades mayores de 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 m (quinientos metros) contados a partir del límite de la traza urbana existente o contemplada en el plan de desarrollo urbano.

6.1.4 No debe ubicarse en zonas de: marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas; ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas.

6.1.5 El sitio de disposición final se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior, se debe demostrar que no existirá obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que afecten la estabilidad física de las obras que integren el sitio de disposición final.

6.1.6 La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 m (quinientos metros) como mínimo.

6.1.7 La ubicación entre el límite del sitio de disposición final y cualquier pozo de extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero, tanto en operación como abandonados, será de 100 metros adicionales a la proyección horizontal de la mayor circunferencia del cono de abatimiento. Cuando no se pueda determinar el cono de abatimiento, la distancia al pozo no será menor de 500 metros.

6.2 Estudios y análisis previos requeridos para la selección del sitio

6.2.1 Estudio geológico

Deberá determinar el marco geológico regional con el fin de obtener su descripción estratigráfica, así como su geometría y distribución, considerando también la identificación de discontinuidades, tales como fallas y fracturas. Asimismo, se debe incluir todo tipo de información existente que ayude

a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio; esta información puede ser de cortes litológicos de pozos perforados en la zona e informes realizados por alguna institución particular u oficial.

6.2.2 Estudios hidrogeológicos

a) Evidencias y uso del agua subterránea

Definir la ubicación de las evidencias de agua subterránea, tales como manantiales, pozos y norias, en la zona de influencia, para conocer el gradiente hidráulico. Asimismo, se debe determinar el volumen de extracción, tendencias de la explotación y planes de desarrollo en la zona de estudio.

b) Identificación del tipo de acuífero

Identificar las unidades hidrogeológicas, tipo de acuífero (confinado o semiconfinado) y relación entre las diferentes unidades hidrogeológicas que definen el sistema acuífero.

c) Análisis del sistema de flujo

Determinar la dirección del flujo subterráneo regional.

6.3 Estudios y análisis, en el sitio, previos a la construcción y operación de un sitio de disposición final.

La realización del proyecto para la construcción y operación de un sitio de disposición final debe contar con estudios y análisis previos, de acuerdo al tipo de sitio de disposición final especificado en la Tabla 2.

a) Estudio Topográfico

Se debe realizar un estudio topográfico incluyendo planimetría y altimetría a detalle del sitio seleccionado para el sitio de disposición final.

b) Estudio geotécnico

Se deberá realizar para obtener los elementos de diseño necesarios y garantizar la protección del suelo, subsuelo, agua superficial y subterránea, la estabilidad de las obras civiles y del sitio de disposición final a construirse, incluyendo al menos las siguientes pruebas:

b.1 Exploración y Muestreo:

- Exploración para definir sitios de muestreo.
- Muestreo e identificación de muestras.
- Análisis de permeabilidad de campo.
- Peso volumétrico In-situ.

b.2 Estudios en laboratorio:

- Clasificación de muestras según el Sistema Unificado de Clasificación de suelos.
- Análisis granulométrico.
- Permeabilidad.
- Prueba Proctor.
- Límites de Consistencia (Límites de Atterberg).
- Consolidación unidimensional.
- Análisis de resistencia al esfuerzo cortante.
- Humedad.

Con las propiedades físicas y mecánicas definidas a partir de los resultados de laboratorio, se deben realizar los análisis de estabilidad de taludes de las obras de terracería correspondientes.

c) Evaluación geológica

c.1 Se deberá precisar la litología de los materiales, así como la geometría, distribución y presencia de fracturas y fallas geológicas en el sitio.

c.2 Se deberán determinar las características estratigráficas del sitio.

d) Evaluación hidrogeológica

d.1 Se deben determinar los parámetros hidráulicos, dirección del flujo subterráneo, características físicas, químicas y biológicas del agua.

d.2 Se deben determinar las unidades hidrogeológicas que componen el subsuelo, así como las características que las identifican (espesor y permeabilidad).

