



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA**

**“ELABORACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO EJECUTIVO DEL RELLENO
SANITARIO DE TZIMOL, CHIAPAS.”**

**INFORME ACADEMICO POR ACTIVIDAD PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN GEOGRAFIA**

PRESENTA:

MARÍA GUADALUPE CUARENTA ROJAS

ASESOR:

MTRO. JAIME MARQUEZ HUITZIL





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
MARCO TEÓRICO	5
MARCO INSTITUCIONAL	7
SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE TZIMOL, CHIAPAS	10
1.1. Características generales	10
1.1.1. Delimitación geográfica y principales localidades	10
1.1.2. Caracterización del medio biótico y abiótico	12
1.1.3. Caracterización socioeconómica y demográfica	21
1.1.4. Vías de comunicación	24
CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	29
2.1. Definición y clasificación de residuos	29
2.1.1. Tipos y fuentes generadoras de residuos sólidos	30
2.1.2. Tipos y clasificación de generación de residuos	31
2.1.3. Procedimiento metodológico	32
2.1.4. Caracterización municipal de los residuos sólidos	35
ELECCIÓN DEL SITIO DESTINADO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DE TZIMOL, CHIAPAS	37
3.1. Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003	
3.2. Utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG Arc View, versión 3.1)	39
MARCO NORMATIVO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO TIPO “D”	42
4.1. Fundamento constitucional de carácter ambiental	42
4.2. Legislación en el ámbito federal y municipal de la normatividad ambiental	42

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL DIAGNÓSTICO	49
5.1. Potencial de recuperación de subproductos de los residuos sólidos	49
5.2. Método de de disposición final de residuos sólidos	52
ESTUDIOS QUE FUNDAMENTAN LA ELECCIÓN DEL SITIO DONDE SE UBICARÁ EL RELLENO SANITARIO DE TZIMOL, CHIAPAS	53
6.1. Estudio de generación y caracterización de residuos sólido municipales	53
6.2. Estudio topográfico	54
6.3. Estudio de mecánica de suelos	57
IMPACTO AMBIENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DE TZIMOL, CHIAPAS	59
7.1. Mitigación de los impactos ambientales en las diferentes etapas del proyecto	59
7.1.1. Escenario del paisaje previo al proyecto	59
7.1.2. Descripción de las medidas y acciones a seguir en las etapas de preparación del sitio y en la construcción operación del relleno sanitario	59
7.1.3. Escenario del paisaje posterior a la clausura del relleno sanitario	63
INTEGRACIÓN MULTIDISCIPLINARIA	64
8.1. Participación de las diferentes especialidades	64
CONCLUSIONES	66
BIBLIOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA UTILIZADA	67
ANEXO FOTOGRÁFICO	69
RELACIÓN DE CUADROS, MAPAS Y GRÁFICAS	76

INTRODUCCIÓN

Este trabajo es el resultado de una serie de estudios que en conjunto integran el proyecto ejecutivo del relleno sanitario de Tzimol, Chiapas; para su realización se llevó a cabo una reunión de Cabildo en la cual el presidente municipal, regidores y representantes de las comunidades y barrios expusieron la problemática de la “basura” que se presenta en cada uno de los territorios que integran el municipio, en dicha reunión se autorizó la elaboración del Proyecto.

Bajo la normatividad oficial se realizó el estudio de generación y caracterización de residuos sólidos, la cual arrojó la cifra per cápita de 0.446 kg/hab/día, lo que significa 5,689.622 kg diarios (5.68 ton/día).

Estudios realizados

El estudio técnico para la elaboración del sitio donde debe instalarse el relleno sanitario se apoyó con el sistema de información geográfico (SIG Arc View versión 3.1). Con el cual se logró dar cumplimiento a las especificaciones generales, hidrológicas, geológicas y geohidrológicas establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.

El estudio de impacto ambiental cumple con el objetivo de identificar y jerarquizar los efectos más significativos tanto positivos como negativos que la preparación, construcción y operación del relleno sanitario generen al medio ambiente.

A partir de la información general, estudios específicos, investigaciones y verificaciones de campo se evaluaron las condiciones actuales donde se encuentra el sitio destinado para la disposición de los residuos y se delimitó el área de influencia que pueda resultar afectada con la presencia del relleno sanitario.

La planimetría y altimetría obtenida con el levantamiento topográfico del sitio fueron determinantes para elegir el tipo de relleno sanitario y obtener: la generación diaria de residuos sólidos municipales, volumen y densidad de los residuos sólidos municipales, volumen anual estabilizado y volumen total del relleno sanitario, áreas requerida para el confinamiento de residuos, volumen de las celdas diarias y vida útil del relleno.

Los resultados obtenidos en el estudio de mecánica de suelos indicaron que el sitio se localiza sobre material limo arcilloso y que garantiza un factor de tránsito de la infiltración de $3 \times 10^{-10} \text{seg}^{-5}$, parámetro aceptado por la norma.

Importancia del proyecto

El incremento de los residuos sólidos y su inadecuada disposición final ha impactado severamente el medio ambiente y la salud de las personas que viven cerca de los tiraderos a cielo abierto y de las que trabajan directamente en su recolección.

En muchos países, incluyendo México, se ha buscado resolver esta problemática y consecuentemente se han creado instrumentos legales adecuados a cada país; sin embargo, falta mucha información y desarrollo de técnicas apropiadas a las condiciones particulares de cada localidad, región o municipio donde se pretenda realizar un relleno sanitario.

La capacidad de integración territorial, de interrelación entre el espacio y las actividades socioeconómicas que en él se desarrollan, así como el análisis particular y general de fenómenos y factores que permiten explicar un problema, son parte de la formación integral de los geógrafos; lo que les permite adentrarse en un área poco explorada no solo por la Geografía, sino por otras disciplinas que directa e indirectamente interviene en el manejo de residuos sólidos.

El desarrollo teórico sobre el confinamiento final de residuos sólidos, es muy importante para garantizar su adecuada operación utilizando parámetros reales y condiciones específicas para cada localidad. Sin embargo, la participación práctica es igual de importante para fundamentar la construcción y operación de rellenos sanitarios como la solución más factible al problema de la basura.

La elaboración del proyecto ejecutivo del relleno sanitario de Tzimol, Chiapas, permitió a quien escribe adquirir nuevos conocimientos del área de ingeniería, arquitectura, salud y medio ambiente, al mismo tiempo construyó bases sólidas para instaurar una consultoría; opción en la que los geógrafos y cualquier profesionalista pueden desarrollar, sus habilidades en planeación, organización y coordinación.

MARCO TEÓRICO

La situación y manejo de residuos sólidos ha tomado importancia relevante a nivel mundial partir del incremento de productos industrializados y porque los problemas ambientales siempre han sido considerados como secundarios.

En el caso de nuestro país hace falta información técnica y científica que permita enfrentar eficientemente el manejo de residuos sólidos urbanos. El crecimiento de la población, la actividad industrial, los procesos de urbanización y el consumo de productos altamente embalados han incrementado la problemática ambiental relacionada con la generación de “basura”

En las últimas décadas la población del país creció de treinta millones de habitantes en 1950 a 103,263,388 hab.¹ en 2005, y la generación de residuos se incrementó alrededor de once veces, pasó de tres millones de toneladas en la década de los cincuenta a 34.6 millones de toneladas en 2004. Esto significa, en promedio, que cada habitante genera cerca de 1.5 kg de basura diariamente.

Del total de los residuos generados en el país se recolectan alrededor de 87%, pero sólo la mitad tiene una disposición final adecuada. En consecuencia, de los 34.6 millones de toneladas generados al año poco más 16 millones de toneladas se disponen en tiraderos a cielo abierto y sin ningún control. Es necesario señalar que la mayoría de los sitios de disposición final no cumplen con las condiciones necesarias para evitar la contaminación de los suelos, los acuíferos y el aire.²

El relleno sanitario de Tzimol, pretende contribuir de manera importante en las seis áreas de trabajo e investigación que a juicio personal están relacionadas directamente con el manejo de residuos sólidos:

Área institucional y legal

La Secretaría de Medio Ambiente y Vivienda (Semavi), se localiza en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez; cuenta con personal altamente calificado en ingeniería sanitaria y biología, posee una vasta información estadística y cartográfica; pero en el caso del confinamiento de residuos sólidos urbanos y municipales sólo atiende los proyectos concretos que son enviados a sus oficinas y en los casos particulares de basureros a cielo abierto se limita a recomendar su control o a multar a los municipios por la contaminación que estos basureros generan en el medio ambiente.

Existen instrumentos legales; sin embargo, no existe una relación directa con la problemática y cultura ambiental.

En el caso del municipio de Tzimol no se cuenta con una política ambiental que reduzca la alta generación de residuos sólidos, no cuenta con recursos humanos capacitados que intervengan en el manejo de residuos sólidos. Paralelo al proyecto ejecutivo del

¹ II Censo de Población y Vivienda 2005. INEGI

² El medio ambiente en México 2005, SEMARNAT

relleno sanitario se propusieron los programas de recolección municipal, de composta para mejorar los suelos y para la comercialización de subproductos.

Área técnica operativa

Dentro del techo financiero de poco más de tres millones de pesos, la administración municipal considera que existen problemas más importantes que deben atenderse. Los basureros a cielo abierto se saturan y ellos mismos optan por otros sitios distantes de la población, cañadas o extensas áreas donde los camiones recolectores depositan la basura lo que incrementa la problemática ambiental.

Área económica financiera

En el área económico-administrativa la problemática radica en la falta de evaluación de los beneficios económicos que trae consigo el manejo de los residuos sólidos; existe un desconocimiento sobre los recursos federales y estatales para el manejo de residuos sólidos, las razones políticas que generan el cobro de tasas y tarifas mínimas hacen a los gobiernos municipales incapaces de generar un autofinanciamiento.

Área de la salud

Las personas que trabajan directamente con los residuos sólidos así como las que habitan en las cercanías están expuestas a los agentes físicos, químicos y biológicos; la población en general recibe el impacto negativo de los cuerpos de agua subterráneos y superficiales contaminados y del consumo de carne de animales criados en los basureros o expuestos a los residuos sólidos peligrosos. Los principales factores que contribuyen a esta situación son la poca atención de las autoridades relacionadas con el sector salud y la deficiente calidad de los servicios públicos prestados a la comunidad.

Área del medio ambiente

En el área ambiental, el impacto está relacionado con la contaminación de los recursos hídricos, aire, suelo y paisaje. La protección del ambiente tiene limitaciones institucionales, legislativas y financieras. Por otra parte, las políticas para la reducción de residuos municipales, especiales y peligrosos no han dado resultados significativos.

Área social y comunitaria

En el área social y comunitaria la participación municipal y estatal ha sido mínima porque se considera que el problema compete únicamente a la administración gubernamental, por lo que la actitud de la población frente al pago del servicio es negativa. El problema de la falta de empleo y la extrema pobreza en algunas ciudades o municipios generan pepenadores en los basureros incrementando la problemática social.

MARCO INSTITUCIONAL

Tzimol, con una población de 13,218 habitantes³ origina una cantidad de desechos sólidos que son depositados en el botadero a cielo abierto, algunos son quemados y otros son amontonados simplemente en cualquier lugar.

La existencia del basurero a cielo abierto en Tzimol, incrementa la proliferación de ratas, moscas y otros transmisores de enfermedades; incrementa daños al medio ambiente, como la contaminación del aire, del agua y el paisaje de la zona.

En la búsqueda de mejorar su calidad ambiental y en cumplimiento con el Plan de Desarrollo Estatal de Chiapas, el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tzimol, así como las estrategias delineadas en el Plan de Desarrollo Municipal de la administración 2008-2010, se determinó como la mejor alternativa la instalación y operación de un relleno sanitario. Bajo este marco se llegó a un consenso entre las autoridades y población para lograr el manejo integral de la basura.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) es la entidad federal encargada de vigilar y reglamentar todas las acciones que afecten de manera directa e indirecta el medio ambiente y sus recursos.

En el caso de los rellenos sanitarios y en cumplimiento con lo establecido en la fracción 1 del artículo 7 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con fecha 10 de octubre de 2003 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Norma Mexicana NOM-083 SEMARNAT-2003, en la cual se establecen 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.

En el estado de Chiapas, la Secretaría de Medio Ambiente y Vivienda (Semavi) es la encargada de verificar el cumplimiento de la normatividad en los rellenos sanitarios que se realicen dentro de la entidad.

Para municipios con una población menor a 15,000 habitantes (cuadro 1.1), como es el caso de Tzimol, se entregó al consultor (la que suscribe) la GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS JUSTIFICATIVOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO TIPO “D”. Dicha guía está integrada por: “los términos de referencia a que se sujeta el estudio técnico para la elección del sitio donde debe instalarse el relleno sanitario y los términos de referencia para el diseño de un relleno sanitario”. De la GUÍA DE INFORME PREVENTIVO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE RELLENOS SANITARIOS

³ Población proyectada al año 2008, tomando como base la población total del II Censo de Población del INEGI 2005 y aplicando el índice de crecimiento poblacional de 1.19%

se obtuvieron los puntos de referencia para realizar el estudio que después fue cotejado por la SEMAVI.

Cuadro 1.1
Categorías de rellenos sanitarios

T I P O	TONELAJE RECIBIDO EN EL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL (ton/día)	EQUIVALENTE EN NÚMERO DE HABITANTES *
A	Mayor a 100	Mayor a 100,000
B	De 50 a 100	De 50,000 hasta 120,000
C	De 10 y menor que 50	De 12,000 hasta 65,000
D	Menor a 10	Menor a 15,000

FUENTE: Guía de cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-2003

*Este equivalente en número de habitantes se presenta como una orientación a los municipios para poder ubicar la categoría de sitio de disposición final que le corresponde, haciendo la aclaración de que este rango no está normado; para hacerlo se utilizaron valores obtenidos en un estudio de generación y composición de RSU.

La Secretaría de Medio Ambiente y Vivienda de Chiapas (Semavi) bajo los lineamientos legales que establece la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y en colaboración con especialistas mexicanos y extranjeros elaboró los términos de referencia a que se sujeta el estudio técnico para la elección del sitio donde debe instalarse el relleno sanitario y los terminos de referencia para el diseño de un relleno sanitario.

Para la elección del sitio la Norma Oficial Mexicana NOM-83-SEMARNAT-2003 establece los aspectos generales, hidrológicos, geológicos, geohidrológicos y otras consideraciones de selección.

Los términos de referencia para el diseño de un relleno sanitario determinan la distribución de la infraestructura y equipamiento del relleno sanitario (método de operación del sitio de disposición final, cercado, drenaje pluvial y de lixiviados y la barrera arbórea).

El diseño de las obras complementarias como la cerca perimetral, la caseta de vigilancia, la franja de amortiguamiento y los caminos de acceso e interiores están regidos bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-83-SEMARNAT-2003.

EL INFORME PREVENTIVO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE RELLENOS SANITARIOS, de acuerdo con lo que establecen los términos de referencia, debe ser un documento que contenga la información sobre los elementos físicos naturales, biológicos, socioeconómicos y culturales dentro del área de influencia del proyecto.

El objetivo es describir las condiciones existentes y su capacidad de respuesta a las perturbaciones que el relleno sanitario genere, así como prevenir los impactos, los efectos y las consecuencias; debe establecer las medidas de control o mitigación necesarias para asegurar la compatibilidad entre la construcción y operación el relleno sanitario y el medio ambiente.

