



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ACATLÁN

**PLAN MAESTRO PARA LA RECOLECCIÓN, MANEJO Y
DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA UNIDAD
HABITACIONAL "URBI VILLA DEL REY"**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JOSÉ GÓMEZ HURTADO

ASESOR: DR. RAÚL PÍNEDA OLMEDO

ABRIL 2016

Santa Cruz Acatlán, Naucalpan, Estado de México



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.

DEDICATORIA.

A mi padre Noé Gómez.

Te lo quede a deber en vida, ahora desde el cielo compartes conmigo este logro.

A mi querida María José

Que iluminas mi vida con tu sonrisa y haces que todo tenga sentido.

A mi madre y hermana

Por su apoyo incondicional y por estar en todo momento.

A mi amada Claudia

Siempre juntos en los retos y logros, gracias por la paciencia y por siempre insistirme en terminar este proceso.

**PLAN MAESTRO PARA LA RECOLECCIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL
DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA UNIDAD HABITACIONAL "URBI VILLA DEL
REY" HUEHUETOCA ESTADO DE MÉXICO.**

OBJETIVO GENERAL: Proponer un plan maestro de recolección manejo y disposición final de residuos sólidos, que satisfaga las necesidades y mejore la calidad de vida del conjunto habitacional "URBI VILLA DEL REY"

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I “GENERALIDADES DE RESIDUOS”	2
1.1 DEFINICION DE RESIDUOS.	2
I.2 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS.	2
I.3 PROPIEDADES DE LOS RESIDUOS.	3
I.3.1 Propiedades Fisicas	3
I.3.2 Propiedades Químicas	5
I.4 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS.	6
I.4.1 Clasificación Por Estado	6
I.4.2 Clasificación Por Origen	6
I.4.2.1 Tipos De Residuos Más Importantes.	7
I.4.3 Clasificación Por Tipo De Manejo	8
I.5 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.	8
CAPITULO II “ANTECEDENTES”	11
II.1 SITUACION ACTUAL EN MEXICO.	11
II.4 SITUACIÓN EN EL EDO. MEX.	13
II.4.1 Diagnóstico	13
II.4.2 Infraestructura para la disposición final de residuos sólidos.....	14
II.4.3 Aspectos normativos.	14
CAPITULO III “CASO DE ESTUDIO”	17
III.1 LOCALIZACIÓN Y DELIMITACION DEL MUNICIPIO.....	17
III.2 MEDIO FISICO.....	18
III.2.1 Clima.	18
III.2.2 Orografía.....	19
III.2.3 Geomorfología.	19
III.2.4 Hidrología.....	20
III.2.5 Geología.....	21
III.3 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y SOCIOECONÓMICAS.	23
III.3.1 Aspectos Demográficos.	23
III.3.2 Aspectos Económicos y Social.....	24
III.3.3 Nivel De Escolaridad.....	24

III.3.4 Desarrollo Urbano.....	24
III.3.4.1 Uso de suelo.....	25
III.3.4.2 Aprovechamiento actual del suelo.....	25
III.3.4.3 Vivienda.....	25
III.4 SERVICIOS BASICOS.....	26
III.4.1 Infraestructura sanitaria.....	26
III.4.2 Infraestructura carretera y ferroviaria.....	26
III.4.2.1 Sistema de transporte.....	26
III.4.4 Recolección y disposición de desechos sólidos.....	27
III.5 CARACTERISTICAS PARTICULARES DE LA UNIDAD HABITACIONAL “URBI VILLAS DEL REY”	27
III.5.1 Gaceta De Gobierno. Etapa 1 (22 De Agosto De 2006).....	27
III.5.1.1 Superficie Total Del Conjunto Urbano.....	27
III.5.1.2 Obras De Urbanización.....	28
III.5.1.3 OBRAS DE INFRAESTRUCTURA PRIMARIA.....	29
III.5.2 Gaceta De Gobierno Etapa II (19 De Diciembre De 2007).....	29
III.5.2.1 Superficie Total Del Conjunto Urbano.....	29
III.5.2.2 Obras De Urbanización.....	30
III.5.2.3 Obras De Infraestructura Primaria.....	30
III.5.3 Gaceta De Gobierno. Etapa III. (26 de Noviembre de 2010).....	30
III.5.3.1 Superficie Total Del Conjunto Urbano.....	31
III.5.3.2 Obras De Urbanización.....	31
III.5.3.3 Obras De Infraestructura Primaria.....	32
CAPITULO IV “GENERACIÓN”	33
IV.1 ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DOMICILIARIOS.....	33
IV.1.1 Zona De Almacenamiento.....	33
IV.1.2 Diseño Del Sistema De Almacenamiento.....	34
VI.1.3 Cálculo De Volumen De Almacenamiento.....	35
IV.1.4 Densidad De Los Residuos Sólidos.....	36
IV.2 BARRIDO.....	36
IV.2.1 Frecuencia y Area Donde Debe Efectuarse El Barrido.....	38
IV.2.2.1 Barrido Manual.....	39
IV.2.2.2 Rendimiento Del Barrido Manual.....	40

IV.2.3 Limpieza Por Ruta Fija.	41
IV.3 DISEÑO DE RUTA DE RECOLECCIÓN.....	45
IV.3.1 Generación.	45
IV.3.2 Recoleccion.....	45
IV.3.3 Metodo De Recoleccion.	45
IV.3.4 Características de las áreas a rutear.	46
IV.3.5 Equipo De Recolección y Transporte Primario.	46
IV.3.5.1 “Especificaciones Técnicas”	47
IV.3.5.2 Especificaciones Dimensionales.	48
IV.3.6 Frecuencia De Recoleccion.	48
IV.3.7 Rutas De Recolección.	49
IV.3.7.1 Macroruteo.	50
IV.3.7.2 Diseño Preliminar De Macrorutas.	50
IV.3.7.3 Capacidad Útil Del Vehículo.	54
IV.3.7.4 Croquis De Rutas De Recolección.	57
CAPITULO V “DISPOSICIÓN FINAL”	64
V.1 DEFINICIÓN DE RELLENO SANITARIO.	64
V.1.1 Ventajas de un relleno sanitario.	65
V.1.2 Desventajas de un relleno sanitario.....	65
V.2 TIPOS DE RELLENO SANITARIO.	66
V.2.1 Relleno Sanitario Manual.	66
V.2.2 Relleno Sanitario Semi-Mecanizado.	67
V.3 METODOS PARA REALIZAR UN RELLENO SANITARIO.	67
V.3.1 Método de Área.	67
V.3.2 Método de Trinchera.	68
V.4 CARACTERISTICAS DE UN SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL.	70
V.4.1 Consideraciones Técnicas.	70
V.4.2 Diseño De Relleno Sanitario.	70
V.4.3 Diseño Del Área De Relleno.	71
V.4.4 Elementos De Diseño.	71
V.5 Elección Del Sitio.	71
V.5.1 Justificación De La Elección Del Sitio De Disposición Final.	72