6.4 Estudios de generación y composición

a) Generación y composición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial

Se deben elaborar los estudios de generación y composición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial de la población por servir, con proyección para al menos la vida útil del sitio de disposición final.

b) Generación de biogás

Se debe estimar la cantidad de generación esperada del biogás, mediante análisis químicos estequiométricos, que tomen en cuenta la composición química de los residuos por manejar.

c) Generación del lixiviado

Se debe cuantificar el lixiviado mediante algún balance hídrico.

6.5 Cumplimiento de estudios y análisis previos

En la Tabla No. 2, se indican los estudios que se deben realizar, según sea el tipo de sitio por desarrollar.

TABLA No. 2 Estudios y análisis previos requeridos para la construcción de sitios de disposición final

Estudios y Análisis	A	B	C
Geológico y Geohidrológico Regionales	X		
Evaluación Geológica y Geohidrológica	X	X	
Hidrológico	X	X	
Topográfico	X	X	X
Geotécnico	X	X	X
Generación y composición de los RSU y de Manejo Especial	X	X	X
Generación de biogás	X	X	
Generación de lixiviado	X	X	

7. Características constructivas y operativas del sitio de disposición final

Una vez que se cuente con los estudios y análisis señalados en la Tabla 2 el proyecto ejecutivo del sitio de disposición final deberá cumplir con lo establecido en este punto.

7.1 Todos los sitios de disposición final deben contar con una barrera geológica natural o equivalente, a un espesor de un metro y un coeficiente de conductividad hidráulica, de al menos 1×10^{-7} cm/seg sobre la zona destinada al establecimiento de las celdas de disposición final; o bien, garantizarla con un sistema de impermeabilización equivalente.

7.2 Se debe garantizar la extracción, captación, conducción y control del biogás generado en el sitio de disposición final. Una vez que los volúmenes y la edad de los residuos propicien la generación de biogás y de no disponerse de sistemas para su aprovechamiento conveniente, se procederá a su quema ya sea a través de pozos individuales o mediante el establecimiento de una red con quemadores centrales.

7.3 Debe construirse un sistema que garantice la captación y extracción del lixiviado generado en el sitio de disposición final. El lixiviado debe ser recirculado en las celdas de residuos confinados en función de los requerimientos de humedad para la descomposición de los residuos, o bien ser tratado, o una combinación de ambas.

7.4 Se debe diseñar un drenaje pluvial para el desvío de escurrimientos pluviales y el desalojo del agua de lluvia, minimizando de esta forma su infiltración a las celdas.

7.5 El sitio de disposición final deberá contar con un área de emergencia para la recepción de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, cuando alguna eventualidad, desastre natural o emergencia de cualquier orden no permitan la operación en el frente de trabajo; dicha área debe proporcionar la misma seguridad ambiental y sanitaria que las celdas de operación ordinarias.

7.6 Los sitios de disposición final, de acuerdo a la clasificación antes detallada, deberán alcanzar los siguientes niveles mínimos de compactación:

TABLA No. 3 Requerimientos de Compactación

SITIO		COMPACTACION DE LOS RESIDUOS KG/M ³	RECEPCION DE RESIDUOS SOLIDOS TON/DIA
A	A1	Mayor de 700	Mayor de 750
	A2	Mayor de 600	100-750
B		Mayor de 500	50-100
	C	Mayor de 400	10-50

7.7 Se debe controlar la dispersión de materiales ligeros, la fauna nociva y la infiltración pluvial. Los residuos deben ser cubiertos en forma continua y dentro de un lapso menor a 24 horas posteriores a su depósito.

7.8 El sitio de disposición final, adoptará medidas para que los siguientes residuos no sean admitidos:

- a) Residuos líquidos tales como aguas residuales y líquidos industriales de proceso, así como lodos hidratados de cualquier origen, con más de 85% de humedad con respecto al peso total de la muestra.
- b) Residuos conteniendo aceites minerales.
- c) Residuos peligrosos clasificados de acuerdo a la normatividad vigente.

7.8.1 Los lodos deben ser previamente tratados o acondicionados antes de su disposición final en el frente de trabajo, conforme a la normatividad vigente.