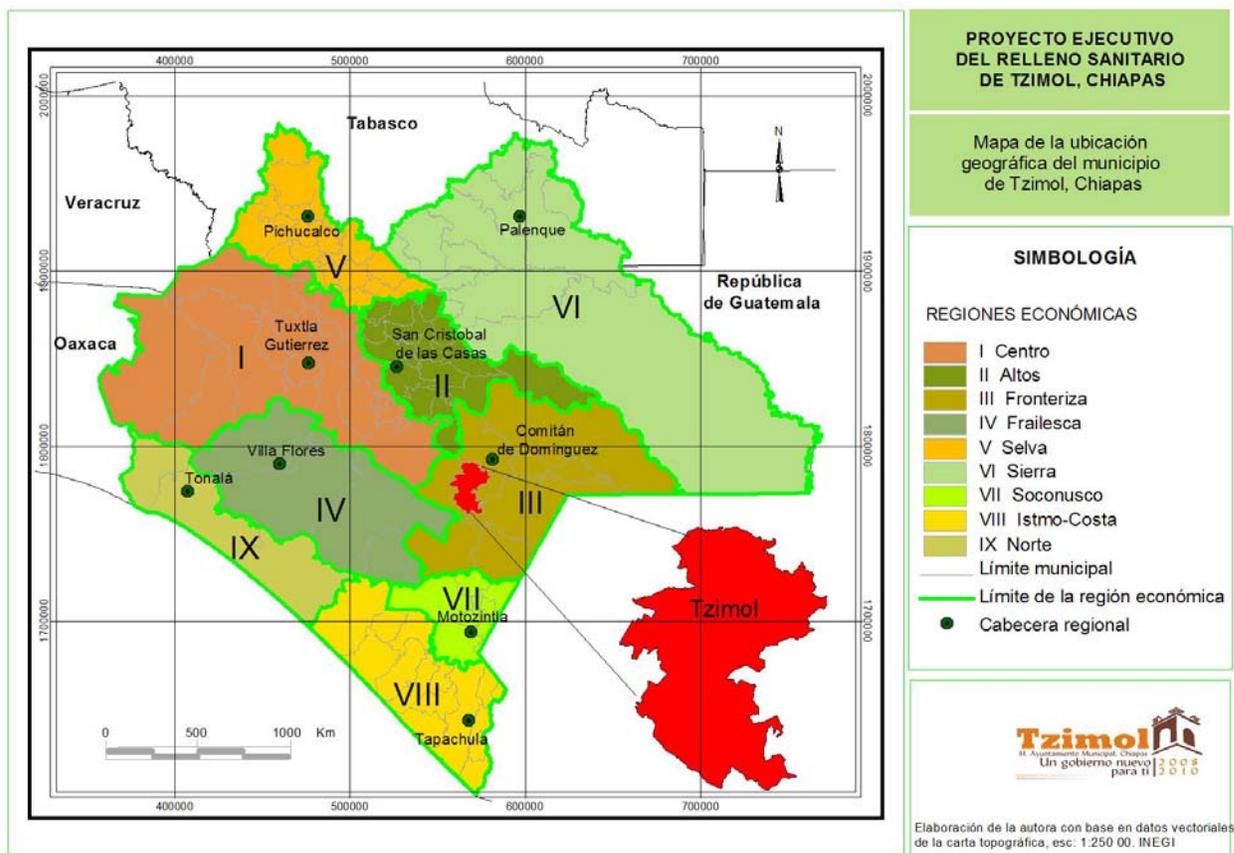
SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE TZIMOL, CHIAPAS

1.1. Características generales

1.1.1. Delimitación geográfica y principales localidades

El municipio de Tzimol pertenece a la Región Frontera de Chiapas, tiene una superficie de 375.88 km², lo que representa el 0.6 % de la superficie total del estado de Chiapas. (Mapa 1.1)

Sus coordenadas geográficas son 16° 11' 08" de latitud Norte y 92° 11' 11" longitud Oeste.



Mapa 1.1
Ubicación geográfica del municipio de Tzimol, Chiapas

Las principales localidades son: la cabecera municipal con 4,613 hab., San Vicente la Mesilla con 2,318 hab., Ochusjob con 1, 071 hab. Y Héroes de Chapultepec (El Limón) con 982 hab.⁴

Las restantes localidades que integran el municipio, tienen una población menor a 500 habitantes⁵ (Cuadro 1.2)

Cuadro 1.2
Cuadro comparativo de población del estatal de Chiapas y el municipal de Tzimol

	P O B L A C I Ó N 2 0 0 5				
	TOTAL	MASCULINA	%	FEMENINA	%
T O T A L E S T A T A L	4,293,459	2,108,830	49.12	2,184,629	50.88
T O T A L M U N I C I P A L	12,757	6,233	48.86	6,524	51.14
L O C A L I D A D					
Tzimol (cabecera municipal)	4613	2281	49.45	2332	50.55
San Vicente la Mesilla	2318	1119	48.27	1199	51.73
Ochusjob	1071	530	49.49	541	50.51
Héroes de Chapultepec (El Limón)	982	470	47.86	512	52.14
Nueva Libertad	479	228	47.60	251	52.40
Francisco Villa	460	219	47.61	241	52.39
Felipe Ángeles	442	219	49.55	223	50.45
Doctor Manuel Velasco Suárez	365	167	45.75	198	54.25
Guadalupe Victoria	339	161	47.49	178	52.51
Reforma Agraria Dos	211	101	47.87	110	52.13
Santiago la Mesilla	191	93	48.69	98	51.31
Reforma Agraria Uno	175	91	52.00	84	48.00
Linda Flor	150	78	52.00	72	48.00
Leningrado	136	70	51.47	66	48.53
Paso Hondo (Gracias a Dios)	114	63	55.26	51	44.74
<i>58 localidades restantes</i>	711	193	48.00	219	52.00

FUENTE: Elaboración de la autora con base en el II Censo de Población 2005. INEGI

⁴ II Censo de Población y Vivienda 2005. INEGI

⁵ Ídem

1.1.2. Caracterización del medio biótico y abiótico

Clima⁶

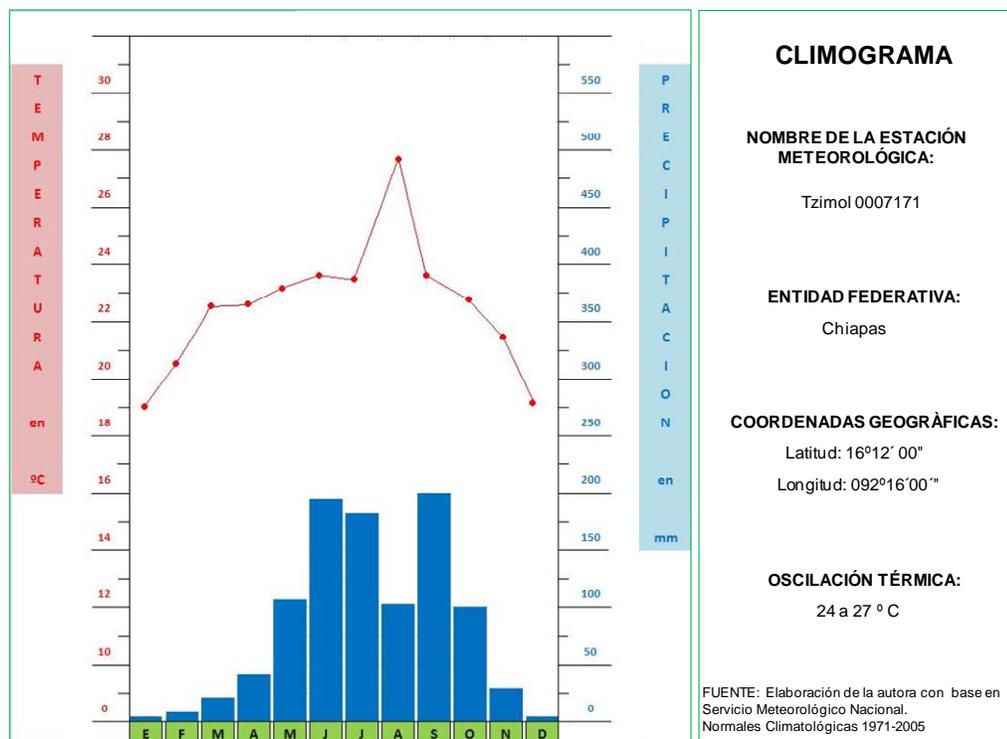
El municipio de Tzimol pertenece a la región climática 10 sureste; con vientos alisios del sureste, ciclones, régimen de verano, muy escasa lluvia invernal y dos máximos térmicos al año.

Su clima, de acuerdo con la clasificación de Köeppen modificado por Enriqueta García es semicálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1) en la parte alta del municipio y cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw0) en la parte baja.

Temperatura promedio⁷

Presenta una temperatura promedio de 27 °C de mayo a octubre; en el periodo de noviembre a abril, su temperatura promedio es de 24°C. (Gráfica 1,1)

Gráfica 1.1
Climograma⁸



⁶ Carta climática, Instituto de Geografía, UNAM

⁷ Ídem

⁸ Servicio Meteorológico Nacional, normales climatológicas 1971-2000

Precipitación promedio anual⁹

La zona de Tzimol se localiza dentro de la isolínea 48° con probabilidad de que se presente precipitación igual o mayor a la media.

Durante el periodo de mayo a octubre, presenta:

- Una precipitación total de 800 a 900 mm
- Isoyeta media máxima de 900°
- Número de días con lluvia de 60 a 89 días

Durante el periodo de noviembre a abril, presenta:

- Una precipitación total de 100 a 125 mm.
- Isoyeta media máxima de 24°
- Número de días con lluvia de 0 a 29 días

Nubosidad¹⁰

Durante los meses de mayo a octubre se presenta la mayor precipitación total entre los 800 y 900 mm, teniendo de 60 a 89 días con lluvia.

Durante esos meses, la región presenta cielo de medio nublado a nublado, con un ambiente de cálido y vientos moderados de 20 km/h.

Velocidad y dirección del viento¹¹

De mayo a octubre dominan los vientos del sureste, con una frecuencia menor a 5%. De noviembre a abril, los vientos mantienen la dirección y la frecuencia, con una velocidad promedio de 20 km/h.

Inversión térmica

La inversión térmica es un fenómeno climatológico; se presenta cuando la temperatura del suelo ha perdido calor por irradiación, las capas de aire cercanas se enfrían con mayor rapidez que las capas superiores, estos cambios en la temperatura del aire provoca una elevación de la temperatura con la altitud; fenómeno contrario a lo normal (a mayor latitud, menor temperatura).

⁹ Carta dominante durante el año. Instituto de Geografía, UNAM

¹⁰ Reportes meteorológicos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Comisión Nacional del Agua (Conagua), Secretaría de Medio Ambiente (Semarnat).

¹¹ Carta de vientos dominantes durante el año, Instituto de Geografía, UNAM

Cuando se presenta este fenómeno, la capa de aire caliente queda atrapada entre dos capas de aire frío, evitando la convección térmica.

La zona donde se ubicará el relleno sanitario es un territorio extenso, la elevación en las curvas de nivel corren paralelas a la dirección de los vientos, esto significa que los vientos se desplazan libremente sin toparse con la barreras montañosas.

Geomorfología¹²

El territorio de Tzimol, geológicamente pertenece a las altiplanicies de edad esencialmente del periodo Plioceno-cuaternaria, con movimientos de bloques posteriores a las acumulaciones volcánicas.

Su estructura corresponde a rocas sedimentarias mesozoicas o paleogénicas.

La parte sur del municipio presenta márgenes montañosos y zonas transicionales de edad cuaternaria, esencialmente superficies de piedemonte de diversa composición litológica y origen.

Fisiografía¹³

El municipio de Tzimol, se ubica dentro de la provincia fisiográfica “Sierra de Chiapas y Guatemala”.

La parte norte del municipio se encuentra dentro de la subprovincia fisiográfica “Depresión Central de Chiapas”, mientras que la parte sur pertenece a la subprovincia “Altos de Chiapas”

Características del relieve

El municipio de Tzimol está conformado territorialmente por dos áreas heterogéneas; en la parte noreste se localizan las cotas más altas (1840 msnm), con pequeños valles intermontanos; en el más extenso de ellos, se asienta la cabecera municipal.

La parte suroeste se caracteriza por terrenos bajos e inundables con cotas que van de los 540 a 660 msnm.

¹² Carta geomorfológica esc: 1:250,000. INEGI, Conjunto de datos vectoriales esc. 1:1 000, 000, INEGI

¹³ Conjunto de datos vectoriales esc:1:100,000, INEGI

La carretera libre Tuxtla-Comitán funge como parteaguas en su configuración topográfica: hacia el noreste la cota se incrementa de 660 a 1840 originando una topografía accidentada.

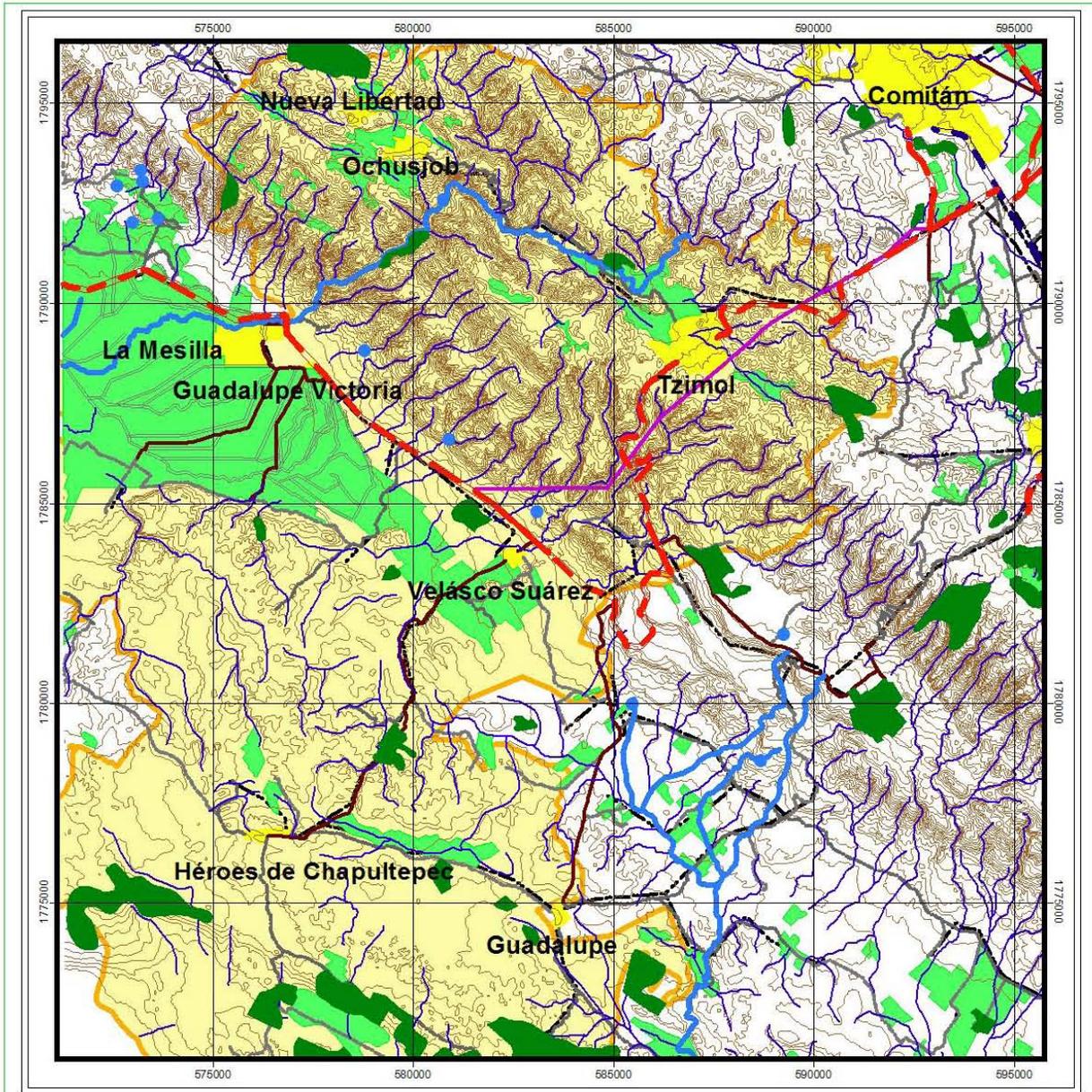
Hidrología superficial¹⁴

El municipio forma parte de la región hidrológica 30, cuenca F, subcuenca e2279, con una isoterma anual de 20 a 22°C, una isoyeta media anual de 1000 mm; su monitoreo lo realiza la estación climática 72 y su monitoreo hidrométrico, la estación 43.