V.5.1.1 Ubicación En Las Cercanías De Un Aeródromo O Aeropuerto.	72
V.5.1.2 Cercanía A Áreas Naturales Protegidas.	72
V.5.1.3 Cercanía A Centros De Población.	72
V.5.1.4 Ubicación En Sitios No Permitidos.	73
V.5.1.5 Cercanía A Zonas De Inundación.	74
V.6 CONSIDERACIONES GENERALES.	75
V.6.1 Vida Útil Del Sitio.	76
V.6.2 Material De Cobertura.	77
V.6.3 Topografía Del Sitio.	77
V.7 CÁLCULO DEL VOLUMEN NECESARIO PARA EL RELLENO SANITARIO.	80
V.7.1 Cálculo Del Área Requerida.	80
V.7.1.1 Área Requerida Para El Relleno Sanitario.	80
V.7.2 Proyección Del Volumen Necesario Para El Relleno Sanitario.	83
V.7.3 Requerimientos Volumétricos.	84
V.7.3.1 Capacidad Volumétrica Del Sitio.	84
V.8 CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA CELDA DIARIA DE RESIDUOS.	85
V.8.1 Operación Diaria De Celdas En Relleno Sanitario.	87
V.8.2 Diseño de Celda Diaria.	89
V.8.3 Diseño de franja.	90
V.8.4 Diseño de Capas.	90
V.9 OBRAS COMPLEMENTARIAS	93
V.9.1 Malla Perimetral.	93
V.9.2 Caseta de control de acceso vehicular.	94
V.10 SISTEMA DE BIOGÁS.	96
V.10.1 Extracción De Biogás.	96
V.10.2 Modelo Mexicano De Biogás.	100
V.10.3 Proyecciones De Generación Y Recuperacion De Biogás En El Relleno Sanitario De “Urbi Villas Del Rey”, Huehuetoca, MÉXICO.	101
V.11 CONTROL DE LIXIVIADOS.	103
CONCLUSIONES.	106
BIBLIOGRAFIA.	109
GLOSARIO.	110

INTRODUCCIÓN

Los desechos sólidos como tal pueden causar problemáticas urbanas tales como focos de infección, generadores de plagas, mala imagen urbana, contaminación de suelos, malos olores, etc. Es por eso que se tiene que tener un amplio control sobre estos desechos, desde que son generados por los habitantes, hasta que son depositados en el relleno sanitario o el tiradero a cielo abierto.

En el caso de nuestro país, los encargados de dar el servicio de recolección, barrido, manejo, y disposición final de residuos sólidos, son los municipios que conforman a cada estado. En ciertos casos estos no tienen la capacidad y/o el conocimiento para dar este servicio cumpliendo las especificaciones que se piden.

Este es el caso de Huehueteca que no tiene un buen control sobre los desechos, las rutas de recolección no son las más eficientes y el manejo de residuos no cumple con las normas, es por eso que el presente trabajo propone una solución para esta problemática.

El presente trabajo tiene la finalidad de dar una solución a los problemas relacionados con los desechos sólidos, que se tienen en Huehueteca Estado de México. En especial en la zona habitacional “URBI VILLA DEL REY” con relación a la recolección, manejo y disposición final de los residuos sólidos generados por la misma población.

CAPITULO I “GENERALIDADES DE RESIDUOS”

1.1 DEFINICION DE RESIDUOS.

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, define residuo como “Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó”¹.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos tiene la definición como “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 puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven;”²

Esta ley también define a los “Residuos Sólidos Urbanos: Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole;”²

Tomando en cuenta las anteriores definiciones podríamos decir que los residuos son el producto resultado de las actividades cotidianas del ser humano, que son generados por las envolturas, botellas, embalajes, recipientes, desechos orgánicos, que pueden ser reutilizados o reciclados, llegando a tener un valor comercial.

1.2 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS.

La composición de los residuos urbanos varía en función de tres factores, que son el nivel de vida de la población, la actividad desarrollada por esta y la climatología propia de la región. Dependiendo de estos factores, se consumirán y se emplearán determinados productos que a la postre producirán los correspondientes residuos.

Usualmente los valores de composición de residuos sólidos municipales o domésticos se describen en términos de porcentaje en masa, también usualmente

en base húmeda y contenidos ítems como materia orgánica, papel y cartones, escombros, plásticos, textiles, metales, vidrios, huesos, etc.

La utilidad de conocer la composición de residuos sirve para una serie de fines, entre los que se pueden destacar estudios de factibilidad de reciclaje, tratamiento, investigación, identificación de residuos, estudio de políticas de gestión de manejo.

Es necesario distinguir claramente en qué etapa de la gestión de residuos corresponden los valores de composición. Los factores de que depende la composición de los residuos son relativamente similares a los que definen el nivel de generación de los mismos.

Dentro de los residuos urbanos pueden englobarse un sinnúmero de materiales que deben conocerse en profundidad para gestionarlos correctamente. La evolución experimentada por la sociedad ha hecho que los residuos orgánicos, tradicionalmente la fracción mayoritaria, hayan dado paso a otros productos nuevos, especialmente procedentes de los envases y embalajes.

El grupo de los residuos sólidos urbanos engloba una serie de productos, que se podrían clasificar de la siguiente manera:

Materia orgánica. Restos de comida, de jardinería y otros materiales fermentables, constituyen el principal componente de los residuos, que tiende a disminuir en las sociedades más desarrolladas.

Vidrio botellas, envases de alimentos, etc. La recolección diferenciada de esta fracción está cada vez más extendida.

Papel y cartón. Periódicos, papel en general, cajas y envases. Esta fracción ha experimentado importantes incrementos en los últimos años y su recolección en origen está en expansión.

Plásticos. Botellas y envases para líquidos, envases y embalajes. Bajo este nombre se agrupan diferentes polímeros. La recuperación y reciclaje de los materiales plásticos aún no está generalizada.

Otros componentes. Madera, cenizas, textiles, goma, latas metálicas, etc.

I.3 PROPIEDADES DE LOS RESIDUOS.

I.3.1 Propiedades Físicas

Es necesario conocer algunas de las propiedades de los residuos para prever y organizar los sistemas de recolección y tratamientos finales de recuperación o

eliminación, y para decidir sistemas de segregación en el caso de los residuos que generen riesgos especiales para el medio ambiente.

- **Humedad.** Esta característica debe tenerse en cuenta por su importancia en los procesos de compresión de residuos, producción de lixiviados, transporte, procesos de transformación, tratamientos de incineración y recuperación energética y procesos de separación de residuos en planta de reciclaje. En los residuos urbanos, la humedad tiende a unificarse y unos productos ceden humedad a otros. Esta es una de las causas de degradación de ciertos productos como el papel, que absorbe humedad de los residuos orgánicos y pierde características y valor en los procesos mecánicos de reciclaje sobre el reciclado en origen, que evita este contacto.

- **Peso específico.** La densidad de los residuos urbanos es un valor fundamental para dimensionar los contenedores tanto de los hogares como de la vía pública. Igualmente, es un factor básico que marca los volúmenes de los equipos de recolección y transporte, tolvas de recepción, cintas, capacidad de vertederos, etc. Este valor soporta grandes variaciones según el grado de compactación a que están sometidos los residuos. La reducción de volumen tiene lugar en todas las fases de la gestión de los residuos y se utiliza para optimizar la operación, ya que el gran espacio que ocupan es uno de los problemas fundamentales en estas operaciones. Primero, en el hogar al introducirlos en una bolsa, después, dentro del contenedor al estar sometidos al peso de otras bolsas, más tarde en los vehículos recolectores compactadores, y por último en los tratamientos finales.

El peso específico unitario de cada producto no indica que su mezcla tenga un valor global proporcional al de sus componentes. En el hogar, estos valores son habitualmente muy superiores debido a los espacios inutilizados del recipiente de basura: cajas sin plegar, residuos de formas irregulares, etc. Sin embargo, conforme vayan agrupándose de forma más homogénea, se acercarán más al estricto cálculo matemático, que da unos valores medios teóricos para residuos sin compactar de 80 kg/m^3 con variaciones importantes de acuerdo a la composición concreta de los residuos en cada localidad. Sobre estos valores teóricos de peso específico del conjunto de los residuos sólidos urbanos, se deberán tener en cuenta importantes reducciones o aumentos según el estado de presentación o de manipulación de estos.

- **Granulometría.** El grado de segregación de los materiales y el tamaño físico de los componentes elementales de los residuos urbanos, constituyen un valor imprescindible para el dimensionado de los procesos mecánicos de separación y,

en concreto, para definir cribas, tromeles y elementos similares que basan su separación exclusivamente en el tamaño. Estos valores también deben tomarse con cautela, ya que las operaciones de recolección afectan al tamaño por efecto de la compresión o de mecanismos trituradores. En cada caso concreto es preciso efectuar los análisis pertinentes para adecuar la realidad de cada circunstancia al objetivo propuesto.