7.9 Los sitios de disposición final deberán contener las siguientes obras complementarias:

TABLA No. 4 Obras complementarias requeridas de acuerdo al tipo de disposición final

	A	B	C
Caminos de acceso	X	X	X
Caminos interiores	X	X	
Cerca perimetral	X	X	X
Caseta de vigilancia y control de acceso	X	X	X
Báscula	X	X	
Agua potable, electricidad y drenaje	X	X	
Vestidores y servicios sanitarios	X	X	X
Franja de amortiguamiento (Mínimo 10 metros)	X	X	X
Oficinas	X		
Servicio Médico y Seguridad Personal	X		

7.10 El sitio de disposición final deberá contar con:

a) Un manual de operación que contenga:

- Dispositivos de control de accesos de personal, vehículos y materiales, prohibiendo el ingreso de residuos peligrosos, radiactivos o inaceptables.
- Método de registro de tipo y cantidad de residuos ingresados.
- Cronogramas de operación.
- Programas específicos de control de calidad, mantenimiento y monitoreo ambiental de biogás, lixiviados y acuíferos.
- Dispositivos de seguridad y planes de contingencia para: incendios, explosiones, sismos, fenómenos meteorológicos y manejo de lixiviados, sustancias reactivas, explosivas e inflamables.
- Procedimientos de operación.
- Perfil de puestos.
- Reglamento Interno.

b) Un Control de Registro:

- Ingreso de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, materiales, vehículos, personal y visitantes.
- Secuencia de llenado del sitio de disposición final.
- Generación y manejo de lixiviados y biogás.
- Contingencias.

c) Informe mensual de actividades.

7.11 Para asegurar la adecuada operación de los sitios de disposición final, se deberá instrumentar un programa que incluya la medición y control de los impactos ambientales, además del programa de monitoreo ambiental de dichos sitios y conservar y mantener los registros correspondientes:

7.11.1 Monitoreo de biogás

Se debe elaborar un programa de monitoreo de biogás que tenga como objetivo, conocer el grado de estabilización de los residuos para proteger la integridad del sitio de disposición final y detectar migraciones fuera del predio. Dicho programa debe especificar los parámetros de composición, explosividad y flujo del biogás.

7.11.2 Monitoreo de lixiviado

Se debe elaborar un programa de monitoreo del lixiviado, que tenga como objetivo conocer sus características de Potencial de Hidrógeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y metales pesados.

7.11.3 Monitoreo de acuíferos

Los programas de monitoreo deben contar con puntos de muestreo que respondan a las condiciones particulares del sistema de flujo hidráulico, mismo que define la zona de influencia del sitio de disposición final, y por lo menos, dos pozos de muestreo, uno aguas arriba y otro aguas abajo del sitio de disposición final. Los parámetros básicos que se considerarán en el diseño de los pozos son:

- Gradientes superior y descendente hidráulico.
- Variaciones naturales del flujo del acuífero.
- Variaciones estacionales del flujo del acuífero.
- Calidad del agua antes y después del establecimiento del sitio de disposición final. La calidad de referencia estará definida por las características del agua nativa.

7.12 Cualquier actividad de separación de residuos en el sitio de disposición final no deberá afectar el cumplimiento de las especificaciones de operación contenidas en la presente Norma, ni significar un riesgo para las personas que la realicen.

8. Requisitos mínimos que deben cumplir los Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, tipo D (menos de 10 toneladas diarias)

8.1 Garantizar un coeficiente de conductividad hidráulica de 1×10^{-5} cm/seg, con un espesor mínimo de un metro, o su equivalente, por condiciones naturales del terreno, o bien, mediante la impermeabilización del sitio con barreras naturales o artificiales.

8.2 Una compactación mínima de la basura, de 300 kg/m³.

8.3 Cobertura de los residuos, por lo menos cada semana.

8.4 Evitar el ingreso de residuos peligrosos en general.

8.5 Control de fauna nociva y evitar el ingreso de animales.

8.6 Cercar en su totalidad el sitio de disposición final.

9. Clausura del sitio

9.1 Cobertura final de clausura

La cobertura debe aislar los residuos, minimizar la infiltración de líquidos en las celdas, controlar el flujo del biogás generado, minimizar la erosión y brindar un drenaje adecuado.