Cuerpos de agua superficiales existentes

El municipio existen corrientes superficiales de agua importantes como el Río San Vicente y del manantial llamado “Ojo de agua”, que cumplen la función de atractivo turístico y abastecimiento de agua.

¹⁴ Carta Hidrológica, esc: 1:250,000. INEGI



PROYECTO EJECUTIVO DEL RELLENO SANITARIO DE TZIMOL, CHIAPAS

Situación hidrológica del municipio de Tzimol

	Municipio de Tzimol		Brecha
	Área urbana		Canal
	Vegetación densa		Líneas en torre de acero
	Áreas de cultivo		Línea en postería sencilla
	Manantial		Corriente de agua perenne
	Curvas de nivel		Corriente de agua intermitente
	Carretera federal		Límite municipal de Tzimol
	Carretera libre		
	Carretera de terracería		

SIMBOLOGÍA

Tzimol
H. Ayuntamiento Municipal, Chiapas
Un gobierno nuevo para ti 2008-2010

FUENTE: Elaboración propia con base en datos vectoriales INEGI.

Mapa 1.2
Hidrografía superficial del municipio de Tzimol, Chiapas

Volumen de escorrentía

El coeficiente de escorrentía expresa la porción de las precipitaciones que generan escurrimiento superficial; se determina relacionando las precipitaciones efectivas (que generan escorrentía superficial) con precipitaciones medias caídas sobre la cuenca. Permite inferir el grado de influencia, sobre el escurrimiento superficial, de distintas variables, como la cobertura vegetal.

De mayo a octubre se presenta el periodo de mayor precipitación en la zona, con una máxima de 900 mm, en un periodo de 60 a 89 días con lluvia.

Aplicando la fórmula $V_E = \frac{\text{Superficie}}{M_p} \cdot F_i$

Donde:

V_E = Volumen de escorrentía

M_p = Máxima precipitación

F_i = Factor de infiltración

Obtenemos un volumen de 3.22 cm/ m³

Fenómenos extraordinarios en la zona

La zona donde se ubicará el relleno sanitario, se encuentra en la parte alta del municipio, a una altitud de 1600 msnm; en los últimos quince años no se han presentado fenómenos meteorológicos que se consideren de riesgo. En la cabecera municipal los problemas de inundación se presentan eventualmente en época de intensa lluvia.

Sin embargo, el cambio climático que se ha presentado a nivel mundial, originó en junio de 2008 lluvias intensas que inundaron las localidades de Reforma Agraria I y Reforma Agraria II, ubicadas en la parte baja del municipio (600 msnm), en 2009 las lluvias regresaron a su comportamiento habitual sin causar daños a la población.

Las áreas inundables se localizan en las partes bajas del municipio (suroeste) y corresponden a las zonas de cultivo de maíz y caña de azúcar.

Vegetación

La vegetación presente en el área destinada a los depósitos de residuos sólidos, donde se llevará a cabo la excavación de zanjas, en su mayoría es zacate, hierba invasora de temporal y vegetación secundaria como ahualal; dentro del predio se encontraron tres áreas con mayor presencia de palma ixtle, que en conjunto, abarcan una extensión de 8314 m², que representa 12.35 % de la superficie total; las especies arbóreas se limitan a siete especies, distribuidos heterogéneamente dentro del predio.

En trabajo de campo se contabilizó un total de 208 palmas de ixtle con altura máxima de 90 cm.

En la parte suroeste del predio se localizó un área de 8314 m² en la que se presenta la mayor cantidad de palma de ixtle.

La densidad relativa es de una especie por m² en el área más poblada del sitio; la densidad relativa dentro del la totalidad del predio es de 0.07 especies por m².

Hasta el momento no se tiene registro oficial de especies exóticas introducidas o en proyecto que se pretenda incorporarlas al sitio.

El bosque de pino- encino de las inmediaciones al sitio no se verá afectado, debido a su lejanía.

Estratificación e identificación de especies dominantes

La estratificación vegetal existente en el predio destinado al relleno sanitario se compone de escasos árboles y arbustos, que alcanzan un dosel bajo debido a su nula competencia en busca de luz.

Estratificación:

Uniestratificado (un estrato dominante) con palma de ixtle.

Estructura vegetal de crecimiento dominante:

Formación herbácea: la cobertura herbácea representa 70% de la superficie del predio.

Formación arbórea:

Las especies arbóreas encontradas en el predio son siete, las cuales representan menos de 5 % respecto del área total.

Fauna

La fauna existente en el predio destinado a la construcción del relleno sanitario y del territorio colindante, son: iguana de roca (*Ctenosaura pectinata*), correcaminos menor (*Geococcyx velox*), pijul (*Crotophaga sulcirostris*), chachalaca, gavián coliblanco (*Accipiter narutis*), gavián pajarero (*Accipiter striatus*), polluela rojiza (*Lanterallus ruber*), zopilote negro (*Coragyps atratus*), zopilote cabeza roja (*Cathartes aura*), búho cornudo (*Bubo virginianus*), chotocabras menor (*Chordeiles acutipennis*), colibrí (*Chlorostilbon canivetii*), carpintero oliváceo (*Piculus rubiginosus*), copetón triste (*Myiarchus tuberculifer*), zanate (*Quiscalus mexicanus*), cenizote (*Mimus gilvus*), luisito (*Pitangus sulphuratus*), comadreja (*Mustela frenata*), tlacuache (*Didelphys virginiana*), coyote (*Canis latrans*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*); esta fauna se caracteriza por su adaptabilidad a las condiciones propia del sitio y se asocian con las actividades antrópicas, como los pequeños roedores y algunas aves.

Debido a las modificaciones que ha sufrido los ecosistemas naturales de la zona por la actividad que se ha desarrollado en ellas no existen condiciones suficientes para incrementar su población.

Sin embargo, en la zona destinada al relleno sanitario sólo se encuentran algunas víboras, conejos de campo e insectos.

Algunas especies como el venado cola blanca y armadillo son de gran interés para cazadores que los comercializan en el mercado ilegal.

Las partes altas del municipio son el hábitat natural de esas especies; la zona donde se ubicará el relleno sanitario no presenta especies con valor cinegético.

Dinámica natural de las comunidades de flora y fauna silvestre

Los ecosistemas existentes en el predio y sus inmediaciones incluyen organismos que se interrelacionan recíprocamente con el medio físico; la estructura trófica y la diversidad biótica que de ello resulta, constituyen la estructura indicada en el cuadro 1.3.

Cuadro 1.3
Estructura ecológica del predio



El biotopo o extensión del terreno donde se construirá el relleno sanitario sólo contiene recursos mínimos para el mantenimiento de los organismos vivos: quince centímetros de suelo con nutrientes básicos y agua durante la época de lluvia.

La agrupación de seres vivos que convergen en el sitio son atraídos por los factores ambientales como la precipitación, la temperatura y los nutrientes que conforman la biocenosis del lugar.

Barreras físicas

Dentro del predio no se encuentran barreras físicas que modifiquen el comportamiento de los ecosistemas existentes; a 1 km se localizan los primeros cauces intermitentes, a 800 m al suroeste del predio se encuentra el área de cultivos, a ocho km al norte y noreste se localiza un área de vegetación densa.

Cualidades escénicas y turísticas

El municipio de Tzimol tiene grandes atractivos de turismo ecológico como las cascadas del Chiflón, el parque La Rejoja y el Ojo de agua; lugares que se localizan a 6 km al Noroeste del sitio destinado al relleno sanitario.

El río San Vicente, nace dentro del municipio de Tzimol, alimenta a las cascadas del Chiflón, riega los cultivos de caña y maíz y es fuente abastecedora del agua que se entuba para servicios municipales.

Como parte de las estrategias en materia de medio ambiente, la administración actual decidió construir el relleno sanitario y contribuir a la disminución de contaminantes que llegan al cauce, tomando todas las medidas y normas establecidas para tal efecto.

Áreas naturales protegidas

Dentro de la zona donde de ubicará el relleno sanitario, no se encuentra ninguna zona de Reserva Natural, por lo que no existen restricciones especiales para la utilización del suelo. Así mismo, las autoridades municipales, estatales y federales, no tienen considerada ninguna Zona de Reserva Ecológica en el predio o en sus inmediaciones.

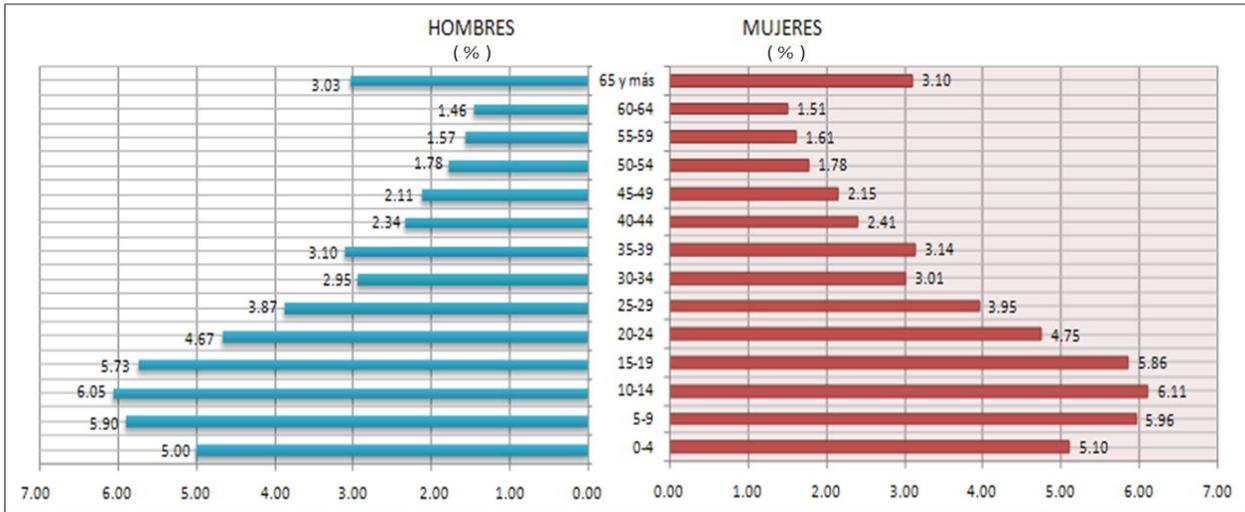
A nivel estatal y federal los parques recreativos La Rejosa, Ojo de Agua y el Chiflón no han sido reconocidos como áreas naturales protegidas o zonas de reserva ecológica, sin embargo, los habitantes y la administración municipal saben de la riqueza natural que poseen y están consientes de la necesidad de protegerlas y conservarlas, no solo porque satisface el requerimiento de agua sino porque representan el crecimiento económico que la actividad ecoturística representarían para Tzimol.

1.1.3. Caracterización socioeconómica y demográfica

La población total del municipio de Tzimol, de acuerdo al II Censo de Población y Vivienda de 2005, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, es de 4,613 habitantes en la cabecera municipal, en tanto que las restantes localidades arrojan la cifra de 8,144 habitantes, que en conjunto representan el 0.29 % de la población del estado.

De la cantidad total municipal 6,233 (48.86 %) son hombres y 6,524 (51.14 %) son mujeres, lo que significa una homogeneidad en la distribución de la población. (Gráfica 1.2)

Gráfica 1.2
Pirámide de edades del municipio de Tzimol, Chiapas en 2008



FUENTE: Elaboración de la autora con base en el II Censo de Población y Vivienda 2005, INEGI.

La tasa de crecimiento poblacional, en el estado para 2005, fue de 1.60 %¹⁵. Se utilizaron los datos del II Censo de Población y Vivienda 2005 del INEGI para elaborar la proyección de crecimiento en los próximos 10 años. (Cuadro 1.4)

Cuadro 1.4
Datos generales de población

Datos Generales	
Datos iniciales para el cálculo de población	
Población 2005	12,757*
Población 2008	13,218**
Periodo del proyecto (años)	10
Año proyectado	2018
TMAC INEGI	1.19%

FUENTE: Elaboración de la autora con base en el II Censo de Población y Vivienda 2005, INEGI.

TMAC: Tasa Media Anual de Crecimiento

*II Censo de Población y Vivienda 2005. INEGI

** Proyección de la población por el método aritmético al año 2008

¹⁵ Indicadores demográficos 2005-2030 para Chipas, CONAPO

El incremento de la población trae consigo una serie de demandas en los servicios, y genera también impactos ambientales entre los que destaca la generación de residuos sólidos, su manejo y su disposición final.

La densidad de población a nivel estatal es de 58 hab /km², en el municipio de Tzimol es de 32 hab/km², presentando la cabecera municipal los valores más altos con 12 hab/km², seguida de San Vicente la Mesilla con 12 hab/km² y Ochusjob con 77 hab/km².

Los valores obtenidos en la tabla de proyección de crecimiento poblacional 2005- 2019 para Tzimol, explican la urgencia por cubrir las necesidades básicas del municipio, y entre éstos, el manejo de los residuos sólidos, debido a que los esfuerzos que estén encaminados a la disposición final de los residuos sólidos tendrán una amplia cobertura en términos de número de habitantes atendidos y las repercusiones benéficas tendrán la misma magnitud.

La población económicamente activa (PEA), considerando a las personas de doce años y más, de acuerdo con las cifras del II Censo de Población y Vivienda de 2005 del INEGI; para el estado de Chiapas se estima en 1,218,598 personas, lo que representa 28.38 % de la población total. En tanto, para el municipio de Tzimol se estima una PEA de 4004 personas, lo que representa 31.38 % de la población total municipal. (Cuadro 1.5)

Cuadro 1.5
Población económicamente activa (PEA)

	E M P L E O	
	TOTAL ESTATAL	TZIMOL
Población de 12 años y más	2,951,751	9,443
Población Económicamente Activa (PEA)	1,218,598	4,004
Población Económicamente Activa Ocupada (PEAO)	1,206,621	3,969
PEAO en el Sector Primario	570,169	2,798
PEAO en el Sector Secundario	159,795	568
PEAO en el Sector Terciario	45,014	552
No especificado	26,513	51
PEAO que no recibe ingresos	271,026	1,319
PEAO que recibe hasta 1 salario mínimo	399,524	1,599
PEAO que recibe de 1 hasta 2 salarios mínimos	247,187	751
PEAO que recibe de 2 a 5 salarios mínimos	164,957	178
PEAO que recibe más de 5 salarios mínimos	66,915	33
No especificado	59,012	89

FUENTE: Elaboración de la autora con base en el II Censo de Población y Vivienda 2005, INEGI.

1.1.4. Vías de comunicación

La cabecera municipal presenta la mayor concentración poblacional, alberga a 36.16 % de los habitantes del municipio; en orden de importancia, le siguen San Vicente la Mesilla con 18.17 %, Ochusjob con 8.39 %, y Héroes de Chapultepec (El Limón) con 7.69 % de la población municipal. Son 73 localidades¹⁶, las cuales en su mayor parte se distribuyen a lo largo de las vías carreteras existentes, por lo que pese a su dispersión, se encuentran integradas a las localidades urbanas.