I.3.2 Propiedades Químicas

Las propiedades químicas de los residuos urbanos son factores condicionantes para algunos procesos de recuperación y tratamiento final. El poder calorífico es esencial en los procesos de recuperación energética, al igual que el porcentaje de cenizas producido en los mismos. Otras características como la eventual presencia de productos tóxicos, metales pesados, contenido de elementos inertes, etc., son informaciones muy útiles para diseñar soluciones adecuadas en los procesos de recuperación y para establecer las adecuadas precauciones higiénicas y sanitarias.

- **Composición química.** Como consecuencia de la enorme variabilidad que experimenta la composición de los residuos sólidos urbanos, la composición química resultante de su conjunto también es muy variable.

Es necesario conocer la composición de un residuo concreto para determinar sus características de recuperación energética y la potencialidad de producir fertilizantes con la adecuada relación carbono/nitrógeno. También es conveniente conocer la presencia y concentración de residuos tóxicos y peligrosos para evaluar el riesgo de su manejo, tratamiento, reprocesado y reutilización, que puedan aportar a la salud humana y al medio ambiente. Arsénico, cadmio, mercurio, antimonio, disolventes clorados, elementos con características de inflamabilidad, corrosividad, reactividad, ecotoxicidad, toxicidad o cualidades cancerígenas, mutagénicas o teratológicas, suelen estar presentes en los residuos urbanos.

- **Poder energético.** Las propiedades calorimétricas de los residuos urbanos son los parámetros sobre los que se diseñan las instalaciones de incineración y de recuperación energética. Su valoración, fruto de la propia variabilidad de la composición, viene marcada por el poder calorífico de cada producto.

Otro valor que interesa conocer es la temperatura a la que se funden y solidifican las cenizas de la combustión de estos materiales. El punto de fusión de las cenizas

está en 1.200° C, y las escorias obtenidas son utilizadas en algún proceso de tratamiento para reducir emisiones y para manejar de modo más controlado estos restos últimos de la incineración.

I.4 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS.

Los residuos pueden ser clasificados utilizando diferentes criterios, así tenemos, por ejemplo: estado, origen, tipo de tratamiento al que serán sometidos o potenciales efectos derivados del manejo.

I.4.1 Clasificación Por Estado

Un residuo es definido por estado según el estado físico en que se encuentre. Existe por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista sólidos, líquidos y gaseosos, es importante notar que el alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos puramente descriptivos o, como es realizado en la práctica, según la forma de manejo asociado : por ejemplo un tambor con aceite usado y que es considerado residuo, es intrínsecamente un líquido, pero su manejo va a ser como un sólido pues es transportado en camiones y no por un sistema de conducción hidráulica.

En general un residuo también puede ser caracterizado por sus características de composición y generación.

I.4.2 Clasificación Por Origen

Se puede definir el residuo por la actividad que lo origine, esencialmente es una clasificación sectorial.

Esta definición no tiene en la práctica límites en cuanto al nivel de detalle en que se puede llegar en ella. A continuación, se mencionan algunas categorías:

- Domiciliarios, urbanos o municipales
- Industriales
- Agrícolas, ganaderos y forestales
- Mineros
- Hospitalarios o de Centros de Atención de Salud

-De construcción

-Portuarios

-Radiactivos

I.4.2.1 Tipos De Residuos Más Importantes.

•Residuos municipales:

La generación de residuos municipales varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población. El creciente desarrollo de la economía ha traído consigo un considerable aumento en la generación de estos residuos. En la década de los 60, la generación de residuos domiciliarios alcanzaba los 0,2 a 0,5 Kg/habitante/día; hoy en cambio, esta cifra se sitúa entre los 0,8 y 1,4 Kg/habitante/día.

Los sectores de más altos ingresos generan mayores volúmenes per cápita de los residuos, y estos residuos tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población.

•Residuos industriales:

La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.

•Residuos mineros:

Los residuos mineros incluyen los materiales que son removidos para ganar acceso a los minerales y todos los residuos provenientes de los procesos mineros. En el mundo las estadísticas de producción son bastante limitadas. Actualmente la industria del cobre se encuentra empeñada en la implementación de un manejo apropiado de estos residuos, por lo cual se espera en un futuro próximo contar con estadísticas apropiadas.

•Residuos hospitalarios:

Actualmente el manejo de los residuos hospitalarios no es el más apropiado, al no existir un reglamento claro al respecto. El manejo de estos residuos es realizado a nivel de generador y no bajo un sistema descentralizado. A nivel de hospital los residuos son generalmente esterilizados.

La composición de los residuos hospitalarios varía desde el residuo tipo residencial y comercial a residuos de tipo médico conteniendo sustancias peligrosas.

I.4.3 Clasificación Por Tipo De Manejo

Se puede clasificar un residuo por presentar algunas características asociadas al manejo que debe ser realizado:

Desde este punto de vista se pueden definir tres grandes grupos:

- a) **Residuo peligroso:** Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.
- b) **Residuo inerte:** Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.
- c) **Residuo no peligroso:** Ninguno de los anteriores

I.5 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.

La gran diversidad y heterogeneidad de los RSM dificulta el establecimiento de criterios claros de clasificación y, por tanto, de manejo de los mismos. En el cuadro se plantea una clasificación en la que se utiliza la fuente genérica del origen del residuo, las fuentes específicas y los residuos que son generados en esas fuentes, desglosándolos en residuos comunes, residuos potencialmente peligrosos por su forma de manejo y disposición o por su contenido de materiales peligrosos y residuos peligrosos que es factible encontrar en los RSM.

TABLA I.1 “Clasificación de los residuos sólidos municipales”

Fuente	Origen específico	Tipos de residuos
Domiciliarios	Casas habitación	<p>Clasificación de residuos comunes por propiedades físicas:</p> <p>Materiales inertes</p> <p>Vidrio.</p> <p>Plástico.</p> <p>Enseres domésticos.</p> <p>Material ferroso.</p> <p>Chácharas.</p> <p>Material no ferroso</p> <p>Materiales Fermentables</p> <p>Residuos alimenticios.</p> <p>Residuos de jardinería.</p> <p>Hueso.</p> <p>Flores (desechos).</p> <p>Materiales combustibles</p> <p>Algodón</p> <p>Papel.</p> <p>Cartón.</p> <p>Tetrapack y tetrabrik</p> <p>Textiles naturales.</p> <p>Textiles sintéticos.</p> <p>Pañales</p> <p>Madera.</p>
Institucionales	Escuelas básicas (prescolar a secundaria).	
	Educación preparatoria y superior.	
	Museos.	
	Iglesias.	
	Oficinas de gobierno.	
	Patrimonio histórico.	
	Bancos.	
	Reclusorios.	
Áreas y vías públicas	Calles y avenidas.	
	Carreteras federales o estatales.	
	Parques y jardines.	
	Áreas abiertas.	
	Zonas federales.	
	Balnearios.	
	Zoológicos.	
	Playas.	
	Áreas arqueológicas.	
	Parques nacionales.	
Comercial y de servicios.	Mercados, tianguis y centros de abasto.	
	Hoteles y moteles.	
	Oficinas.	
	Rastros.	
	Panteones.	
	Restaurantes.	
	Tiendas.	
	Presentaciones artísticas.	
	Circos.	
	Cines.	
	Teatros.	

Fuente	Origen específico	Tipos de residuos
Comercial y de servicios.	Estadios.	
	Hipódromos y galgódromos.	
	Parques deportivos.	
	Autódromos.	
	Velódromos.	
	Plazas de toros.	
	Frontón.	
	Terminales:	
	Marítimas.	
	Terrestres.	
	Aéreas.	
Construcción y demolición		

Modificado de: OPS/GDF/EDO MEX. Análisis sectorial de residuos sólidos en la Zona Metropolitana del Valle de México. México. 1997

CAPITULO II “ANTECEDENTES”

II.1 SITUACION ACTUAL EN MEXICO.