Las áreas que alcancen su altura final y tengan una extensión de dos hectáreas deben ser cubiertas conforme al avance de los trabajos y el diseño específico del sitio.

9.2 Conformación final del sitio

La conformación final que se debe dar al sitio de disposición final debe contemplar las restricciones relacionadas con el uso del sitio, estabilidad de taludes, límites del predio, características de la cobertura final de clausura, drenajes superficiales y la infraestructura para control del lixiviado y biogás.

9.3 Mantenimiento

Se debe elaborar y operar un programa de mantenimiento de posclausura para todas las instalaciones del sitio de disposición final, por un periodo de al menos 20 años. Este periodo puede ser reducido cuando se demuestre que ya no existe riesgo para la salud y el ambiente. El programa debe incluir el mantenimiento de la cobertura final de clausura, para reparar grietas y hundimientos provocados por la degradación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como los daños ocasionados por erosión (escurrimientos pluviales y viento).

9.4 Programa de monitoreo

Se debe elaborar y operar un programa de monitoreo para detectar condiciones inaceptables de riesgo al ambiente por la emisión de biogás y generación de lixiviado, el cual debe mantenerse vigente por el mismo periodo que en el punto 9.3 de la presente Norma.

9.5 Uso final del sitio de disposición final:

Debe ser acorde con el uso de suelo aprobado por la autoridad competente con las restricciones inherentes a la baja capacidad de carga, posibilidad de hundimientos diferenciales y presencia de biogás.

10. Procedimiento para la evaluación de la conformidad

10.1 Objetivo

El procedimiento para la evaluación de la conformidad, en adelante PEC, establece, dentro del esquema de normalización, comprendido en el marco de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento, la metodología para facilitar y orientar a las Unidades de Verificación (UV) y a las entidades públicas y privadas que operen sitios de disposición final el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos en esta Norma Oficial Mexicana.

10.2 Referencias

Para la correcta aplicación de este procedimiento es necesario consultar los siguientes documentos vigentes:

-Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 1 de julio de 1992 y sus reformas.

-Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (RLFMN), publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de enero de 1999.

-NMX-EC-17020-IMNC-2000, Criterios generales para la operación de varios tipos de Unidades (organismos) que desarrollan la verificación (inspección).

10.3 Disposiciones generales

Para los efectos del presente PEC, se establecen las siguientes definiciones:

Acta circunstanciada: Documento expedido en cada una de las visitas de verificación en el cual se hará constar de por lo menos: hora, día, mes y año del inicio y conclusión de la diligencia; calle, número, población o colonia, municipio o delegación, código postal y entidad federativa donde se encuentre ubicado el lugar en el cual se practique la visita; cuando proceda, número y fecha del oficio de comisión que la motivó; nombre y cargo de la persona con quien se entendió la diligencia; nombre y domicilio de las personas que fungieron como testigos; datos relativos a la actuación

(relación pormenorizada de la visita); declaración del visitado, si quisiera hacerla y nombre y firma de quienes intervinieron en la diligencia, incluyendo los de quienes la llevaron a cabo.

Autoridad competente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, a los gobiernos del Distrito Federal, de los estados y municipios en el ámbito de su jurisdicción y competencia.

Dictamen de Verificación: Documento que emite y firma bajo su responsabilidad la UV por medio del cual hace constar que los sitios de disposición final cumplen con las disposiciones técnicas establecidas en la NOM, de acuerdo con lo determinado en el artículo 85 de LFMN.

Evaluación de la conformidad: La determinación del grado de cumplimiento con esta Norma Oficial Mexicana.

Informe técnico: Documento que incluye un listado de incumplimientos de la NOM y observaciones a los sitios de disposición final debidamente fundamentadas en la NOM.

Unidad de Verificación (UV): La persona física o moral que realiza actos de verificación, debidamente acreditada y aprobada para verificar el cumplimiento con la presente Norma Oficial Mexicana.