La alta dispersión poblacional dificulta atender el abastecimiento de servicios; sin embargo, las localidades más pobladas se localizan sobre la carretera o muy cercanas a ella, éstas son San Vicente la Mesilla con 2,318 hab, Ochusjob con 1,071 hab y Héroes de Chapultepec (El Limón) con 982 hab.

¹⁶ Ídem

El municipio de Tzimol posee una infraestructura en comunicación vial de 171.93 km., que permite el acceso a las principales localidades, puntos de interés turístico y destinos importantes como Comitán o Tuxtla Gutiérrez. (Cuadro 1.6)

Cuadro 1.6
Vías de comunicación municipal
(Longitud aproximada)

	L O N G I T U D (km)					
	NORTE	%	SUR	%	TOTAL	%
Carretera	23.19	31.03	0	0.00	23.19	13.49
Terracería	1.26	1.69	22.12	22.76	23.38	13.60
Vereda	46.68	62.46	36.14	37.18	82.82	48.17
Brecha	3.6	4.82	38.94	40.06	42.54	24.74
TOTAL	74.73	100	97.2	100	171.93	100.00

FUENTE: Elaboración de la autora con base en datos vectoriales del INEGI 2005.

La zona norte del municipio cuenta con una red vial de 74.73 km, longitud que representa 43.45 % de la red del municipio; de ésta, 23.19 km (31.3%) cuenta con carpeta asfáltica, 1.26 km (1.69%) de terracería, 46.68 km (62.46%) de veredas y 3.6 km (4.82%) de brechas.

La zona sur del municipio cuenta con una red vial de 97.2 km, longitud que representa 56.53 % de la red del municipio; de esta, 23.19 km (31.3%) cuenta con carpeta asfáltica (de la carretera que se contabilizó en la parte norte, 22.12 km (22.76%) de terracería, 36.14 km (37.18%) de veredas y 38.94 km (40.06%) de brechas. (Cuadro 1.7)

Cuadro 1.7
Características de la red carretera municipal

T R A M O	C A R A C T E R Í S T I C A S					L O C A L I D A D E S		
	TIPO	No DE CARRILES	JURISDICCIÓN	LONGITUD (Km)	ORIENTACIÓN	ADYACENTE	CERCANA	TOTAL
Comitán- Tzimol	P	2	Libre	9.466	NE-SW			0
Tzimol - Ochusjob	T	1	Municipal	10.290	SE-NW		6	6
Ochusjob- Nueva Libertad	T	1	Municipal	1.582	SE-NW			0
Tzimol - Tajuitz	T	1	Municipal	1.308	NW-SE			0
Velázco Suárez - Guadalupe Victoria	T	2	Libre	6.791	SE-NW		9	9
Guadalupe Victoria- Francisco Villa	T	2	Libre	1.280	SE-NW			0
Velasco Suárez - Guadalupe	T	1	Municipal	10.740	N-S/SE-SW		3	3
Guadalupe - Felipe Angeles	T	1	Municipal	4.471	NE-SW			0
Velasco Suárez - Héroes de Chapultepec	T	1	Municipal	9.837	N-W	2	2	4
Felipe Ángeles - Leningrado	T	1	Municipal	6.964	NE-SW			0
San Vicente la Mesilla - Reforma Agraria	T	1	Municipal	4.806	N -SW		1	1
T O T A L				67.535		2	21	23

FUENTE: Elaboración de la autora con base en datos vectoriales del INEGI 2005 y recorrido de campo en junio de 2008.

P: pavimentada

T: terracería

La carretera principal, para la ubicación el relleno sanitario, es la carretera libre que va de Comitán a Tuxtla Gutiérrez; cruza Tzimol, Velasco Suárez, Guadalupe Victoria, Francisco Villa y San Vicente la Mesilla.

Existen carreteras secundarias y terciarias que unen localidades menores entre sí, siendo principalmente de terracería. Se trata de vías de uno o dos carriles, que generalmente entroncan con la carretera libre y presentan trayectorias irregulares y en ocasiones interrumpidas; sin embargo, conjuntamente vinculan a 73 localidades rurales con la cabecera municipal y el resto de la región Frontera.

Entre los caminos más importantes está el que comunica a Tzimol con Comitán, con Velasco Suárez, con Guadalupe Victoria, con Francisco Villa y con San Vicente la Mesilla, y los caminos utilizados para sacar la cosecha. (Mapa 1.3)

CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

2.1. Definición y clasificación de residuos

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, se denomina residuo al *“material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que pueden ser susceptibles de ser valorizados o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta ley y demás ordenamientos, que de ella deriven”*, (Artículo 5, fracción XXIX).

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) distingue los residuos de manejo especial, incompatibles, peligrosos y residuos sólidos urbanos.

- **De manejo especial**

Son aquéllos 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 (fracción XXX)

- **Incompatibles**

Son aquéllos que al entrar en contacto o al ser mezclados con agua u otros materiales o residuos, reaccionan produciendo calor, presión, fuego, partículas, gases o vapores dañinos (fracción XXXI)

- **Peligrosos**

Son aquéllos que poseen alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contienen agentes infecciosos que les confieren peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieren a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta ley (fracción XXXII).

- **Sólidos urbanos**

Los generados en la casas habitación, que resulten 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 generen residuos con características domiciliarias, y los resultantes de limpieza en las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta ley como residuos de otra índole (fracción XXXII).

Los residuos sólidos urbanos, por su volumen son los más importantes en la cabecera municipal y en sus principales localidades. De ellos es necesario saber su origen y composición de residuos sólidos; los tipos y cantidades de residuos sólidos por recibir;

las proporciones en que llegarán estos residuos sólidos; los tipos y cantidades de material que se ha seleccionado y retirado para reutilización y reciclaje; las propiedades de los residuos sólidos de valor económico.

2.1.1. Tipos y fuentes generadoras de residuos sólidos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) distingue los tipos y fuentes generadoras de residuos a los domésticos, comerciales, institucionales, de construcción y demolición, de servicios municipales, plantas de tratamiento y agrícolas.

- **Domésticos**

Proviene de viviendas particulares y se componen de papel, cartón, latas, plástico, vidrio, trapos, madera, restos de comida y jardinería, baterías, pilas, aceite, neumáticos, medicamentos caducos y residuos peligrosos como limpiadores y químicos para automóviles.

- **Comerciales**

Son los provenientes de tiendas, restaurantes, mercados, oficinas, hoteles, talleres, gasolineras que generan residuos similares a los domésticos pero con mayor proporción de empaques.

- **Institucionales**

Proviene de escuelas, hospitales, oficinas; su producción generalmente es baja, sobre todo en localidades pequeñas como Tzimol. Cabe mencionar que dentro de los desechos hospitalarios deben distinguirse los biológico-infecciosos, que de acuerdo con la normatividad (NOM-087-SEMARNAT-SSA-2002) requieren de un manejo especial.

- **Construcción y demolición**

Proviene de esas actividades, de los arreglos en las viviendas y cualquiera otra estructura. Se componen de piedra, hormigón, ladrillo, madera, etc.

- **Servicios municipales**

Proviene de la operación y del mantenimiento de las instalaciones municipales y de las prestaciones de otros servicios.

- **Plantas de tratamiento**

Proviene de la potabilización del agua, del tratamiento de aguas residuales e industriales. Por lo general, su recolección no compete a los servicios municipales.

- **Agrícola**

Proviene de las actividades agrícolas (cultivos y crianza de animales), su recolección no es responsabilidad del municipio.

2.1.2. Tipos y clasificación de generación de residuos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, diferencia al menos tres tipos de generadores, micro, pequeño y grande, y en su artículo 5 define lo siguiente:

- **Microgenerador**

Establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos sólidos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida (fracción XIX)

En el estudio correspondiente a Tzimol, no existen establecimientos que generen hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos

- **Pequeño generador**

Persona física o moral que genere una cantidad igual o mayor a cuatrocientos kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida (fracción XX)

En Tzimol predomina el pequeño generador, representado por los comercios de comida y algunos hogares.

- **Gran generador**

Persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida (fracción XII)

2.1.3. Procedimiento metodológico

La metodología empleada en el desarrollo del proyecto, constó de los siguientes puntos:

1. Acuerdo municipal para la elaboración del proyecto ejecutivo del relleno sanitario de Tzimol, Chiapas.
2. Visita a la Secretaría de Medio Ambiente y Vivienda (Semavi) para la recepción de los términos de referencia a que se sujeta el estudio técnico para la elaboración del sitio donde debe instalarse el relleno sanitario y los términos de referencia a que se sujeta el estudio preventivo de impacto ambiental para el establecimiento de rellenos sanitarios.
3. Se realizó el estudio de generación y caracterización de residuos sólidos municipales
4. Se integró el sistema de información geográfica (SIG Arc view versión 3.1) del municipio de Tzimol, Chiapas.
5. Se recorrió con habitantes del municipio y representantes legales de la copropiedad de Santo Domingo Tzimol, los cuatro sitios propuestos para el relleno sanitario.
6. Personal técnico de la Secretaria de Medio Ambiente y Vivienda (Semavi), visitaron los lugares propuestos y eligieron el más factible para realizar los estudios requeridos.
7. Se elaboró el estudio técnico para la elaboración del sitio donde debe instalarse el relleno sanitario.
8. Se elaboró el estudio preventivo de impacto ambiental para el establecimiento de rellenos sanitarios.
9. Se elaboraron diversos mapas temáticos.
10. Se desarrollaron los cálculos volumétricos para diseñar el relleno sanitario.
11. Se elaboró el manual de operaciones del relleno sanitario.
12. Se inició el trabajo multidisciplinario con la participación del topógrafo que realizó la planimetría y altimetría del sitio, la ingeniería mecánica para obtener la información geotécnica del lugar y la intervención de la arquitectura en la elaboración de planos en el software AUTOCAD, versión 2008.

Generación per cápita de residuos sólidos

Para obtener la generación per cápita de los residuos sólidos provenientes del municipio de Tzimol en casa habitación y otros tipos de fuentes, se empleó la metodología descrita por la norma mexicana NMX-AA-61-1985, partiendo de una selección aleatoria para elegir las viviendas muestra.

Como marca la norma, se seleccionó el nivel de confianza de la muestra con base en el conocimiento del municipio, la capacitación técnica del personal participante y las características de la localidad, estableciendo un nivel de confianza de 95%.

El universo de trabajo consistió en 130 viviendas, se tomó en cuenta la actividad y estrato socioeconómico, la cantidad de habitantes y su distribución territorial. Para la selección de la muestra se consideró que se generaran 130 muestras para obtener un nivel de confianza $\alpha = 0.05$ al momento de efectuar el análisis estadístico de los datos de campo; cercanía entre las viviendas y el centro de operaciones del estudio y que los habitantes fueran accesibles a participar en el estudio.

Previo al inicio del trabajo de campo, el personal participante hizo un recorrido de reconocimiento de las viviendas seleccionadas; posteriormente se visitó a los habitantes, explicándoles el motivo del estudio y la participación que se requería de la población.

Se recabó información a través de una cédula de encuesta y se hizo entrega de una bolsa de polietileno para ser utilizada en la muestra.

Al siguiente día se visitó la vivienda recogiendo la bolsa dada el día anterior y se le otorgó una nueva bolsa; iniciando la recolección de las muestras a las 7:00 hrs y finalizando a la 11:00 hrs. La primera bolsa entregada tenía la función de recoger todos los residuos sólidos acumulados en la vivienda, a partir del segundo día del muestreo y hasta el séptimo sólo se recolectó la generada cada 24 horas. Al octavo día sólo se recogieron las bolsas con los residuos del día anterior.

Para obtener el valor per cápita de residuos sólidos en kilogramos por habitante por día, correspondiente a la fecha en que fueron entregados, se divide el peso de los residuos entre el número de habitantes de la vivienda.

La generación per cápita diaria, para cada uno de los días en que se realizó el muestreo, por estrato socioeconómico muestreado, tiene como antecedentes la estimación de generación per cápita de residuos sólidos para esta región del país, determinada por Sedesol en 1997 en 0.893 kg/hab/día y en 1999 en 0.679 kg/hab/día; así como información de INEGI de 2005, donde estima que se generan entre 0.8 y 1.4 kg/hab/día en casa habitación, llegando a alcanzar en algunas ciudades 1.5 kg/hab/día.

La producción de residuos sólidos se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$Dsp = Pob \times Gpc$$

Donde:

Dsp = Cantidad de residuos sólidos producidos (kg/día)

Pob = Población del área

Gpc = Generación per cápita (kg/hab/día)

La producción anual de desechos sólidos se estimó con base en las proyecciones de crecimiento del municipio.

Método de cuarteo

Para realizar el cuarteo de la muestra, se consideró lo establecido por la norma mexicana NMX-AA-15-1985, referente a la forma de realizar un muestreo de residuos sólidos.

Peso volumétrico

Para determinar el peso volumétrico *in situ*, se tomaron los residuos eliminados de la primera operación de cuarteo, siguiendo el procedimiento descrito en la norma mexicana NMX-AA-19-1985, calculando el peso volumétrico mediante la siguiente fórmula:

$$Pv = P / V = Kg/m^3$$

Donde:

Pv = Peso volumétrico de residuos sólidos en kg/m³

P = Peso bruto de los residuos sólido, menos tara en kg

V = Volumen del recipiente, en m³

Cuantificación de subproductos

Para obtener la composición de los residuos sólidos generados por cualquier fuente, excepto la industrial, se determinó mediante la metodología que indican las normas oficiales NMX-AA-15-1985 del método de cuarteo y la norma NMX-AA-22-1985 de selección y cuantificación de subproductos.

La muestra fue extraída como indica la norma NMX-AA-15-1985. Tomando como mínimo 50 kg de residuos que proceden de las áreas del primer cuarteo que no fueron eliminadas. El procedimiento indica seleccionar los subproductos depositándolos en bolsas de polietileno hasta agotarlos, de acuerdo con la clasificación marcada por la norma.

Los productos ya separados se pesan en la báscula y se registra el resultado, calculando el porcentaje en peso de cada uno de los subproductos mediante la siguiente fórmula:

$$Ps = G1 / G \times 100$$

Donde:

Ps = Porcentaje del subproducto considerado

G1 = Peso del subproducto considerado en kg, descontando el peso de la bolsa empleada

G = peso total de la muestra (mínimo 50 kg)

Obtenida la composición diaria de los residuos sólidos por estrato socioeconómico y por fuente generadora en cada uno de los días del periodo de muestreo, se obtiene el promedio de las composiciones diarias obtenidas durante el periodo de muestreo en peso y en porcentaje de los residuos sólidos, por estrato socioeconómico y por fuente generadora.

Las 27 divisiones enlistadas en la norma mexicana, se pueden agrupar en seis categorías de manejo práctico, de acuerdo con su naturaleza orgánica e inorgánica y de acuerdo con su vocación de tratamiento.

2.1.4. Caracterización municipal de los residuos sólidos

Para el municipio de Tzitol se consideró únicamente la cabecera municipal, debido a que la identificación de los tres niveles socioeconómicos es más definida, lo mismo que su zona comercial.

El tamaño de la muestra permite tener una $\alpha = 0.05$ de confianza en el manejo de datos (95%). La media ponderada de la generación per cápita de residuos sólidos para las muestras se estima en 0.670 kg/hab/día.

La determinación del peso volumétrico se efectuó para los residuos sólidos que proceden directamente de las fuentes domiciliarias, sin recibir compactación en el carro recolector.

Estos valores para residuos sólidos domiciliarios sin compactar permiten estimar los volúmenes que se requieren para su recolección a través del servicio que presta el municipio. (Cuadro 2.1)

Una vez efectuado el cuarteo y seleccionada la totalidad de la muestra para cada una de las determinaciones, se procedió a separar los subproductos especificados en la norma mexicana.