México, al igual que muchos países del mundo enfrentan grandes retos en el tema de los desechos sólidos debido, por un lado, al elevado índice de crecimiento demográfico e industrial del país (acompañado por la tendencia a abandonar las zonas rurales y concentrarse en centros urbanos) y, por el otro, a la imagen creada de productos suntuarios que influyen en las costumbres de la población induciendo al consumo de artículos desechables, sin promover su manejo adecuado. De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), se ha modificado de manera sustancial la cantidad y composición de los RSM, ya que su generación aumentó de 300 gramos por habitante por día, en la década de los cincuentas, a más de 860 gramos, en promedio, en el año 2000; asimismo la población se incrementó en el mismo periodo de 30 millones a más de 97 millones estimándose una generación nacional de 84,200 toneladas diarias. En cuatro décadas, la generación de RSM se incrementó nueve veces y sus características se transformaron de materiales mayoritariamente orgánicos, que, por sus características químicas y su origen, pueden ser fácilmente reintegrados a la naturaleza a elementos cuya descomposición es lenta y requieren de procesos físicos, biológicos o químicos complementarios para procesarse; además de que los residuos generan impactos adversos considerables sobre el medio ambiente.

En México se recolectaba en el año 2000 el 83% del total de los residuos generados (69,886 toneladas) y quedaban dispersas diariamente 14 314 toneladas. Del total generado, poco más del 49% se depositaban en sitios controlados, esto es, 41 258 toneladas por día, lo que significa que 42 942 toneladas se disponían diariamente a cielo abierto, en tiraderos no controlados, tiraderos clandestinos o dispersos de forma inadecuada. De seguir esa tendencia, la situación de por sí ya grave, puede adquirir un perfil crítico.

En México, la generación de residuos sólidos municipales variaba en 1999 de 0.679 a 1.329 kg/hab/día. Los valores inferiores corresponden a zonas en su mayoría semirurales o rurales, mientras que los valores superiores, representan la generación para zonas metropolitanas

Tabla II.1 “GENERACIÓN UNITARIA DE RSM”.

Tipo de fuente generadora	Subclasificación	Generación
Domiciliarios	Unifamiliar	0,605 kg/h/día
	Plurifamiliar	0,722 kg/h/día
Comercio	Tiendas de autoservicio	2,527 kg/empleado/día
	Tiendas departamentales	
	- Con restaurante	1,468 kg/empleado/día
	- Sin restaurante	0,766 kg/empleado/día
	Locales comerciales	
	Almacenamiento y abasto	2,875 kg/empleado/día
	Mercado sobre ruedas	2,758 kg/local/día
	Frutas y legumbres	7,900 kg/local/día
	Abarrotes	1,030 kg/local/día
	Carnes	1,531 kg/local/día
	Preparación de alimentos	14,900 kg/local/día
	Diversos	0,803 kg/local/día
	Especializados	3,350 kg/local/día
	Comunes	2,143 kg/local/día
Servicios	Restaurantes y bares	0,850 kg/comensal/día
	Servicios públicos	0,420 kg/empleado/día
	Hoteles	1,035 kg/huésped/día
	Centros educativos	0,058 kg/alumno/día
	Centros de espectáculos y recreación	0,012 kg/espectador/día
	- Cines	0,054 kg/espectador/evento
	- Estadios	0,179 kg/empleado/turno
Especiales	Unidades médicas	
	- Nivel 1	
	Con laboratorio	1,279 kg/consultorio/día
	Sin laboratorio	0,998 kg/consultorio/día
	- Nivel 2	4,730 kg/cama/día
	- Nivel 3	5,390 kg/cama/día
	Laboratorios	0,580 kg/empleado/día
	Veterinarias	1,700 kg/empleado/día
	Terminal terrestre	2,418 kg/pasajero/día
	Terminal aérea	5,177 kg/pasajero/día
Centros de readaptación social	0,538 kg/interno/día	
Áreas públicas	Espacios abiertos	0,163 kg/m ² /día
	Vías públicas	31,383 kg/km/día
Generación per cápita municipal		1,204 kg/hab/día

Fuente: Dirección General de Servicios Urbanos. DDF. 1994

Tabla II.3 “PESO VOLUMÉTRICO *IN SITU* DE LOS RSM”.

Fuente	kg/m³
Unifamiliar, plurifamiliar	228
Tiendas de autoservicio	148
Tiendas departamentales	113
Locales comerciales	209
Almacenamiento y abasto	139
Restaurantes y bares	324
Servicios públicos	88
Hoteles y moteles	144
Centros educativos	84
Centros de espectáculos	73
Oficinas públicas y privadas	80
Unidades médicas	130
Laboratorios	196
Veterinarias	157
Terminales terrestres	122
Terminales aéreas	142
Centros de readaptación social	217
Espacios abiertos	117
Vía pública	768

Fuente: Dirección General de Servicios Urbanos. DDF. 1995

II.4 SITUACIÓN EN EL EDO. MEX.

II.4.1 Diagnóstico

- Población del Estado de México: 14.5 millones de habitantes, equivalente a 12 Estados de la República.
- Tasa de crecimiento anual: 2.42%, la más alta del país. La población creció 1.53 millones de habitantes en 4 años.
- 27 municipios con muy alto índice de marginación, con más de un millón de habitantes.
- El 80% de los mexiquenses se concentra en las zonas metropolitanas del Valle de México y de Toluca.
- Elevada generación de residuos sólidos urbanos en el valle Cuautitlán–Texcoco, derivado del incremento poblacional y la modificación de los hábitos de consumo.

- Del total de residuos sólidos urbanos generados en el país aproximadamente el 15% (14,700 toneladas diarias) corresponde al Estado de México.
- Se estima que entre el Estado de México y el D.F. generan el 29%del total nacional.
- Una característica particular de este sector es la participación activa de estratos socioeconómicos marginales, asociados a condiciones de pobreza y desempleo.
- Como ejemplo, podemos mencionar los sitios de disposición final de Nezahualcóyotl, en los cuales se estima que el sector informal está integrado por 3,000 pepenadores y recolectores.

II.4.2 Infraestructura para la disposición final de residuos sólidos.

- ✚ **7 rellenos sanitarios** (5,300 ton/día)
- ✚ **40 sitios controlados** (3,220 ton/día)
- ✚ **56 sitios no controlados** (2,050 ton/día)
- ✚ **23 municipios** no cuentan con sitio propio.

II.4.3 Aspectos normativos.

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

Señala que los municipios elaborarán y someterán para su autorización un plan de regularización que incluya las acciones y medidas necesarias para que su sitio de disposición final cumpla con la norma. El plazo venció el pasado 19 de diciembre del 2005.

El año pasado se realizaron tres cursos regionales de capacitación para la elaboración de planes de regularización de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos con base en la NOM-083-SEMARNAT-2003. Participaron 160 representantes de 75 municipios. En mayo se realizó el seminario “Manejo integral de residuos sólidos y aguas residuales”, con la participación de 40 municipios. En estos cursos se entrega a los municipios diversos manuales y documentos técnicos elaborados con el apoyo de Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ).

Como resultado, 44 municipios han iniciado el trámite de regularización de sus sitios de disposición. Para su revisión se integró un grupo de trabajo con técnicos de tres áreas de la Secretaría relacionadas con los sitios de disposición final.

•En una siguiente etapa, mediante visitas de inspección programadas de la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México (PROPAEM), se solicitará a las autoridades municipales el cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003. Se participa en los cursos de capacitación y actualización y en los foros de intercambio de experiencias, a través de la Red Nacional de Promotores Ambientales en la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos, promovida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

En cumplimiento a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y al Plan de Desarrollo del Estado de México, se elabora el Programa Estatal de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos. Se apoya a los municipios en la elaboración de sus programas, concluyendo los de Cocotitlán, Amecameca, Ozumba, Valle de Bravo y Tonatico. Con financiamiento de la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ), se elaboró e imprimió el “Estudio de Género en Gestión de Residuos Sólidos”, primero en su tipo a nivel nacional. Además, se concluyó el proyecto de Norma Técnica Estatal Ambiental en materia de elaboración de composta.