10.4 Procedimientos

La evaluación de la conformidad se llevará a cabo por las Unidades de Verificación a petición de parte:

10.4.1. Evaluación de la conformidad.

10.4.1.1 El responsable o su representante legal solicitará la evaluación de la conformidad de acuerdo con la NOM, a la UV de su preferencia quien determinará el grado de cumplimiento con la misma, durante la operación del sitio de disposición final y, en su caso, durante la construcción o clausura del mismo.

10.4.2 La UV que seleccione el responsable no debe tener relación comercial alguna ni ser empleado del propietario, ni del responsable, ni del constructor, ni del proyectista de los sitios de disposición final.

10.4.3 Recibida la solicitud de verificación, la UV de común acuerdo con el responsable del servicio, establecerá los términos y condiciones de los trabajos de verificación.

10.4.4 La verificación podrá realizarse por etapas de un proyecto de construcción, módulos, partes o ampliaciones de un sitio de disposición final. En las actas circunstanciadas debe indicarse esta situación, limitando el ámbito y las circunstancias de la verificación.

10.4.5 Se considera visita de verificación, el momento determinado en que se practica ésta, en la cual se constata ocularmente, el grado de cumplimiento con lo dispuesto en la NOM.

10.4.6 Cuando en una visita de verificación, se encuentre incumplimiento con la NOM, se asentará este hecho en el acta circunstanciada y en el informe técnico, y se notificará al responsable para que proceda en el plazo que se acuerde y se señale en el acta circunstanciada a efectuar las correcciones. Una vez que se hayan ejecutado las acciones correctivas, el responsable podrá solicitar una nueva visita de verificación.

10.4.7 El responsable podrá formular observaciones en las visitas de verificación y ofrecer pruebas a la UV al momento o por escrito dentro del término de 5 días siguientes a la fecha en que se haya levantado el acta circunstanciada correspondiente.

10.4.8 No debe emitirse el Dictamen de Verificación cuando existan incumplimientos a la NOM en el sitio de disposición final.

10.4.9 Los trabajos de verificación concluyen con la entrega del Dictamen de Verificación al responsable.

10.5 Aspectos técnicos específicos del proyecto a verificar

Para llevar a cabo la verificación, el responsable debe presentar los estudios y el proyecto ejecutivo, que incluya los criterios que se utilizaron para la selección del sitio, los trabajos realizados para sustentar dicha elección y las especificaciones que se siguieron para el diseño del sitio de disposición final, esto firmado por el Responsable del Proyecto.

La verificación a las instalaciones, debe realizarse apoyándose en los documentos presentados por el responsable, con el fin de constatar que la instalación cumple con esta NOM. En los paréntesis se incluyen los numerales que se están cumpliendo:

10.5.1 Datos generales de la instalación. (6)

- Localización cartográfica.
- Superficie por aprovechar.
- Comprobación del cumplimiento de los requerimientos de ubicación.
- Capacidad volumétrica.
- Tipo de residuos a manejar.
- Entidad responsable del sitio.
- Entidad que opera el relleno sanitario.

10.5.2 Estudio Geológico-Geohidrológico Regionales de la zona donde se ubica el sitio

10.5.3 Estudios básicos realizados en el sitio (6.3)

- Evaluación Geológica y Geohidrológica.
- Topografía.
- Hidrología.
- Geotecnia.

10.5.4 Proyecto Ejecutivo del Relleno Sanitario (6.4, 7, 8 y 9)

- Generación y composición de residuos
- Generación de biogás
- Generación de lixiviados
- Propuesta de aprovechamiento del sitio.
- Calendarización del sitio.
- Diseños específicos.
- Manual de operación.

10.5.5 Documentos complementarios.

- Autorizaciones
- Certificaciones.
- Acreditaciones.
- Estudio de Impacto Ambiental.

10.5.6 Proyecto Ejecutivo de uso final del sitio (9)

10.5.7 En caso de no cumplir con algún punto contenido en esta Norma, se deberá demostrar ante la autoridad competente que con la aplicación de obras de ingeniería, tecnologías y sistemas, se

obtenzan efectos que resulten equivalentes a los que se obtendrían del cumplimiento de lo previsto en esta Norma.