Cuadro 2.1
Resultados volumétricos obtenidos

V O L U M E T R Í A	T O T A L	U N I D A D
Generación de Residuos sólidos	5.856	ton/día
Producción per cápita	0.443	kg/hab/día
Población municipal*	13 218	hab
Cantidad de residuos sólidos diarios	5.856	ton/día
Cantidad de residuos sólidos anuales	2137.285	ton/año
Volumen anual de residuos sólidos compactados	4749.521	m3/año
Volumen anual estabilizado	3562.141	m3/año
Volumen del relleno sanitario	4274.569	m3/año
Área requerida (área a rellenar)**	0.071	ha
Área total**	7612.240	m2
Vida útil del terreno	15.000	años
Cantidad de residuos sólidos en la celda diaria	5270.016	kg/día laboral
Volumen de la celda diaria con material de	14.053	m3/día
Área de la celda diaria	2.342	m2/día laboral
Avance de la celda diaria	0.390	m/día

FUENTE: Elaboración de la autora con base en resultados obtenidos del estudio de Generación y caracterización de Residuos Sólidos Municipales de Tzimol Chiapas

* Para el año 2008, aplicando proyección de población

** Durante el primer año

ELECCIÓN DEL SITIO DESTINADO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO

3.1. Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003

El análisis del territorio para la selección del lugar más adecuado para la ubicación del sitio de disposición final de residuos sólidos, se elaboró con base en las especificaciones para la selección del sitio de disposición de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-83-SEMARNAT-2003; así como los lineamientos y criterios de regulación ecológica establecidos en los distintos programas de ordenamiento ecológico vigentes en el Estado de Chiapas.

La ubicación del sitio con potencial para albergar un relleno sanitario se logró mediante la eliminación de la superficie territorial habitada, cultivada y cercana a los cuerpos de agua; se consideró la declaratoria señalada por la norma y la información adicional que la copropiedad "Santo Domingo" proporcionó.

Una vez determinadas las zonas con potencial para la ubicación del sitio, se valoró su pertinencia, estimando la distancia a la que se encuentran de los centros de población y de las zonas turísticas, proximidad de caminos, vegetación presente y superficie disponible, incluyendo la zona de amortiguamiento.

El presente documento ubica en plano los sitios para la disposición final de los residuos sólidos municipales que cumplen la normatividad vigente en materia de medio ambiente y ordenamiento ecológico. (Cuadro 3.1)

Entre los criterios seguidos para establecer el sitio regional para la disposición final de residuos sólidos municipales para un relleno sanitario tipo "D", se tomó en cuenta que el predio:

- se encuentre fuera de los centros de población establecidos o previstos por el ayuntamiento o los copropietarios
- cumpla con las distancias mínimas establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 para asentamientos humanos, ya sean regulares e irregulares
- no tengan vocación turística
- se localice cercano a un camino o vialidad que permita abatir los costos de apertura de caminos y transportación del material.
- lo más equidistante a los principales centros de población
- se localice cercano a los bancos de material de relleno
- que tenga una extensión mínima de 1.5 ha.

Cuadro 3.1
Especificaciones para el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana
NOM-083-SEMRNAT-2003

E S P E C I F I C A C I O N E S		CUMPLE		NO APLICA
		SI	NO	
ASPECTOS GENERALES	Las distancias mínimas a aeropuertos: A). De 3000 m (tres mil metros) cuando maniobren aviones de motor a turbina. B).De 1500 m (mil quinientos metros) cuando maniobren aviones de motor a pistón.			x
	Respetar el derecho de vía de autopistas, ferrocarriles, caminos principales y caminos secundarios.	x		
	No se deben ubicar sitios dentro de áreas naturales protegidas.	x		
	Se deben respetar los derechos de vía de obras públicas federales, tales como oleoductos, gasoductos, poliductos, torres de energía eléctrica, acueductos, etc.	x		
	Debe estar alejado a una distancia mínima de mil quinientos metro, a partir del límite de la taza urbana de la población por servir, así como de poblaciones rurales de hasta 2500 habitantes. En caso de no cumplirse con esta restricción, se debe demostrar que no existirá afectación alguna a dichos centros de población.	x		
La localización de sitios de disposición final de residuos sólidos municipales, para aquellas localidades con una población de hasta 50,000 habitantes, o cuya recepción sea de treinta toneladas por día, de estos residuos; se debe hacer considerando exclusivamente las especificaciones establecidas en los puntos 3.2.3 y 3.2.4 de esta Norma Oficial Mexicana.			x	
ASPECTOS HIDROLÓGICOS	El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no se debe ubicar en zonas de pantanos, marismas y similares.	x		
	La distancia de ubicación del sitio con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, debe ser de mil metros como mínimo y contar con una zona de amortiguamiento tal que pueda retener el caudal de la precipitación pluvial máxima presentada en los últimos diez años en la cuenca, definida por los canales perimetrales de la zona.	x		
	La distancia de ubicación del sitio con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, debe ser de 1000 m mil metros) como mínimo y contar con una zona de amortiguamiento tal que pueda retener el caudal de la precipitación pluvial máxima presentada en los últimos 10 años en la cuenca, definida por los canales perimetrales de la zona.	x		
ASPECTOS GEOLÓGICOS	Debe estar a una distancia mínima de sesenta metros de una falla activa que incluya desplazamiento en un periodo de tiempo de un millón de años.	x		
	Se debe localizar fuera de zonas donde los taludes sean inestables, es decir, que puedan producir movimientos de suelo o roca, por procesos estáticos y dinámicos.	x		
	Se deben evitar zonas donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven a fallas o fracturas del terreno, que incrementen el riesgo de contaminación al acuífero.	x		
ASPECTOS GEOHIDROLÓGICOS	En caso de que el sitio para la disposición final de los residuos sólidos municipales esté sobre materiales fracturados, se debe garantizar que no exista conexión con los acuíferos de forma natural y que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea $\leq 3 \times 10^{-10}$ seg-1.			x
	En caso de que el sitio para la disposición final de los residuos sólidos municipales esté sobre materiales granulares, se debe garantizar que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea $\leq 3 \times 10^{-10}$ seg-1	x		
	La distancia mínima del sitio a pozos para extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero tanto en operación como abandonados, debe estar a una distancia de la proyección horizontal por lo menos de cien metros de la mayor circunferencia del cono de abatimiento, siempre que la distancia resultante sea menor a 500m (quinientos metros), esta última será la distancia a respetar.	x		

3.2. Utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG Arc View versión 3.1)

El sitio propuesto se eligió bajo el marco normativo vigente, apoyándose la propuesta con el análisis espacio-territorial, que implicó la integración del Sistema de Información Geográfico (GIS) de Tzimol; en el que se superpusieron las capas del medio biótico, abiótico, de infraestructura y socioeconómico sobre la ortofoto digital.

Esta herramienta permitió ubicar espacios con pendientes menores a 15%, las vías de comunicación, los derechos de vía, las distancias entre los cuerpos de agua, las fracturas, las fallas, y las cercanías con la población.

Descartados los espacios que no cumplían con la normatividad, se realizaron en compañía de personal del ayuntamiento y la copropiedad los recorridos de campo a los sitios propuestos.

Se integró el Sistema de Información Geográfico (GIS) de Tzimol, con el conjunto de datos vectoriales (ED15D83) de la carta topográfica escala 1:250,000 del INEGI, con el plano urbano de Tzimol del INEGI, fotografías aéreas escala 1:40,000 (Z:E15D83R,L:453) y la ortofoto digital (E15D83), complementado con verificaciones de campo. (Mapa 3.1)

La base de datos que lo integra permite visualizar gráfica y estadísticamente 38 capas con la siguiente información:

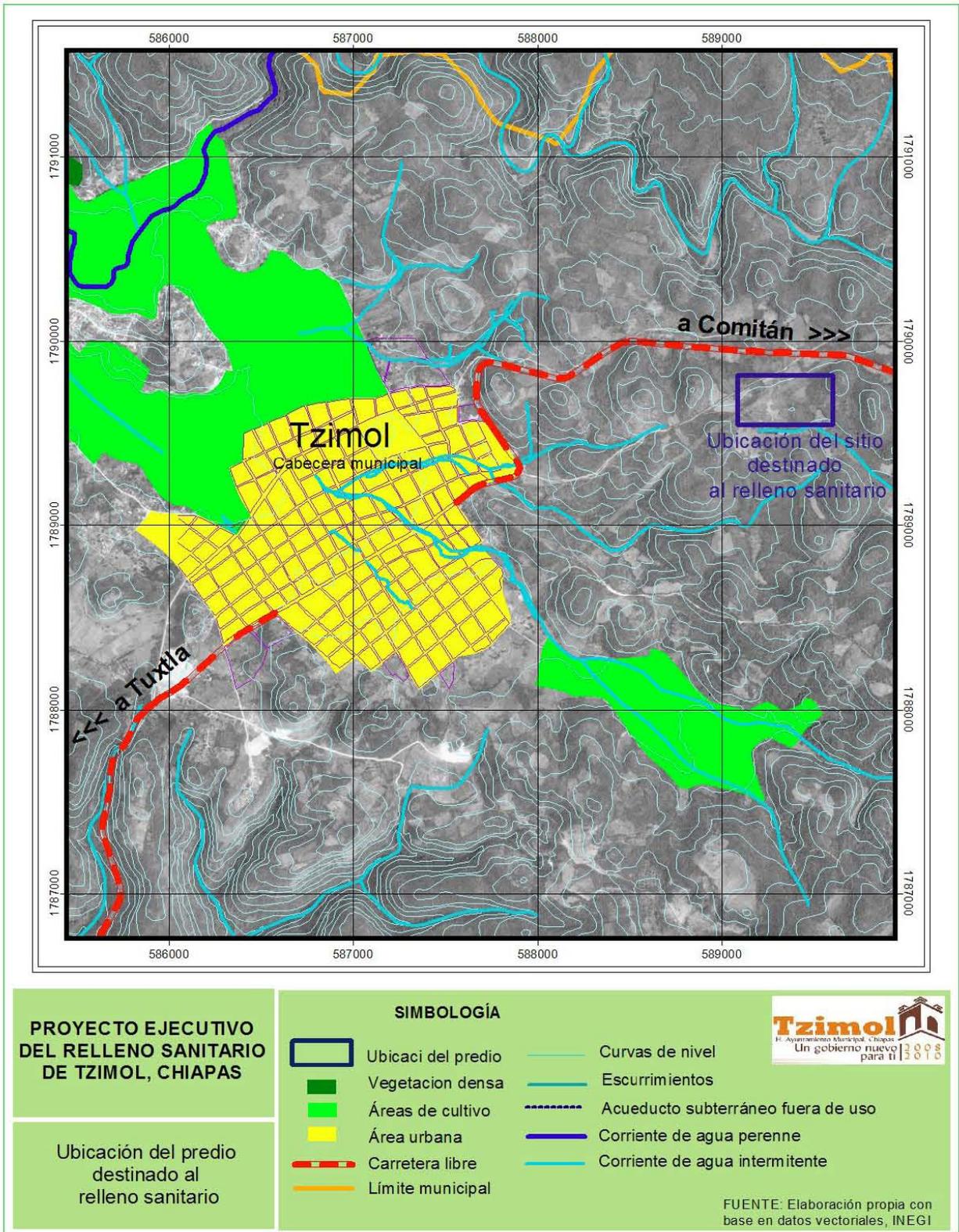
1. Altimetría y datos de elevación
 - Curvas de nivel
 - Depresiones

2. Hidrografía e infraestructura hidráulica
 - Corrientes intermitentes
 - Corrientes de agua perenne
 - Manantiales
 - Saltos de agua
 - Cajas de agua
 - Tanques elevados
 - Canales en operación
 - Presas en operación
 - Cuerpos de agua intermitentes
 - Cuerpos de agua perenne

3. Localidades y rasgos urbanos
 - Área urbana
 - Cementerio

4. Instalaciones diversas
 - Centros de asistencia médica

- Instalaciones deportivas
 - Escuelas
 - Templos
5. Instalaciones de comunicación
- Subestaciones eléctricas en operación
 - Líneas de transmisión en torres de acero, en operación
 - Líneas de transmisión en postera sencilla, en operación
 - Líneas de transmisión en postera doble (H), en operación
 - Aduana y control de migración
 - Antenas de radio
 - Torre de microondas
 - Línea telefónica aérea, en operación
 - Línea telefónica subterránea en operación
6. Infraestructura vial
- Carretera de jurisdicción federal
 - Carretera de jurisdicción estatal
 - Vialidades primarias
 - Vialidades secundarias
 - Vialidades colectoras
 - Brechas
 - Veredas
 - Terracería
7. Uso de suelo
- Áreas de cultivo
 - Terrenos sujeto a inundación
 - Vegetación densa



Mapa 3.1
Ubicación del relleno sanitario

MARCO NORMATIVO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO TIPO “D”

4.1. Fundamento constitucional de carácter ambiental

El marco constitucional del manejo integral de residuos sólidos, tiene su fundamento en diversos artículos relacionados con los residuos sólidos, la disposición final de los mismos, el medio ambiente, el aprovechamiento de recursos naturales, la salubridad, el control de contaminantes, la planeación en el desarrollo nacional y los asuntos fiscales y tarifarios .

4.2. Legislación en el ámbito federal y municipal de la normatividad ambiental.

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), se fundamenta en el artículo 73, fracción XXIX-G, donde se menciona que es facultad del Congreso de la Unión legislar en materia de prevención y control de la contaminación ambiental. Lo relativo a la gestión integral de residuos municipales y su disposición final, se encuentra en el capítulo sobre prevención y control de la contaminación del suelo. Los criterios considerados son los siguientes:

- Corresponde al Estado y a la sociedad prevenir la contaminación del suelo.
- Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos.
- Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficiente.
- En los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligrosos, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o establecer sus condiciones, de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista por el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable.

La ley indica que estos criterios se considerarán en los siguientes casos:

- La ordenación y regulación del desarrollo urbano
- La operación de los sistemas de limpia y la disposición final de los residuos municipales en rellenos sanitarios.
- La generación, manejo y disposición final de residuos sólidos, industriales y peligrosos, así como en las autorizaciones y permisos que al efecto se otorguen.
- La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), también indica que los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se

depositen o infiltren en los suelos, deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

- La contaminación del suelo
- Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos
- Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación.
- Los riesgos y problemas a la salud

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) indica en relación a los residuos sólidos municipales y a su disposición final en el relleno sanitario que: “queda sujeto a la autorización de los municipios o Distrito Federal, conforme a sus leyes locales en materia y a las normas oficiales mexicanas que resulten aplicables, el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reúso, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales”

También señala que corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) expedir las normas a que deben sujetarse los sitios, el diseño, la construcción y la operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de los residuos sólidos municipales. De igual manera establece que la Semarnat promoverá la celebración de acuerdos de coordinación y asesoría a los gobiernos estatales y municipales para:

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

Complementan las disposiciones mencionadas, las relativas a:

- Toda descarga, depósito o infiltración de sustancias o materiales contaminantes en los suelos se sujetarán a lo que disponga la ley, incluidas la Ley de Aguas Nacionales, sus disposiciones reglamentarias y las normas mexicanas que para tal efecto expida Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat).
- La generación, manejo y disposición final de los residuos de lenta degradación, deberán sujetarse a lo que se establezca en las normas oficiales que al respecto expida Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), en coordinación con la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), en coordinación con la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial y la Secretaría de Salud, expedirán normas oficiales mexicanas para la fabricación y utilización de empaques y envases para todo tipo de productos, cuyos materiales permitan reducir la generación de residuos sólidos.