El Gobierno del Estado de México apoyó a diversos municipios en el saneamiento de sus sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, destacando los trabajos realizados en tiraderos a cielo abierto de la Zona Metropolitana del Valle de México.

- TULTITLÁN
- ECATEPEC
- COACALCO
- CHIMALHUACÁN
- NEZAHUALCÓYOTL

En estos municipios y como parte del Proyecto Ciudad Jardín Bicentenario, se implementa un **proyecto integral de manejo de residuos sólidos urbanos**.

- Se concertó con organizaciones de **recolectores y pepenadores la aceptación del proyecto**.
- El municipio firmó un convenio para incorporar en el proyecto al sector informal de recolectores y pepenadores.
- Recolectar la basura **separada en orgánica e inorgánica** y entregar al municipio la parte orgánica para elaborar composta, así como los inorgánicos que no comercializan.

- En un **predio de 30 hectáreas** del Estado de México se construirá una planta de separación y reciclaje de residuos, así como un relleno sanitario para disponer los materiales no aprovechables (costo estimado de **120 MDP**).
- Los **pepenadores dignificarán su trabajo** al incorporarse a una **empresa paramunicipal** para laborar en la separación de reciclables.
En la zona saneada de los sitios Neza II y III se acondicionarán temporalmente **12 campos de fútbol**. Esto ha evitado que sea invadida o que clandestinamente se deposite nuevamente basura.
- Durante el periodo de construcción del relleno sanitario y la planta de tratamiento de basura, el municipio dispondrá sus residuos en las áreas no saneadas del Neza II.
- Con lo anterior se clausuró **el Neza I** e inició su saneamiento. Se estima una inversión de la iniciativa privada de 300 MDP.
- Una vez concluida la planta de tratamiento y el relleno sanitario, el municipio clausurará y saneará el Neza II, con un costo estimado en **30 MDP**.

CAPITULO III “CASO DE ESTUDIO”.

III.1 LOCALIZACIÓN Y DELIMITACION DEL MUNICIPIO.

El Municipio de Huehuetoca se localiza en la porción norte del Estado de México y colinda con los Municipios de Tequixquiac al norte y noreste, Zumpango al este, Coyotepec y Tepotzotlán al sur, todos del Estado de México; mientras que hacia el noroeste colinda con los municipios de Tepejí del Río y Atotonilco de Tula, ambos del Estado de Hidalgo.

Está ubicado entre los paralelos 19° 45´ 01” y 19° 53´ 34” y los meridianos 99° 10´ 19” y 99° 21´ 08” del meridiano de Greenwich. Su altura promedio es de 2,550 metros sobre el nivel del mar y la cabecera a 2,250 metros sobre el nivel del mar.

FIGURA III.1 “LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO”.



Cuenta con una superficie de 16,171.37 hectáreas y su cabecera municipal es Huehuetoca.

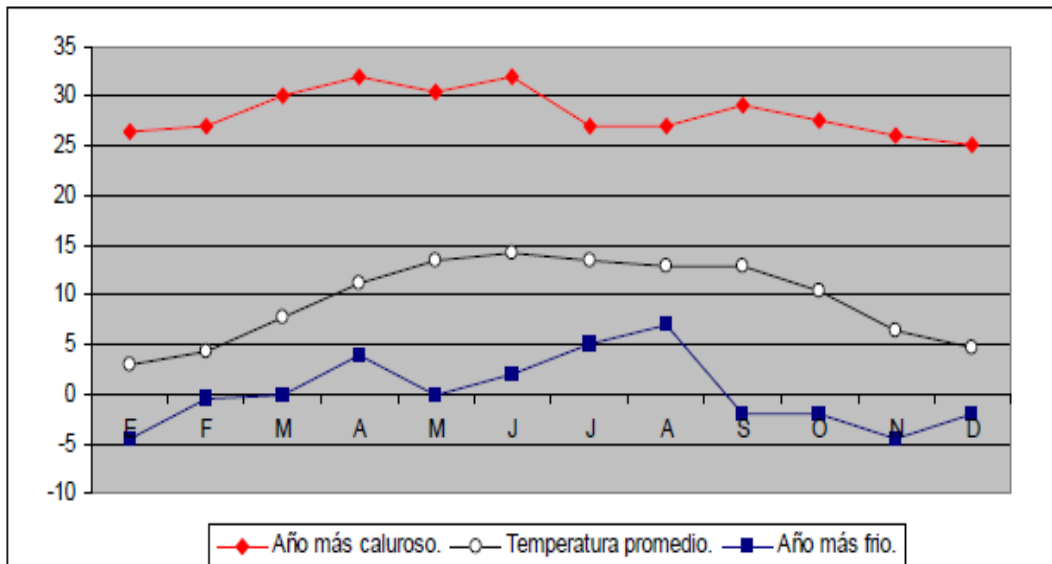
Dentro del Municipio de Huehuetoca destacan las siguientes localidades: Huehuetoca (Cabecera municipal), San Bartolo, El Salitrillo, San Pedro Xalpa, Santa María, San Miguel Jagüeyes y la Ex Hacienda de Xalpa.

III.2 MEDIO FISICO.

III.2.1 Clima.

En el Municipio de Huehuetoca predomina el clima templado, el cual se divide en: templado seco y templado subhúmedo; predominando el clima templado seco, contando con una temperatura promedio 15.4° C. Las temperaturas extremas que se han registrado en el municipio oscilan entre los 6. 9° C como mínima y como máxima los 23. 8° C.

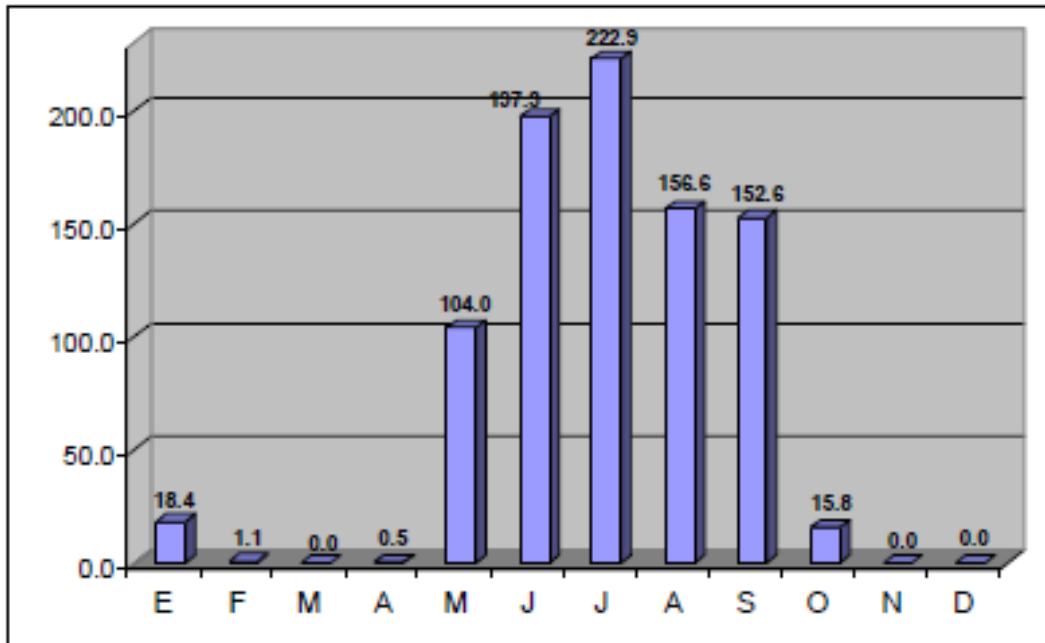
FIGURA III.2” Oscilación de la temperatura durante el período, 1950-1995”.