10.6 Verificación

10.6.1 Los dictámenes de las UV serán reconocidos en los términos que la autoridad competente determine.

10.6.2 Las UV aprobadas, podrán consultarse en los listados emitidos por la autoridad competente y en la página de la Web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

10.6.3 La violación a cualquiera de las disposiciones establecidas en este PEC, así como a lo establecido en los artículos 112, 112-A; 118 fracciones I, II y III y 119 fracciones I a IV de la LFMN, motivará multa, suspensión o revocación de la aprobación de la UV.

10.7. Documentación

10.7.1 Con fundamento en los artículos 73, 84, 85, 86, 87 y 88 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 80 de su Reglamento, la UV deberá entregar o enviar a la autoridad competente dentro de los primeros veinte días siguientes al vencimiento de cada trimestre del año calendario, un informe de Dictámenes de Verificación emitidos en el periodo. En el caso de no haber emitido ningún dictamen durante el trimestre, deberá notificarlo por escrito por el conducto y en el plazo antes citado.

10.7.2 La UV debe llevar registros de las solicitudes de servicio recibidas y de los contratos de servicios de verificación celebrados.

10.7.3 La UV debe conservar durante cinco años para aclaraciones y auditorías, registros de los siguientes documentos que harán evidencia objetiva, para fines administrativos y legales. De los cinco años que se hace referencia, los archivos deben mantenerse en archivo activo en el domicilio de la UV, como mínimo dos años a partir de su fecha de emisión, al término de los cuales se pueden enviar al archivo pasivo, manteniéndose en el mismo por tres años como mínimo, antes de proceder a su destrucción.

- a). Solicitud de servicios de verificación
- b). Contratos de servicios de verificación
- c). Actas circunstanciadas, informes técnicos
- d). Dictámenes de verificación

Los archivos deben mantenerse en el archivo activo disponible en el domicilio de la UV, como mínimo dos años a partir de su fecha de emisión, al término de los cuales se pueden enviar al archivo pasivo, pero en cualquier caso, deben mantenerse en el mencionado archivo pasivo, tres años como mínimo, antes de poder proceder a su destrucción.

11. Cumplimiento

11.1 Una vez que esta Norma Oficial Mexicana entre en vigor, todos los sitios de disposición final deberán apegarse a la misma.

11.2 Los sitios de disposición final que estén en funcionamiento en el momento de entrada en vigor de la presente Norma no podrán seguir operando, a menos que regularicen su situación, conforme al siguiente procedimiento:

a) Durante el periodo de un año a partir de la fecha de entrada en vigor de la Norma, la entidad responsable de la instalación elaborará y someterá a la aprobación de las autoridades competentes un plan de regularización de la misma, que incluya las acciones y medidas que se juzguen necesarias, con el fin de cumplir los requisitos de la presente Norma.

b) Una vez presentado el plan de regularización, las autoridades competentes adoptarán una decisión definitiva en un plazo no mayor a 6 meses, sobre la cancelación o autorización de continuar las operaciones, con base en el plan de regularización y de lo dispuesto en la presente Norma. Las autoridades competentes, adoptarán las medidas necesarias para cerrar las instalaciones que no hayan obtenido, de conformidad con esta Norma, la autorización para continuar sus actividades.

c) Sobre la base del plan de regularización aprobado, la autoridad competente fijará un periodo transitorio para el implemento de dicho plan de regularización.

11.3 Todos aquellos sitios que deban ser clausurados, se apegarán al siguiente procedimiento:

Tipo de instalación	Programa de regularización
Sitio no controlado	Aplicación rutinaria de material de cobertura final antes de un periodo de 6 meses. Clausura en un término que no exceda de 18 meses
Sitio controlado	Limitación del crecimiento horizontal en un periodo de 6 meses. Clausura en un plazo máximo de 24 meses

12. Concordancia con normas internacionales

No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter técnico que existen en otros países, no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

13. Bibliografía

13.1 Acevedo Alvarez. Manual de Hidráulica. Editorial Harla, México.

13.2 Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales-Organización Panamericana de la Salud. Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. Lima, Perú. 1997.