Las disposiciones expedidas por la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), constituyen las bases de la política regulatoria de los residuos en su jurisdicción local, con una perspectiva ambiental, dirigida a la prevención y control de la contaminación que derive de su manejo.

Ley General de Salud

En su artículo 3º, fracción XIII, señala que “la prevención y el control de los efectos nocivos de los factores ambientales en la salud del hombre.

La Secretaría de Salud y los gobiernos de las entidades federativas, en el ámbito de sus respectivas competencias, y de conformidad con la Ley de Información Estadística y Geográfica y con los criterios de carácter general que emita la Secretaría de Programación y Presupuesto, captarán, producirán y procesarán la información necesaria para el proceso de planeación, programación, y control del Sistema Nacional de Salud.

En el capítulo IV, relativo a los efectos del ambiente en la salud, es aplicable en materia de residuos municipales y su disposición final en el relleno sanitario en los siguientes artículos:

Artículo 116

Las autoridades sanitarias establecerán las normas, tomarán las medidas y realizarán las actividades a que se refiere esta ley, tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente.

Artículo 117

La formulación y conducción de la política de saneamiento ambiental, corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en coordinación con la Secretaría de salud, en lo referente a la salud humana. Corresponde a la Secretaría de Salud:

- Determinar los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente.
- Promover y apoyar el saneamiento básico
- Asesorar en criterios de ingeniería de obras públicas y privadas para cualquier uso
- En general, ejercer actividades similares a las anteriores ante situaciones que causen o puedan causar riesgo o daños a la salud de las personas.

Ley General para la prevención y Gestión integral de los residuos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos se publicó en el diario oficial el 8 de octubre de 2003 y entro en vigor a partir del 8 de enero de 2004; es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al medio ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos en el territorio nacional.

La ley establece los principios para el manejo integral de los residuos sólidos. Sus disposiciones son de orden público e interés social, tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona a un ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación de residuos sólidos, la gestión integral de los residuos sólidos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su solución.

El artículo 99 de la ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos señala que los municipios, en conformidad con las leyes estatales, llevarán a cabo las acciones necesarias para la prevención de la generación, valorización y gestión integral de los residuos sólidos urbanos, considerando las obligaciones a las que se sujetarán los generadores de residuos sólidos urbanos, los requisitos para la prestación de los servicios para el manejo integral de los residuos sólidos y los ingresos que deberán obtener por brindar el servicio de su manejo integral.

El artículo 100 indica que la legislación que expidan las entidades federales, en relación con la generación, manejo y disposición final de residuos sólidos urbanos podrá contener las siguientes prohibiciones:

- Verter residuos en la vía pública, predios baldíos, barrancas, cañadas, ductos de drenaje y alcantarillado, cableado eléctrico o telefónico, de gas, en cuerpos de agua, cavidades subterráneas, áreas naturales protegidas y zonas de conservación ecológica, zonas rurales y lugares no autorizados por la legislación aplicable.
- Incinerar residuos a cielo abierto y
- Abrir nuevos tiraderos a cielo abierto.

Conforme al artículo 9, fracción XVII, señala para los rellenos sanitarios, que la facultad de las entidades federativas deben someter a consideración de la SEMARNAT, los programas para el establecimiento de sistemas de gestión integral de residuos de manejo especial y la construcción y operación de rellenos sanitarios, con el objeto de recibir asistencia técnica del gobierno federal para tal fin.

El artículo 97, señala que las normas oficiales mexicanas establecerán los términos a que deberán sujetarse la ubicación de los sitios, el diseño, la construcción y la operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, en rellenos sanitarios o confinaciones controlados.

Las normas de acuerdo con la ley, especificarán las condiciones que deben reunir las instalaciones y los tipos de residuos que puedan disponerse en ellas, con el objetivo de prevenir la formación de lixiviados y la migración de éstos fuera de las celdas de confinamiento. De igual manera, plantearán en qué casos se puede permitir la formación de biogás para su aprovechamiento.

En lo que compete a los municipios, éstos regularán los usos de suelo de conformidad con los programas de ordenamiento ecológico y desarrollo urbano, en los cuales se consideran las áreas en las que se establecen los sitios de disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003

Norma oficial publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de octubre de 2004, 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 municipales y de manejo especial. Es obligatoria para las entidades públicas y privadas responsables de la disposición final de los residuos sólidos municipales.

Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de Estado de Chiapas

La Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de Estado de Chiapas, en sus artículos 1ro, 2do y 3ro, establece las atribuciones de orden público e interés social y de observancia obligatoria en el estado.

Establece en su artículo 3ro:

XII.- La regulación del manejo y disposición final de los residuos sólidos que no sean peligrosos, conforme a esta ley y sus disposiciones reglamentarias;

X.- El manejo y disposición final de los residuos sólidos que no sean peligrosos, así como la vigilancia del manejo de los residuos sólidos industriales no peligrosos;

Artículo 4

XXII.- Impacto ambiental: modificación del ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza;

XXIII.- Manifestación del impacto ambiental: el documento mediante el cual se da a conocer con base en estudios el impacto ambiental significativo que generarían una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo

En caso de que sea negativo;

XXV.- Ordenamiento ecológico local: el proceso de planeación y la aplicación de las medidas que se deriven, dirigido a evaluar y programar el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales en las zonas de jurisdicción estatal para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger al ambiente;

Artículo 6

Determina las bases para celebrar acuerdos o convenios de colaboración con la federación, las entidades y los municipios, en materia de medio ambiente:

I.- Celebrar convenios de coordinación con la federación en las materias de esta ley, para realizar actividades o ejercer facultades en bienes y zonas de jurisdicción federal;

II.- Suscribir acuerdos con los gobiernos de otros estados en materia de ecología con la participación que corresponda a la federación;

III.- Por conducto de las dependencias competentes de la aplicación de esta ley, convenir con los municipios acuerdos de coordinación de acciones de beneficio ecológico;

V.- las demás que conforme a esta ley le correspondan.

Artículo 92

Queda sujeta a la autorización de la Secretaría de Desarrollo Rural y Ecología con arreglo a las bases que para tal efecto se expidan, la localización, instalación y funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, recuperación, tratamiento y disposición final de residuos sólidos no peligrosos, ya sea operados por los propios municipios o concesionados a particulares.

Artículo 93

El ejecutivo del estado propondrá la celebración de acuerdos de coordinación con el ejecutivo federal y con los gobiernos municipales para:

I.- La implantación y mejoramiento de sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos no peligrosos; y

II.-La identificación de alternativas de reutilización y disposición final de residuos sólidos no peligrosos, incluyendo la elaboración del inventario de los mismos.

Artículo 97

Toda descarga o depósito de residuos sólidos no peligrosos en los suelos, se sujetará a lo que disponga esta ley, sus disposiciones reglamentarias y las normas técnicas ecológicas que para tal efecto se expidan.

Ley de Salud del Estado de Chiapas

En su artículo 2do señala la forma en que la comunidad puede participar en los servicios de salud en los sectores público y privado.

Los ayuntamientos están sujetos a las disposiciones legales aplicables, en coordinación con las instituciones de salud.

Ley de Hacienda de los municipios del Estado de Chiapas

La Ley de Hacienda de los Municipio del Estado de Chipas, señala que los ayuntamientos tendrán la facultad de realizar el cobro de derechos por prestación de los servicios de recolección, transporte, tratamiento y destino final de los residuos sólidos o podrán delegar estas facultades a concesionarios.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL DIAGNÓSTICO

5.1. Potencial de recuperación de subproductos

Los valores correspondientes a residuos sólidos de fuentes domésticas, fueron estructurados con valores ponderados, para completar el balance de la generación per cápita de residuos sólidos urbanos se obtuvieron con los datos de tara y pesaje, la cantidad de basura que está ingresando a los sitios de disposición final o basurero a cielo abierto por día, así como el valor de la composición de los residuos de los mayores generadores; estos datos permitieron abordar el análisis para intentar responder a los cuestionamientos sobre qué hacer con los residuos sólidos y cómo hacerlo de manera que su manejo represente el menor impacto ambiental y los mayores beneficios sociales. (Cuadro 5.1)

Cuadro 5.1
Parámetros básicos de los residuos sólidos

P R O M E D I O S P O N D E R A D O S		
INDICADOR BASICO	SUBPRODUCTO	VALORES
Generación per cápita de RSU		0.443 Kg/hab/día
Peso volumétrico		126.25 kg/m ³
Composición promedio	Residuos alimenticios	34.04 .%
	Papel	11.41 .%
	Pañal desechable	10.38 .%
	Plástico rígido	9.41 .%
	Poliuretano	6.94 .%
	Resto de subproductos	27.82 .%

FUENTE: Elaboración de la autora con base en el estudio de caracterización y generación de residuos sólidos, realizado en julio de 2008.

Los datos obtenidos muestran que el principal componente de residuos sólidos generado en hogares, son los restos alimenticios. Los resultados son consistentes en relación a los valores reportados por la Sedesol para la región.

Actualmente en Tzimol se producen 5855.574 kg diarios (5.85 ton/día) de residuos sólidos de origen doméstico, siendo la cabecera municipal el principal generador con 2117.54 kg/día, equivalentes a 36.15 %.

La cantidad estimada de residuos sólidos de tipo doméstico que se producen en el municipio, asciende a 2137.28 ton/año. Sin embargo, existe la posibilidad de revertir la situación actual de los residuos sólidos mediante la separación, reutilización y reciclaje. De continuar las prácticas actuales se presentarán problemas ambientales y de salud.

Los residuos orgánicos compuestos de restos de comida, representan 34.04 % del peso de los residuos sólidos, lo que indica que pueden ser aprovechados en la elaboración de composta y abono para la zona cañera y maicera.

Otro dato importante arrojado por el análisis de residuos sólidos, muestra que los residuos sólidos de origen doméstico como el plástico con 9.41 %, el vidrio, con 5.84 % y el cartón, con 6.88 %, son subproductos aprovechables económicamente.

El resultado de la distribución porcentual de subproductos se presenta en el cuadro 5.2.

Cuadro 5.2

Distribución porcentual de los residuos sólidos obtenidos en el estudio de generación y caracterización de residuos sólidos

		N I V E L S O C I O E C O N Ó M I C O (peso en kg)				
		MATERIAL	NIVEL "A"	NIVEL "B"	NIVEL "C"	PROMEDIO
INORGÁNICO	RECICLABLE	Lata	1.350	1.800	1.370	0.502
		Material ferroso			1.900	0.211
		Material no ferroso		1.570		0.174
		Plástico rígido	1.830	3.500	2.780	0.901
		Poliuretano	2.320	1.300	1.770	0.599
		Poliuretano expandido	1.900	3.550	1.190	0.738
		Vidrio de color		1.250		0.139
	Vidrio transparente	1.520		2.350	0.430	
	NO RECICLABLE	Fibra sintética		2.000		0.222
		Hule			1.460	0.162
		Loza y cerámica		2.105		0.234
Material de construcción					0.000	
Plástico de película					0.000	
ORGÁNICO	TRATABLE	Cartón	1.360	2.220	1.915	0.611
		Cuero				0.000
		Residuo fino		1.915		0.213
		Fibra dura vegetal				0.000
		Hueso		1.125	1.300	0.269
		Madera		2.380	1.200	0.398
		Papel	2.150	6.020	2.710	1.209
		Residuos de alimentos	7.350	11.100	6.730	2.798
		Residuos de jardinería	1.275	1.490	1.350	0.457
		Trapo	1.235	1.270	1.210	0.413
	NO TRATABLE	Envase de cartón encerado	1.110		1.350	0.273
	SANITARIO	Algodón		2.110		0.234
		Pañal desechable	1.600	5.160	2.500	1.029
	OTROS	Otros	1.260	1.160	1.820	0.471
	T O T A L			26.260	53.025	18.905

FUENTE: Elaboración de la autora con base en el estudio de caracterización y generación de residuos sólidos, realizado en julio de 2008.

Nivel económico bajo ("A"), medio ("B"), alto ("C")

5.2. Método de disposición final de residuos sólidos

De acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, para el confinamiento final de residuos sólidos en el municipio de Tzimol, se determinó un relleno sanitario manual.

Las actividades asignadas al personal operario del relleno manual serán la excavación de zanjas y celdas, descarga de los residuos sólidos, colocación, compactación y cubierta de los desechos sólidos dispuestos en las celdas, así como el mantenimiento de cunetas, construcción de chimeneas y drenajes de biogás y lixiviados.

La tecnología manual, correspondiente a una localidad pequeña como Tzimol (menor a 15,000 hab.) limita la compactación del material confinado, la estabilidad del cuerpo de la celda, dando como resultado una mayor necesidad espacial y mayor producción de aguas lixiviadas.

La conformación topográfica del terreno y la cercanía con los bancos de material arcilloso tanto para la cubierta impermeable como para las diferentes capas de cobertura, determinan la aplicación del método de área, el cual consiste adecuar la pendiente en forma de escalinata para darle estabilidad a los residuos e ir depositando los mismos desde la parte baja del terreno, apoyándolos en el talud; dentro de la celdas los trabajadores extenderán y compactarán los residuos en capas de 0.30 m. hasta formar una celda que al final del día será cubierta con la tierra extraída de la zanja.

El sitio elegido cumple los requerimientos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003; presenta características físicas, geológicas e hidrológicas que permite utilizar el método de área.

ESTUDIOS QUE FUNDAMENTAN LA ELECCIÓN DEL SITIO DONDE SE UBICARÁ EL RELLENO SANITARIO DE TZIMOL, CHIAPAS

6.1. Estudio de generación y caracterización de residuos sólidos municipales

Los residuos sólidos en el municipio de Tzimol, representan un elemento de riesgo al ambiente y a la salud humana, debido a un inadecuado manejo, resultado de la falta de planeación eficaz y de las deficiencias en la operación de los servicios de recolección, aunada a la falta de recursos y falta de compromiso gubernamental y social.

En busca de una solución integral del manejo de los residuos sólidos y de la voluntad política del gobierno municipal de Tzimol, se llevó a cabo el estudio para el manejo integral de residuos sólidos.

El estudio se enfocó en la caracterización de los residuos sólidos de origen doméstico. La determinación per cápita diaria de residuos por estratos socioeconómicos y por sector de generación; la cantidad, el peso volumétrico y la composición genérica se obtuvieron aplicando las técnicas y procedimientos establecidos en las normas Oficiales Mexicanas:

- NOM-083-SEMARNAT-2003 referente a 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
- NOM-AA-019-1985, para calcular el peso volumétrico *in situ*.
- NOM-AA-022-1985 para la selección y cuantificación de subproductos.
- NOM-AA-061-1985 referente a la selección aleatoria para elegir las viviendas en cada uno de los sectores económicos.
- NOM-AA-015-1985 para la forma de realizar un cuarteo de residuos sólidos.

Los resultados obtenidos se presentan en tablas, planos y gráficas con la fuente correspondiente; se anexan las cédulas de campo, fotografías y documentos empleados para la obtención de la información.

Para el manejo adecuado de los residuos sólidos municipales, se realizó el presente estudio en Tzimol, el cual persigue los siguientes objetivos:

- Determinar las características de composición, generación y manejo de los residuos sólidos del municipio.
- Establecer criterios y lineamientos para promover la reducción de los volúmenes generados de residuos sólidos en el municipio.
- Establecer el marco normativo para el desarrollo e implementación de un servicio de limpia y un organismo operador para el manejo integral de los residuos sólidos.
- Desarrollar las pautas que permitan la construcción del Plan Estratégico para el manejo integral de los residuos sólidos municipales.

Para cumplir con los objetivos anteriormente descritos, es necesario realizar la caracterización de los residuos sólidos que se generan en la cabecera municipal y en las localidades que integran el municipio, la identificación de los subproductos con potencial de reciclamiento, las fuentes que lo generan, la recolección, el tratamiento, la recuperación de materiales y la disposición final.