Fuente: Anuario Estadístico del Estado de México. 2000.

En cuanto a la precipitación promedio, ésta se establece en 627.98 mm, teniendo a los meses de junio, julio agosto y septiembre los de mayor precipitación. Mientras que los meses que son considerados con heladas y fríos son diciembre, enero, febrero y marzo, teniendo al año 71 días con heladas.

FIGURA III.3 “Precipitación promedio mensual”.



Fuente: Anuario Estadístico del Estado de México. 1999.

III.2.2 Orografía.

El Municipio de Huehuetoca se encuentra en las estribaciones de la Sierra de Tepetzotlán, que ocupa cerca de la mitad del territorio municipal con alturas hasta de 2800 msnm. Las elevaciones relevantes ubicadas en su territorio son: al norte la Mesa La Ahumada con 2550 msnm, La Guiñada con 2450 msnm; al oeste por el Pico Sincoque con 2550 msnm y al este por el Cerro de Xalpan o de la Estrella con 2650 msnm. El resto del territorio hacia la parte central, se caracteriza por planicie a una altura de 2250 msnm, donde se asientan las principales poblaciones del municipio.

III.2.3 Geomorfología.

Por su cercanía a la Sierra de Tepetzotlán, el Municipio de Huehuetoca experimenta una formación geomorfológica irregular, donde se encuentran 4 rangos de pendientes con distintas aptitudes al desarrollo urbano. Los rangos de pendientes van del 0 al 5%, del 5 al 15%, del 15 al 25% y mayor al 25%.

TABLA III.1 “Restricciones al Desarrollo Urbano en Función a la Pendiente del Terreno”

Rango %	Uso del Suelo							
	Habitacional		Industrial		Comercial		Áreas Verdes	
	Unifamiliar	Plurifamiliar	Ligera	Pesada	Comercio y Abasto	Productos Básicos	Parques y Jardines	Zonas Deportivas
0-2	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto
2-5	Apto	Apto	Apto	Restricción	Restricción	Apto	Apto	Apto
5-15	Apto	Restricción	Apto	No apto	No apto	Apto	Apto	Restricción
15-25	Restricción	No apto	Restricción	No apto	No apto	Restricción	Apto	No apto
>25	No apto	No apto	No apto	No apto	No apto	No apto	Restricción	No apto

Fuente: INEGI. Guías de Interpretación Cartográfica.

Las zonas con pendientes mayores al 25% se registran principalmente en dos extensiones, la primera se ubica al sur-poniente del municipio en una franja que recorre casi en su totalidad el límite con el Municipio de Tepetzotlán; asimismo, la segunda limita con Tepejí del Río, Estado de Hidalgo. Estas áreas ocupan un 13% de la superficie municipal.

Para el rango de pendientes del 15 a 25 % se localizan varias porciones ubicadas al interior del territorio municipal, ocupando el 25% de éste, situadas principalmente en la zona sur-poniente en la Sierra de Tepetzotlán, además del Pico Sincoque, la Mesa Ahumada y la elevación al oriente de San Pedro Xalpa. Gran parte de la Zona Militar se asienta sobre

En lo que concierne a los rangos de pendientes que van de 5 a 15% presentan una extensión territorial parecida a la anterior, siendo la transición entre las zonas con pendiente irregular y las planicies. Entre las localidades asentadas en este intervalo se encuentran Santa Teresa I y II, San Miguel Jagüeyes, La Ceroleña, San Buenaventura, La Rentada, entre otras.

En el caso de las pendientes con rango de 0 a 5%, éstas se presentan como las extensiones territoriales con las mejores condiciones para el desarrollo urbano. Se ubica en una franja que divide al municipio en dirección norponiente a suroriente, asentándose la cabecera municipal, San Bartolo, Santa María, La Cañada y Salitrillo, entre otros.

III.2.4 Hidrología.

El municipio forma parte de la Región Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, está constituido por el Río Cuautitlán con dirección de sur a norte cruzando la cabecera municipal por la zona poniente, por lo que se convierte en el colector

primario de aguas residuales habitacionales y comerciales, además de los residuos líquidos de las empresas asentadas en su rivera.

El agua superficial se almacena básicamente en tres presas, Santa María, Cuevecillas y Jagüey Prieto; que son utilizadas principalmente para abrevaderos y para riego, beneficiando con su paso a toda la región del noreste donde se localiza el Distrito de Riego de Los Insurgentes, este afluente garantiza el suministro de agua.

Los 36 arroyos que pasan por esta región nacen principalmente de la Sierra de Tepetzotlán y unen su caudal al Río Cuautitlán, siendo intermitentes por tener agua solo en épocas de lluvia, además existen 15 bordos y Jagüeyes relevantes para la agricultura y ganadería.

III.2.5 Geología.

El territorio del municipio de Huehuetoca está constituido en casi el 60% por rocas ígneas y sedimentarias de tobas y arenisca (clásticas y volcánicas), especialmente en las áreas de planicie y lomerío bajo, mientras que en las partes montañosas al sur-poniente predominan andesitas y el basalto (volcánicas). El resto del territorio municipal presenta una porción importante de material aluvial, que se extiende hacia el sur entre la cabecera municipal y el municipio de Coyotepec y también a lo largo del Río Cuautitlán y de la Autopista México – Querétaro.

TABLA II.2 “Tipos de Roca, Municipio de Huehuetoca”.

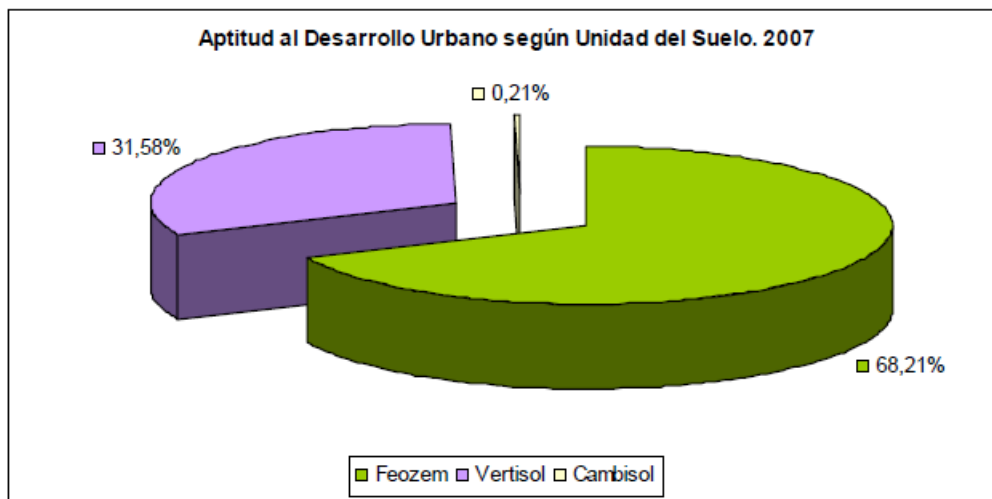
Tipo de Roca	Aptitud al desarrollo Urbano
Basalto	Moderada a Baja
Toba	Alta a Moderada
Suelo Aluvial	Baja
Arenisca	Alta a Moderada
Andesita	Moderada a Alta

Fuente: Carta Geológica. INEGI. Guías de Interpretación Cartográfica. INEGI.

III.2.6 Edafología.

Huehuetoca exhibe 3 unidades de suelos detectados; feozem que cubre la mayor parte de la extensión territorial, ocupando un 68% de esta. Vertisol ocupa el 31.50% de la extensión territorial ubicándose en el área principal del municipio, cerca de los principales asentamientos humanos. Cambisol solo representa menos del 1% de la extensión territorial.