13.3 Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Mecánica de suelos. Instructivo para ensaye de suelos. México. 1990.

13.4 Comisión Nacional del Agua. Mecánica de suelos, instructivo para ensaye. México. 1990.

13.5 Diccionario de Términos Geológicos. Instituto de Geología de América. E.U.A. 1984.

13.6 Diccionario de Mineralogía y Geología, Lexis 22. Barcelona, España. 1980.

13.7 Dirección General de Servicios Urbanos D.D.F. Estudio de Comportamiento de un Relleno Sanitario mediante una celda de control. México. 1992.

13.8 Foster, S. & Hirata, R. Determinación del Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas, CEPIS, OPS, Lima, Perú. 1988.

13.9 Freeze, Allan R. & Cherry John A. Groundwater. Prentice Hall Inc. E.U.A. 1979.

13.10 Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología-GTZ, Grupo de Consultores en Ingeniería Ambiental. Borrador de la Norma Técnica Estatal, que establece los requisitos para el diseño, construcción, operación y monitoreo de rellenos sanitarios. México. 1999.

13.11 Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología-GTZ, Grupo de Consultores en Ingeniería Ambiental. Clasificación de rellenos sanitarios en función de la cantidad de residuos sólidos municipales ingresados. México. 1999.

13.12 Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología-GTZ. Requisitos para la selección, construcción, operación y clausura de sitios de disposición final en función de la cantidad de RSM por ingresar. México. 1999.

13.13 Holmes, John R. Practical Waste Management. Ed. John Wiley & Sons. E.U.A. 1983.

13.14 Jaramillo, Jorge y Zepeda, Francisco. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Organización Panamericana de la Salud. Washington, DC. 1991.

13.15 Jaramillo, Jorge, et al. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, Una necesidad para pequeñas comunidades en México. Organización Panamericana de la Salud-Secretaría de Salud. México. 1999.

13.16 Krauskopf, K. Introducción a la Geoquímica, Segunda Edición, Mc. Graw-Hill Book Co., E.U.A. 1979.

13.17 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 8 de octubre de 2003.

13.18 Mc Bean, Edward A., Rovers, Frank A., y Farguhar, Grahame J.- S.- Diseño e Ingeniería de Rellenos Sanitarios de Residuos Sólidos -Prentice Hall.- USA, 1995.

13.19 Nelson, Samuel B.- Ingeniería Hidráulica.- Manual del Ingeniero Civil, Tomo IV.- Frederick S. Merrit, Editor.- Mc Graw-Hill.- 2a. edición en español. México, 1992.

13.20 Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT/1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. (**Diario Oficial de la Federación** 6 de enero de 1977).

13.21 Secretaría de Desarrollo Social. Apuntes de hidráulica de la Licenciatura Ingeniería Civil. México. 1978.

13.22 Secretaría de Desarrollo Social. Manuales Técnicos para el manejo adecuado de RSM. México. 1996.

14. Observancia de esta Norma

14.1 La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, así como a los gobiernos estatales, municipales y del Distrito Federal en el ámbito de sus respectivas competencias. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, sus reglamentos, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

TRANSITORIOS

PRIMERO.- Provéase la publicación de esta Norma Oficial Mexicana en el **Diario Oficial de la Federación**.

SEGUNDO.- La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 60 días posteriores al de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

TERCERO.- La presente Norma Oficial Mexicana abroga a su similar NOM-083-SEMARNAT-1996, Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 25 de noviembre de 1996, así como la aclaración publicada en el citado Órgano de Difusión Oficial el día 7 de marzo de 1997.

México, Distrito Federal, a los seis días del mes de septiembre de dos mil cuatro.- El Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y

Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, **Juan Rafael Elvira Quesada**.- Rúbrica.

Fuente: Diario Oficial de la Federación

PLANO ARQUITECTÓNICO DEL RELLENO SANITARIO.