Con base en los resultados obtenidos se plantean las opciones de manejo integral de los residuos sólidos municipales con soporte técnico, administrativo, legal, social y ambiental.

6.2. Estudio topográfico

El estudio topográfico es relevante para el diseño del relleno sanitario, detalla todos los accidentes del terreno y permite la construcción adecuada de caseta, oficinas, estacionamiento, área de depósito de residuos sólidos, laguna de evaporación, celda de emergencia, áreas de maniobras y las vías internas.

Para el levantamiento se utilizó equipo de estación total; el plano topográfico se presentó en curvas de nivel cada metro y a una escala de 1:500. (Mapa 6.1)

Memoria descriptiva

Fecha de ejecución del levantamiento: 07 de marzo de 2009

El levantamiento topográfico cuenta con una memoria descriptiva; el predio se ubica en el km 50 + 000, en el municipio de Tzimol, Chiapas; tiene una superficie de 3.43 ha.

Objetivo

Obtener la planimetría y altimetría del predio, a partir del reconocimiento físico de los límites del terreno y sus vértices correspondientes.

Reconocimiento físico del terreno

En términos generales, las colindancias del predio son las siguientes:

Al norte Antiguo camino a Comitán

Al sur El camino del Vado

Al este Trabajadero del señor Belisario Hernández

Al oeste Trabajadero¹⁷ del señor Miguel Ruíz

¹⁷ Nombre local que se le da a un terreno que es prestado por la copropiedad para ser trabajado por algún copropietario.

Metodología

Se establece una poligonal de apoyo de precisión orientada en forma magnética y un banco de nivel, a los cuales se les asignaron coordenadas relativas a las que se referirá el levantamiento topográfico.

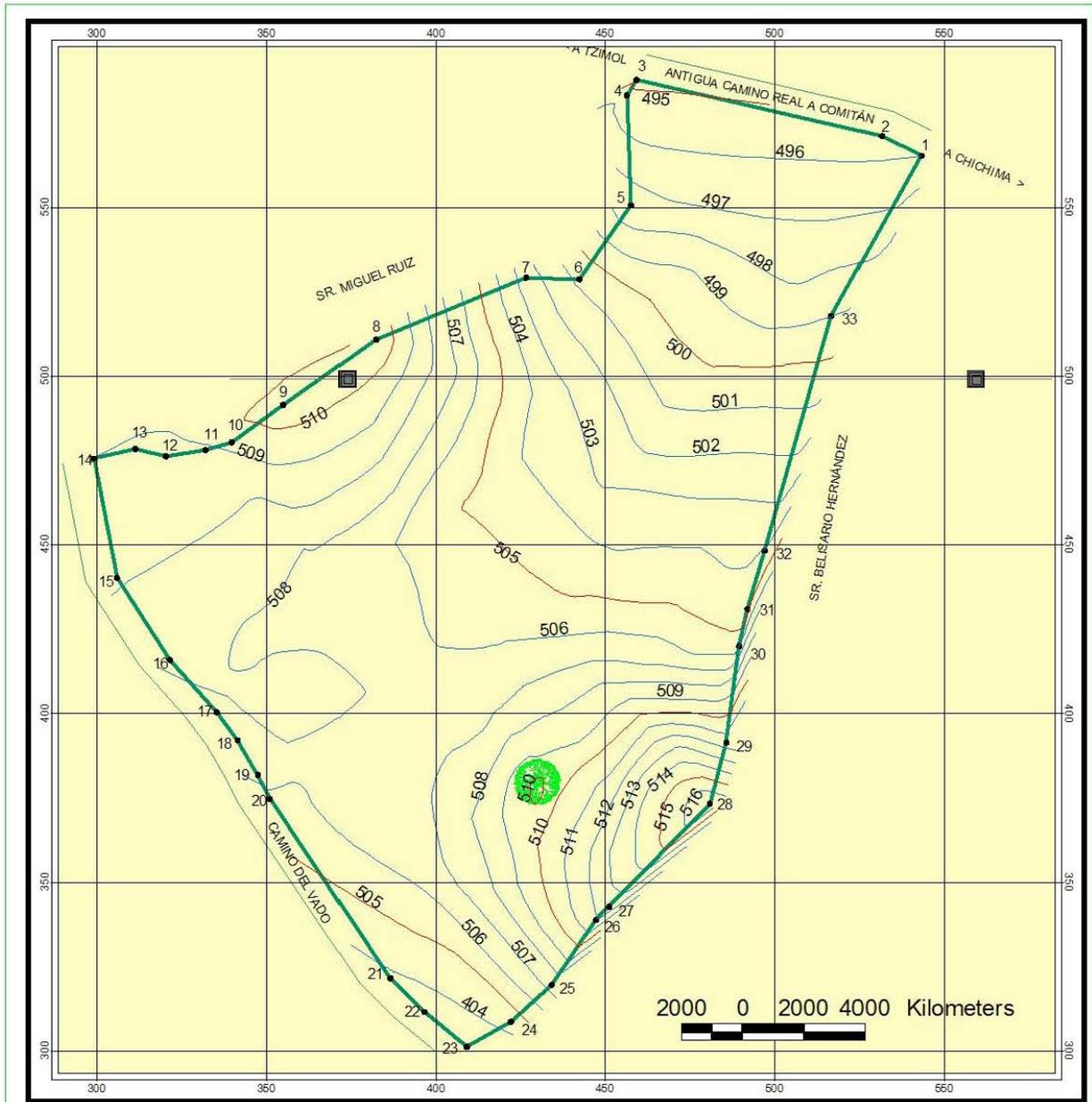
Procedimiento

Se utilizó equipo receptor satelital (GPS), se estableció una línea base con coordenadas universales (UTM) para posicionar geográficamente los vértices.

Se estableció un banco de nivel referido al nivel medio del mar y a partir de éste se colocaron otros a cada 500 metros a lo largo del camino en estudio.

Con estos elementos establecidos se procedió a realizar el trazo del eje, colocando marcas a cada veinte metros; posteriormente se procedió al levantamiento topográfico de datos por el método de radiaciones utilizando estación total para el seccionamiento y la configuración del terreno.

La nivelación del eje se realizó con nivel fijo y se establecieron los bancos con chequeo ida y vuelta.



**PROYECTO EJECUTIVO
DEL RELLENO SANITARIO DE
TZIMOL, CHIAPAS**

**Planimetría y altimetría
del predio destinado al
Relleno Sanitario**

SIMBOLOGÍA

Superficie: 3 - 40 - 34.52 ha

- Límite del predio
- Linderos
- Curva de nivel cada 5 m
- Curva de nivel cada 1 m
- Cables de energía eléctrica
- Torre de energía eléctrica
- Vértices
- Árbol

FUENTE: Elaboración propia con base en levantamiento topográfico

Mapa 6.1
Plano Topográfico

Personal empleado

El personal encargado de elaborar el levantamiento es el siguiente:

Un ingeniero topógrafo

Un auxiliar

Un cadenero

Herramientas

Para el trabajo de campo fueron usadas las siguientes herramientas: prisma con baliza de plomada, radios, cinta metálica, marro, estacas y machete.

Nivelación

Se realizó una nivelación diferencial cerrada alcanzando una precisión aceptable.

Configuración

Se determinó la configuración del predio con topografía irregular, obteniéndose las cotas del interior del predio, registrándose las curvas de nivel a cada metro.

Detalles

La trayectoria seguida por el levantamiento fue el cercado de los predios adyacentes; no se encontraron construcciones dentro del predio; la vegetación arbórea es escasa, con presencia de árboles aislados con altura promedio de quince metros, así como alguna vegetación de arbustos y pasto de temporal.

6.3. Estudio de mecánica de suelos

Los estudios geotécnicos tienen como objetivo determinar la distribución en el subsuelo de las unidades litológicas existentes, para obtener un mayor conocimiento sobre las condiciones geológicas del terreno y definir los sitios y profundidades más convenientes para llevar a cabo la perforación de pozos con fines de investigación estratigráfica.

El estudio de mecánica de suelos permite conocer las características de los materiales del sitio de disposición final; con los resultados de este estudio es posible realizar el cálculo de los taludes, la altura máxima de la celda y definir las características de los materiales de cobertura; posteriormente se realizó el muestreo de suelos en tres puntos de sondeo a cielo abierto y a cuatro metros de profundidad.

Se realizaron varias visitas de campo para identificar los materiales presentes en el sitio y posteriormente se realizaron las pruebas de laboratorio de mecánica de suelos debidamente certificado.

El predio se encuentra sobre una combinación de suelos SM y OL. SM corresponde a suelos de arenas limosas, mezcla de arena y limo. El suelo OL corresponde a suelos de limos orgánicos y arcillas orgánicas de baja plasticidad.

Ambos suelos se caracterizan por presentar partículas gruesas, con más de la mitad de material retenido en malla número 200[⊕]¹⁸.

La permeabilidad o conductividad hidráulica tuvo como resultado 380 cm³† de agua desalojada en diez minutos.

De acuerdo al Sistema Único de Clasificación de Suelos (SUCS) y a través del estudio de mecánica de suelos realizado en el predio, se determinó una combinación de suelos SM y OL.

El suelo SM corresponde a suelos de arenas limosas, mezcla de arena y limo. El suelo OL corresponde a suelos de limos orgánicos y arcillas orgánicas de baja plasticidad. Se caracteriza por presentar partículas gruesas, con más de la mitad de material retenido en malla número 200[⊕]¹⁹.

Descripción general del sitio

La ubicación del terreno para el relleno sanitario se ubica en un predio rústico, alejado de la macha urbana y de la red de agua potable. Es un polígono irregular semiplano, con una superficie de 3.43 ha, y pendiente de 2.5 %.

En la década pasada fue un terreno utilizado para el cultivo de maíz y frijol; la práctica extensiva del cultivo fue degradando su suelo hasta hacerlo poco fértil para la siembra; el pasto y la maleza fueron ganando terreno hasta dejar de ser “trabajadero” (nombre local que le asignan a un terreno para sembrar prestado por la copropiedad) y se convirtió en potrero, alimentando al ganado por varios años; en los últimos dos años ha permanecido abandonado.

La parte suroeste de predio es la más amplia, con una longitud de 205.8 metros, su límite es un camino de terracería llamado el vado, utilizado para sacar la cosecha de la zona.

El acceso principal se localiza sobre el viejo Camino Real a Comitán; a 150 m se conecta con la carretera libre a Comitán.

¹⁸Las partículas de 0.074 mm de diámetro (malla No.200) son las más pequeñas visibles a simple vista.

¹⁹idem

IMPACTO AMBIENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DE TZIMOL, CHIAPAS

7.1. Mitigación de los impactos ambientales en las diferentes etapas del proyecto

En cada una de las etapas de construcción y operación del relleno sanitario se consideran todos y cada uno de los impactos físicos, químicos, biológicos y paisajísticas que sufrirá el predio; paralelamente se describen las medidas de mitigación pertinentes.

- Pérdida permanente de la cubierta vegetal.
- Pérdida permanente de la fauna.
- Pérdida de suelo orgánico.
- Afectación directa sobre las laderas originales del terreno.
- Azolve de sedimentación de material a los cauces intermitentes de la zona.
- Afectación directa al paisaje natural debido a la modificación de la topografía de la zona.
- Afectación a la calidad del aire por efectos del ruido y del polvo.
- Modificación de la trayectoria natural de los escurrimientos superficiales.
- Aumento en el nivel de ruido asociado al movimiento de maquinaria en la excavación.
- Aumento en la contaminación del aire debido a la remoción de materiales.

7.1.1. Escenario del paisaje previo al proyecto

Cualquier actividad humana genera un impacto sobre el medio natural donde se realiza; por lo tanto, la construcción del relleno sanitario generará impactos en el suelo, aire y agua principalmente.

Actualmente el predio destinado para el relleno sanitario es una extensión semiplana cubierta con grama, pasto seco y escasa vegetación secundaria. Durante muchos años se practicó en él la agricultura de temporal; posteriormente la ganadería intensiva acabó con la poca vegetación que quedaba.

7.1.2. Descripción de las medidas y acciones a seguir en las etapas de preparación del sitio y en la construcción y operación del relleno sanitario

Etapa de preparación del sitio de disposición final

Durante la preparación del terreno, para iniciar los trabajos de limpia y desmonte que afectarían al medio ambiente, se previeron las medidas de mitigación que se implementarían en esa etapa (Cuadro 7.1).

Cuadro 7.1
Impactos y medidas de mitigación durante la etapa de preparación del terreno

IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
MICROCLIMA	
El impacto ejercido sobre el microclima del sitio destinado al relleno sanitario es considerado como adverso mitigable, debido a que el desmonte ejercido sobre el terreno afectará al microclima del área.	Como medida de mitigación se reforestará la zona perimetral del relleno, al finalizar la vida útil del relleno se sembrará vegetación inducida. Al momento de la clausura ya se tendrán condiciones microclimáticas normales, dado que toda el área se habrá integrado a su paisaje original.
SUELO	
Durante el proceso de desmonte, el suelo se verá afectado de manera considerablemente; en esta etapa se perderá el primer horizonte del suelo, el más rico en materia orgánica.	<p>Durante la operación del relleno sanitario y hasta el final de su vida útil, el programa de reforestación paulatinamente habrá mitigado el impacto negativo.</p> <p>Se destinará un espacio para resguardar el suelo temporalmente que será reincorporado con posterioridad en las áreas de jardinería y cubiertas finales de las celdas.</p>
FAUNA	
Se afectará de manera significativa a los diferentes grupos faunísticos que actualmente habitan el terreno.	Este proceso lleva implícita una medida de mitigación indirecta, debido a que la fauna emigrará a los terrenos aledaños donde se puedan recuperar las especies.
VEGETACIÓN	
El desmonte del terreno generará un impacto adverso mitigable, afectando todos los estratos de la vegetación.	Con el programa de reforestación, se pretende dotar a la zona afectada de un espacio arbóreo donde los organismos bióticos puedan regenerarse.
AIRE	
Se considera que la calidad del aire puede ser afectada debido a las partículas generadas por el arrastre y la compactación del terreno.	Se efectuarán operaciones de riego, con el fin de eliminar los niveles de emisión de polvo y partículas sueltas.

IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
GEOMORFOLOGÍA	
Los cortes afectarán directamente la geomorfología del sitio por la ruptura que se realizará sobre el suelo; provocarán erosión en los taludes, en la estabilidad de los mismos y en la modificación de su pendiente original.	Para mitigar el efecto negativo que se genere en el suelo, la extracción de material será únicamente la requerida, evitando dejar material excedente que al acumularse ponga en riesgo los cauces.
Afectación directa sobre las laderas originales del terreno.	Para mitigar la erosión producto del material extraído en las diferentes áreas, ésta será utilizada para la construcción de los taludes, los cuales serán cubiertos con pasto para estabilizarlos, tratando de controlar al máximo la erosión de las partes bajas del sitio.
Azolve de sedimentación de material a los cauces intermitentes de la zona	La base del fondo de las zanjas mantendrá una pendiente de 2.5 % que permita el desplazamiento de líquidos por gravedad sin permitir el arrastre de materiales de mayor grosor dentro de las zanjas y canales.
Afectación directa al paisaje natural debido a la modificación de la topografía de la zona.	Para evitar el incremento de lixiviado y la inundación en el área de zanjas, se construirá el canal perimetral de acuerdo con el avance de las obras. El objetivo es captar el agua de lluvia y conducirla a la parte más baja del terreno para que continúe con su trayectoria natural.
PAISAJE	
Visualmente generará un impacto adverso que romperá la homogeneidad paisajística de la zona.	Los efectos adversos serán mitigados con la disposición adecuada de los residuos sólidos durante la fase de operación. Al término de la vida útil del relleno y con la implementación del programa de reforestación, se incorporará a su paisaje original.
POBLACIÓN	
Se consideran dos impactos positivos:	1.- Confinamiento final de residuos sólidos municipales, sin detrimento al medio ambiente.
	2.- Demandará mano de obra local.