FIGURA III.4 “Distribución edafológica territorial”.



- El uso urbano abarca 1,469.79 ha, distribuidos principalmente en nueve localidades que son: Huehuetoca (la cabecera municipal), San Bartolo, Salitrillo, San Pedro Xalpa, Santa María y San Miguel Jagüeyes; Casa Nueva, Ex Hacienda de Xalpa y Puente Grande.
- Por su parte, un uso que retoma importancia es el uso industrial, que tiene una superficie de 380.45 ha, un 2.35% del total municipal.
- En Huehuetoca 406.19 ha. Se dedican al uso pecuario, principalmente la cría de aves de corral y en menor participación ganado bovino, porcino y ovino.
- Otros elementos en el territorio son los cuerpos de agua, las áreas erosionadas y mineras (2 bancos de material en Jorobas y San Miguel Jagüeyes) que ocupan el 9.3% del territorio municipal.

III.3 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y SOCIOECONÓMICAS.

III.3.1 Aspectos Demográficos.

La información proporcionada por el INEGI muestra que la población establecida en el municipio, ha presentado un importante crecimiento como a continuación se muestra en la siguiente tabla en la cual se hace una comparación entre el crecimiento que ha habido en el municipio con respecto al Estado de México.

TABLA III.3 “Crecimiento poblacional municipal y estatal”.

Año	Estado	Municipio	% del Municipio respecto al Estado
1970	3,833,185	7,958	0.20
1980	7,564,335	9,916	0.13
1990	9,815,795	25,529	0.26
2000	13,096,686	38,458	0.29
2005	14,007,495	59,721	0.43

FUENTE: INEGI. Censo General de Población y Vivienda de 1970, 1980, 1990 y 2000. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2005

Algunos de los factores que influyeron en el crecimiento de la población en el municipio fueron:

- El establecimiento industrial
- Construcción de Zonas habitacionales creadas por promotores inmobiliarios.

También se puede mencionar que:

- 7 localidades tienen entre 3,278 a 11,427 habitantes
- 6 localidades de 802 a 2931 habitantes
- 4 rancherías de 2 y 14 habitantes.

Comunidades como Ex hacienda Xalpa, San Miguel Jagüeyes, Casa Nueva y rancho el Rocio muestran un decrecimiento en su Tasa de Crecimiento Media Anual lo cual refiere que, en estas comunidades, una parte de su población ha migrado a otras localidades provocando que la población disminuya.

La cabecera municipal ha tenido un crecimiento poblacional del 82.97% de su población total, y municipios como San Bartolo, Santa María, Jorobas, El sitio, muestran un importante crecimiento en su población.

III.3.2 Aspectos Económicos y Social.

Alrededor de 26,459 individuos de la población del municipio cuentan con 12 o más años de vida, el 49.48% de esta población es Población Económicamente Activa (PEA) aproximadamente 13,093 individuos trabajan y 13,262 no desarrollan alguna actividad productiva. El índice de desempleo marca un 1.65% que son alrededor de 198 individuos según datos del año 2000 proporcionados por el INEGI.

En el municipio el 32.30% de la Población Económicamente Activa ganan de 1 a 2 Veces el salario mínimo, mientras que el 6,39% menos de un salario mínimo. El 29.31% de 2 hasta 5 veces el salario mínimo y solo el 5.64% de 5 a 10 salarios mínimos. El resto no perciben ingresos.

III.3.3 Nivel De Escolaridad.

Para el municipio las personas que no saben leer ni escribir mayores a 15 años de edad ocupan el 3.79% de la población, aproximadamente 1379 individuos. El 4.12% aprendieron por su cuenta.

La población que no termino la educación básica ocupa el 31.64% un aproximado de unas 11515 personas. Las que terminaron el nivel básico fueron 12146 y solo 10741 tienen un estudio pos básico (nivel medio superior, superior o posgrado).

III.3.4 Desarrollo Urbano.

Huehuetoca se encuentra ubicado entre la autopista México – Querétaro, Apaxco y Tula, lo cual le da una amplia comunicación entre la zona Norte del Estado de México, la zona Oriente del estado de Hidalgo y las vías de comunicación entre la ciudad de México.

Pertenece a la región IV, es considerado como un centro de población y servicios a nivel intermedio, esto provocado por la creciente instalación de centros industriales y el interés por parte de los conglomerados habitacionales por establecerse en esta zona. Como resultado de estos datos el municipio es considerado a tener un alto potencial de reforzar el sistema urbano y de su crecimiento económico.

III.3.4.1 Uso de suelo.

De la superficie total del municipio que es de 16,158.50 Hectáreas, el 41.62% está destinado al uso Agrícola, algunos de los productos que se cultivan son; avena, papa, haba y cebada.

El uso forestal cubre un 33.60% y son principalmente arbustos y matorrales los que forman parte de este. El uso urbano es del 11.45% definido por uso habitacional, equipamiento y la industria, la cual es la más predominante.

Otros usos como el agropecuario, militar, áreas naturales y recreativas y cuerpos de agua ocupan los porcentajes faltantes.

III.3.4.2 Aprovechamiento actual del suelo.

El uso del suelo actual en el territorio municipal es el siguiente:

- El uso agrícola abarca 6,724.49 ha. Equivalentes al 41.62% del territorio municipal y su producción principalmente es de maíz, alfalfa y cebada.
- Hacia la parte sur y sur poniente del municipio, por encima de la cota 2,400 msnm, se encuentra un área dedicada al uso forestal, que ocupa 5,429.32 ha. Los recursos maderables son principalmente pino y encino.
- La zona militar observa una extensa superficie, convirtiéndolo en un equipamiento de carácter regional con 1,350 hectáreas.

III.3.4.3 Vivienda.

Por el proceso de urbanización se reconocen dos tipos de vivienda:

- Autoconstrucción. Es una mezcla de lo urbano y lo rural, teniendo como consecuencia una imagen urbana indefinida.
- Conjuntos planificados. Tienen una homogeneidad en su planificación de viviendas, comercios y equipamiento.

Para el año 2005 el municipio registro un total de 13,938 viviendas habitadas, con una ocupación promedio de 4 habitantes y una tasa de crecimiento del 11.86% dado por el aumento en la construcción de zonas habitacionales planificadas. La vivienda unifamiliar es la predominante en el municipio. La oferta del suelo habitacional desde el año 2005 es de 30,256 viviendas.

El 90.75% de las viviendas censadas en el 2005 tienen piso con un material diferente a tierra.

El 8.11% de las viviendas no cuentan con servicio de drenaje, 9% no tienen agua potable y 6.79% carecen de servicio eléctrico.

III.4 SERVICIOS BASICOS.

III.4.1 Infraestructura sanitaria.

Se tiene una cobertura del 91.89%, pero la principal problemática es que las descargas domiciliarias, industriales y comerciales son desembocadas en el río Cuautitlán, aumentando la contaminación de éste. Otra problemática son las inundaciones en las zonas que tienen mayor antigüedad, aunque se tiene un tubo recolector de 24” los colectores secundarios son de 4”. Este diámetro es muy pequeño para la cantidad de descargas que se hacen y es más ineficiente en temporadas de lluvias.

III.4.2 Infraestructura carretera y ferroviaria.

Tiene una red carretera de 36.2 km conformada por tramos federales y estatales. Tiene comunicación por la carretera de cuota México – Querétaro. Y por la carretera libre pudiendo tener acceso a Tepotzotlán, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Tultitlan y al Distrito Federal.

En las zonas no planificadas se muestra una carencia de elementos de diseño vial y urbano ya que no hay una homogeneidad en sus avenidas, calles, etc.

Con relación a las vías férreas que provienen de la ciudad de México toman 3 direcciones; hacia Laredo, Ciudad Juárez y la zona cementera de Apaxco.

III.4.2.1 Sistema de transporte.

El municipio sufre una fuerte problemática en este sistema por la falta de rutas que cubran toda la extensión del territorio.