Etapa de construcción y operación del relleno sanitario

Durante la construcción, los elementos susceptibles de ser impactados son el aire, el suelo y el agua. La causa principal es el movimiento de maquinaria y vehículos. (Cuadro 7.2)

Cuadro 7.2
Impactos y medidas de mitigación durante la etapa de construcción y operación del relleno sanitario

IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES	
Las aguas superficiales y subterráneas no tendrán un impacto significativo, el estudio de mecánica de suelo mostró que el perfil del suelo está compuesto por material arcilloso con una permeabilidad baja.	Los canales y diques serán revestidos e impermeabilizados con arcilla compactada: el drenaje de lixiviados operará bajo estricto control para evitar que se contamine el manto acuífero.
SUELO	
Durante el proceso de desmonte, el suelo se verá afectado de manera considerable; en esta etapa se perderá el primer horizonte del suelo, el más rico en materia orgánica.	Durante la operación del relleno sanitario y hasta el final de su vida útil, el programa de reforestación paulatinamente habrá mitigado el impacto negativo.
AIRE	
Aumento en el nivel de ruido asociado al movimiento de maquinaria en la excavación, que podrá ser mayor a 65 decibeles.	El correcto mantenimiento correctivo y preventivo de la maquinaria, junto con la intensidad de los vientos, disminuirá la magnitud del ruido, el polvo y los gases.
Aumento en la contaminación del aire debido a la remoción de materiales.	La cerca arbórea en el perímetro del predio, contribuirá en mitigar el ruido y el polvo que se generará en esta etapa.
Emisiones gaseosas producto de la combustión al operar la maquinaria	En cada fase de construcción se regará con agua la zona de trabajo, con la finalidad de disminuir el polvo y las partículas dispersas.
POBLACIÓN	
Se considera como impacto positivo la demanda de mano de obra local.	No existe un impacto negativo para la población, debido a que los asentamientos se encuentran alejados de la zona de obras.

Clausura del relleno sanitario

La etapa de clausura del relleno sanitario, tendrá impactos transitorios en ruido y material esparcido en la zona durante el cierre.

Sin embargo, su impacto visual y hacia el medio ambiente será positivos debido a la reintegración del predio al paisaje natural, generando condiciones aptas para el retorno de la fauna y la flora.

7.1.3. Escenario del paisaje posterior a la clausura del relleno sanitario proyecto

Al término de su vida útil se retirará la cerca perimetral, permitiendo que la flora y la fauna se extienda sobre el antiguo relleno sanitario.

En cada cierre de zanja, lo mismo que de cada etapa se asegurará la colocación de una capa de suelo fértil, posteriormente se sembrará vegetación, integrando el antiguo relleno sanitario al paisaje natural.

INTEGRACIÓN MULTIDISCIPLINARIA PARA ELABORAR EL PROYECTO EJECUTIVO

8.1. Participación de las diferentes especialidades

Dadas las exigencias técnicas en ingeniería y arquitectura que requiere la construcción y operación de un relleno sanitario, éstos se han hecho siempre bajo los criterios de ingenieros ambientales, siendo extremadamente cuidadosos en la obra civil y la contención de los residuos sólidos bajo su confinamiento final.

Para la integración del proyecto ejecutivo del relleno sanitario de Tzimol, Chiapas, se requirió del conocimiento científico y humanista, así como de aplicaciones y desarrollos tecnológicos de la Ingeniería Sanitaria, la Geotecnia, la Topografía, la Arquitectura, la Biología y la Geografía.

A través de un trabajo de equipo, las disciplinas participantes contribuyeron a la entrega final de un proyecto con un alto valor social, económico, cultural y político a nivel local y con una influencia importante en la región.

Ingeniería

La obra civil y los cálculos volumétricos fueron el resultado del reconocimiento físico del terreno, del comportamiento edafológico e hídrico del sitio que se pudo identificar con los estudios geotécnicos realizados en el predio, así como del análisis de los resultados arrojados por el estudio de generación y caracterización de residuos sólidos municipales.

Arquitectura

El diseño arquitectónico, así como la distribución de los diferentes elementos que componen la obra (zona de zanjas, caminos, caseta) solo pudo concretarse después de que la topografía definió la planimetría y altimetría del sitio.

Biología

Antes y durante la construcción y operación del relleno sanitario, la participación de la biología fue importante para conocer las características y condiciones en las que se encontraba la fauna y la flora del sitio destinado al relleno sanitario.

Tratando de cuidar el medio ambiente es necesario conocer el comportamiento de los diferentes hábitats presentes local y regionalmente, conocer las modificaciones que se

van a presentar una vez modificado su entorno, tratando de minimizar los impactos negativos a su comunidad.

Geografía

La participación del geógrafo en la elaboración del proyecto ejecutivo del relleno sanitario de Tzimol, Chiapas, implicó no sólo los conocimientos pertinentes de la ciencia geográfica, la capacidad de análisis e interpretación de los elementos y fenómenos sociales, económicos, culturales y políticos; requirió también la aportación del conocimiento aplicado de los principios de ingeniería, del análisis matemático, de la visualización en tercera dimensión de la obra civil.

En la ingeniería ambiental, las características demográficas sólo representan la población atendida y la capacidad volumétrica que requerirá la construcción del relleno sanitario; para la Geografía, las características demográficas y socioeconómicas, así como su distribución espacial, permiten analizar los diferentes grados de urbanización, las fuentes generadoras y los tipos de subproductos que se comercializarán en cada una de ellas, su reuso y las zonas donde se pueden destinar programas alternativos como la cultura de menor consumo de productos altamente embalados y de composta domiciliaria para mejorar los suelos y disminuir la cantidad de materia orgánica que se confina.

La construcción y operación de un relleno sanitario, realizadas bajo una visión geográfica, toma en cuenta las condiciones físicas como la topografía, la fisiografía y la geomorfología no solo del sitio destinado al del relleno, sino también las características morfológicas que afectan la región.

Considera los fenómenos meteorológicos que se presentan en la zona y la forma en que influirán en las condiciones en las que operará el relleno y los posibles riesgos no sólo para la infraestructura, sino en la seguridad de las personas que laboran dentro del relleno.

La ubicación geográfica de las localidades influye de manera determinante en el diseño de las rutas del servicio recolector de residuos, tomando en cuenta los territorios accidentados y de difícil acceso que actualmente impiden llevar el servicio de limpia a esas poblaciones y, por lo tanto, se incrementa la problemática ambiental en el municipio.

Los impactos negativos en las comunidades bióticas son abordados por la ingeniería ambiental, considerados exclusivamente en la afectación que tendrán dentro del terreno destinado al relleno sanitario; sin embargo, las modificaciones edafológicas, por mínimas que sean, influirán en la vegetación y la fauna de las zonas aledañas al predio destinado al relleno sanitario.

CONCLUSIONES

El conocimiento no es exclusivo de una sola ciencia, por lo tanto, es indispensable reconocer la incapacidad de cualquier disciplina para entender de manera aislada la complejidad de los fenómenos sociales ocurridos en cualquier territorio, incluida la problemática ambiental derivada por la generación de residuos sólidos y su confinamiento final, como fue el caso del relleno sanitario de Tzimol, Chiapas.

La visión de cada disciplina desde su particular punto de vista logra abarcar cada una de las aristas que componen la totalidad de un problema a resolver; la formación integral característica de los geógrafos, permite no sólo coordinar e integrar los conocimientos de otras ciencias sino que aporta información teórica indispensable para abordar la problemática que en manejo de residuos sólidos se presente.

En el caso concreto del relleno sanitario de Tzimol, se pretende contribuir en la solución al deterioro ambiental y de salud pública del municipio causada por el basurero a cielo abierto y se pretenden evitar las prácticas de quema de materiales de difícil descomposición y el aprovechamiento de materia orgánica para mejorar los suelos de cultivo de caña y maíz.

En el aspecto social, generará empleo a personas no calificadas, evitando las actividades de pepena que ponen en riesgo la salud de las personas que las realizan.

Económicamente, permitirá reutilizar algunos de los productos desechados y contribuirá en la producción de material que mejora los suelos de cultivos.

Territorialmente, la equidistancia a las localidades que integran el municipio disminuirá los costos de transporte; el adecuado programa para el servicio de limpia y el correcto diseño de rutas de recolección apoyarán el manejo de residuos sólidos.

BIBLIOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA UTILIZADAS

1. Consejo Nacional de Población y Vivienda (Conapo). *Indicadores demográficos 2005-2030 para Chiapas*.
2. Diario Oficial de la Federación. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)*, 13 de diciembre de 1996. México.
3. Diario Oficial de la Federación. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. 8 de octubre de 2003. México.
4. Instituto de Geografía. *Atlas Nacional de México, Tomo II Naturaleza y Medio Ambiente*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
5. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). *Carta de uso de suelo y vegetación Tuxtla Gutiérrez, E-15-11*, esc. 1:250,000. México.
6. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). *Carta geológica Tuxtla Gutiérrez, E-15-11*, esc. 1:250,000. México.
7. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). *Carta hidrológica de aguas superficiales, Tuxtla Gutiérrez E-15-11*, esc. 1:250,000. México.
8. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). *Carta topográfica esc. 1:250,000*. México.
9. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). *II Censo de Población y Vivienda 2005*.
10. Jaramillo, Jorge. *Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios*. Universidad de Antioquia, Colombia. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, Ciencias del Ambiente. OMS. Washington DC. Septiembre 1992
11. Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. *El manejo de los residuos sólidos municipales en América Latina y El Caribe*. Serie ambiental núm. 15. Noviembre 1995.
12. Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Serie Técnica No. 28.
13. Gobierno del estado. *Plan de Desarrollo Estatal de Chiapas 2007-2012*.
14. *Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tzimol 2007-2009*. Tzimol, Chiapas.
15. Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol). *Guía para la evaluación de un proyecto ejecutivo de relleno sanitario*. México, 1997
16. Sedesol. *Manual de lineamientos para la operación de rellenos sanitarios en las ciudades medias de la República Mexicana*. México 2003
17. Sedesol. *Manual para determinar la factibilidad de reducción y reúso de residuos sólidos municipales*. México, julio 2001
18. Sedesol. *Manual para el establecimiento de un programa regional de reciclaje*. México, julio 2001
19. Sedesol. *Manual para la operación de rellenos sanitarios*. México, julio 2001.
20. Sedesol. *Manual para la rehabilitación y clausura de tiraderos a cielo abierto*. México, julio 2001
21. Sedesol. *Manual técnico administrativo para el Servicio de Limpia Municipal*. México, julio 2001
22. Sedesol. *Reglamento tipo de Limpia Pública Municipal*. México, julio 2001

23. Sedesol. *Situación actual del manejo integral de los residuos sólidos en México*. México 1999
24. Sedesol. *Manual para el manejo de basura en localidades de 100 habitantes, albergues y campamentos*. México, julio 2001
25. Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México / GTZ. *Manual para la supervisión y control de rellenos sanitarios*; segunda edición, Noviembre 2002
26. Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, GTZ. Hernández. *Programa para la obtención de costos asociados al emplazamiento de un relleno sanitario*.
27. Secretaria de Ecología del Gobierno del Estado de México. *Alternativas de rellenos sanitarios -guía de toma de decisión-*. México 2002
28. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). *Indicadores básicos del desempeño ambiental de México*. 2005. México, Semarnat, UNDP. México 2005
29. Vest, Heinrich. *Información técnica sobre reciclaje*. Secretaria de Ecología. México Diciembre 2003
30. Wehenpohl, G.; Heredia Cantilana, P.; Hernández Barrios. *Guía para el cumplimiento de la NOM-83-SEMARNAT-2003*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales / Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ)
31. Wehenpohl, G.; Heredia Cantilana, P.; Hernández Barrios. *Guía en elaboración de planes maestros para la gestión integral de residuos sólidos municipales*. Gobierno del Estado de, Secretaria de Ecología. Noviembre 2002
32. Wehenpohl, G.; Heredia Cantilana, P.; Hernández Barrios. *Guía para el desarrollo, presentación y evaluación de proyectos ejecutivos para rellenos sanitarios*. Gobierno del Estado de, Secretaria de Ecología. Diciembre 2003.
33. Wehenpohl, G.; Heredia Cantilana, P.; Hernández Barrios. *Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México* 2° edición, Noviembre 2002
34. Wehenpohl, Günther. Hernández Barrios, Claudia P. *Manual para la supervisión y control de rellenos sanitarios*. Segunda edición, Noviembre 2002.
35. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*, INEGI

ANEXO FOTOGRÁFICO



Tzimol forma parte de la Región Frontera de Chiapas y posee una extensión territorial de 375.88 km².



El basurero a cielo abierto contribuye al deterioro ambiental y la salud pública.



Sin control de los subproductos que se tiran al basurero, es común encontrar material altamente contaminante.



Los residuos de medicamentos son depositados en el basurero cielo abierto



La recuperación de subproductos es una práctica habitual dentro del basurero.



Algunos de los subproductos recuperados se utilizan sin realizar alguna medida aséptica.



Se realizó el estudio de generación de residuos sólidos con la participación de jóvenes del municipio previamente capacitados.



Medición del camino de acceso al relleno sanitario.



Con apoyo de habitantes de Tzimol se recorrieron los sitios que cumplieron con la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.

Posteriormente, personal técnico del Instituto Natural y Ecología visitó los sitios propuestos, considerando factible a uno de ellos para realizar los estudios requeridos.



Se realizó el levantamiento topográfico del predio y se obtuvo la planimetría y altimetría del sitio, esenciales para el diseño del relleno sanitario.



Se llevó a cabo el estudio de mecánica de suelos; se ubicaron tres puntos para realizar el muestreo del sitio.

Se excavó a una profundidad de cinco metros y se extrajo material para analizarlo en el laboratorio.



El recurso agua representa para Tzimol un potencial ecoturístico.



La administración municipal y la población en general pretenden contribuir al cuidado y conservación del medio ambiente con la construcción del relleno sanitario.



El mayor atractivo turístico de Tzimol es la cascada “Velo de novia”, localizada dentro del parque turístico El Chiflón.

RELACIÓN DE CUADROS, MAPAS Y GRÁFICAS

Cuadro 1.1	Categorías de rellenos sanitarios
Cuadro 1.2	Cuadro comparativo de población del estado de Chiapas y el municipal de Tzimol
Cuadro 1.3	Estructura ecológica del predio
Cuadro 1.4	Datos generales de población
Cuadro 1.5	Población económicamente activa (PEA)
Cuadro 1.6	Vías de comunicación municipal
Cuadro 1.7	Características de la red carretera municipal
Cuadro 2.1	Resultados volumétricos obtenidos
Cuadro 3.1	Especificaciones para el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana
Cuadro 5.1	Parámetros básicos de los residuos sólidos
Cuadro 5.2	Distribución porcentual de los residuos sólidos obtenidos en el estudio de generación y caracterización de residuos sólidos
Cuadro 7.1	Impactos y medidas de mitigación durante la etapa de preparación del terreno
Cuadro 7.2	Impactos y medidas de mitigación durante la etapa de construcción y operación del relleno sanitario
Grafica 1.1	Climograma
Grafica 1.2	Pirámide de edades del municipio de Tzimol, Chiapas en 2008
Mapa 1.1	Ubicación geográfica del municipio de Tzimol, Chiapas
Mapa 1.2	Hidrografía superficial del municipio de Tzimol, Chiapas
Mapa 1.3	Vialidad regional
Mapa 3.1	Ubicación del relleno sanitario
Mapa 6.1	Plano topográfico