Se cuentan con 7 rutas de cubren la demanda de este servicio en las zonas con mayor número de usuarios que viajan mayormente a la zona Sur del Estado de México y su colindancia con el Distrito Federal. La demanda interna de este servicio es cubierta por taxis colectivos.

III.4.3 Servicio eléctrico.

Este es el servicio que tiene mayor cobertura en el municipio con un 93.21% de las viviendas, pero hay que tomar en cuenta que en algunas zonas el servicio, aunque es proporcionado, este no es de la mejor calidad ya que hay una ineficiencia causada por la falta de transformadores y el escaso mantenimiento que necesita a la red.

III.4.4 Recolección y disposición de desechos sólidos.

En el municipio el servicio público de recolección de basura se proporciona mediante 9 camiones de volteo con una capacidad de 7.5 m³, los cuales resultan insuficientes para recoger el 100% de los residuos sólidos en todas las comunidades.

Aproximadamente, se recolectan 40 toneladas de residuos por día lo que significa una generación per cápita de 0.67 kg/hab/día. Los residuos sólidos se depositaban en el tiradero municipal ubicado en la localidad de Jorobas, teniendo una superficie de 4 hectáreas. Sin embargo, aún se observan tiraderos clandestinos a través de la vialidad Huehuetoca-Jorobas y en lotes baldíos de las localidades.

Existen seis rutas de recolección de desechos sólidos, siendo estas: Santa María-Barranca Prieta; San Bartolo-Los Pardos; La Cañada-Santa Teresa-Tlaltepoxco; San Pedro Xalpa- Valle Escondido-La Ceroleña; Jorobas-San Miguel de los Jagüeyes-El Charco; y Fraccionamiento Ex-hacienda de Xalpa.

Con base en lo anterior, se observa que el servicio de limpia municipal debe ampliar su cobertura y proporcionarse con mayor regularidad, asimismo, deben incorporarse acciones y programas de preselección y clasificación de los desechos, para fomentar una conciencia ecológica en la población y disminuir el volumen de residuos generados al día.

III.5 CARACTERISTICAS PARTICULARES DE LA UNIDAD HABITACIONAL “URBI VILLAS DEL REY”.

III.5.1 Gaceta De Gobierno. Etapa 1 (22 De Agosto De 2006).

Conjunto habitacional tipo mixto, (habitacional interés social, comercial y servicios), denominado URBI VILLAS DEL REY, PRIMERA ETAPA”, para desarrollar 3454 viviendas, en un terreno con superficie de 559,965.664 m². Localizados en la avenida Hidalgo sin número, barrio de San Miguel Jagüeyes, municipio de Huehueteca, Estado de México.

III.5.1.1 Superficie Total Del Conjunto Urbano

superficie habitacional vendible	310,655.12	m ²
superficie de comercio de productos y servicios básicos vendible	2,537.69	m ²
superficie de centro urbano regional (CUR) vendible	27,808.49	m ²
superficie de derecho vía federal por ducto de PEMEX	5,965.51	m ²

superficie de donación al municipio	122,478.79 m ²
superficie de donación Estatal	21,326.93 m ²
superficie de vías publicas	<u>69,190.93 m²</u>
SUPERFICIE TOTAL DEL CONJUNTO URBANO	559,963.46 m²

Número de Manzanas	15
Número de Lotes	163
Número de Viviendas	3454
Superficie de vías públicas fuera del conjunto urbano	17,417.34 m ²
Superficie de donación municipal por adelantado fuera del conjunto urbano	50,032.06 m ²
superficie de reserva habitacional	<u>434,550.60 m²</u>
SUPERFICIE DE LA FRACCIÓN 2	502,000.00 m²

III.5.1.2 Obras De Urbanización.

El conjunto cuenta con las siguientes obras de urbanización al interior del desarrollo, así como la calle prevista dentro del predio, debiendo considerar como corresponda, en el proyecto ejecutivo y su construcción, las previsiones correspondientes a las personas con capacidades diferentes:

- Red de distribución de agua potable hasta la toma domiciliaria y los sistemas que se emplean para el ahorro, reúso y tratamiento de agua.
- Red separada de drenaje pluvial y sanitario y los sistemas para su manejo y tratamiento, así como para la infiltración de agua pluvial al subsuelo, que sean aprobados por la autoridad competente respectiva.
- Red de distribución de energía eléctrica.
- Red de alumbrado público, debiéndose utilizar sistemas y elementos ahorradores de energía eléctrica.
- Guarniciones y banquetas.
- Pavimento en arrollo de calles y, en su caso, estacionamientos y andadores.
- Jardinería y forestación.

- Sistema de nomenclatura para las vías públicas.
- Señalamiento vial.

III.5.1.3 OBRAS DE INFRAESTRUCTURA PRIMARIA.

SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y DESCARGA DE AGUAS NEGRAS Y PLUVIALES:

Se cuenta con los proyectos y las obras de infraestructura para el suministro de agua potable, drenaje y descarga de aguas negras y pluviales necesarias para la adecuada dotación de los servicios que exige el conjunto urbano.

VIALIDAD: Se cuenta con las obras de infraestructura primaria necesaria para la adecuada incorporación a la estructura vial de la zona.

III.5.2 Gaceta De Gobierno Etapa II (19 De Diciembre De 2007).

Conjunto habitacional tipo mixto, (habitacional interés social, comercial y servicios), denominado URBI VILLAS DEL REY, SEGUNDA ETAPA”, para desarrollar 9,107 viviendas, en un terreno con superficie de 1, 293,813.927 m². Localizados en la avenida Hidalgo sin número, barrio de San Miguel Jagüeyes, municipio de Huehueteca, Estado de México.

III.5.2.1 Superficie Total Del Conjunto Urbano.

superficie habitacional vendible	594,970.63	m ²
superficie de comercio de productos y servicios básicos vendible	4,807.26	m ²
superficie de centro urbano regional (CUR) vendible	72,740.50	m ²
superficie de donación al municipio	152,329.81	m ²
superficie de donación Estatal	61,341.07	m ²
superficie de vías publicas	307,835.90	m ²
SUPERFICIE TOTAL DEL CONJUNTO URBANO	1,194,025.16	m²
Superficie fuera de autorización	99,788.77	m ²
Superficie total del terreno	1,293,813.93	m²
Numero de Manzanas	185	
Numero de Lotes	2,408	
Número de Viviendas	9,107	

III.5.2.2 Obras De Urbanización.

El conjunto cuenta con las siguientes obras de urbanización al interior del desarrollo, así como la calle prevista dentro del predio, debiendo considerar como corresponda, en el proyecto ejecutivo y su construcción, las previsiones correspondientes a las personas con capacidades diferentes:

- Red de distribución de agua potable hasta la toma domiciliaria y los sistemas que se emplean para el ahorro, reúso y tratamiento de agua.
- Red separada de drenaje pluvial y sanitario y los sistemas para su manejo y tratamiento, así como para la infiltración de agua pluvial al subsuelo, que sean aprobados por la autoridad competente respectiva.
- Red de distribución de energía eléctrica.
- Red de alumbrado público, debiéndose utilizar sistemas y elementos ahorradores de energía eléctrica.
- Guarniciones y banquetas.
- Pavimento en arrollo de calles y, en su caso, estacionamientos y andadores
- Jardinería y forestación.
- Sistema de nomenclatura para las vías públicas.
- Señalamiento vial.

III.5.2.3 Obras De Infraestructura Primaria.

SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y DESCARGA DE AGUAS NEGRAS Y PLUVIALES: Se cuenta con los proyectos y las obras de infraestructura para el suministro de agua potable, drenaje y descarga de aguas negras y pluviales necesarias para la adecuada dotación de los servicios que exige el conjunto urbano.

VIALIDAD: Se cuenta con las obras de infraestructura primaria necesaria para la adecuada incorporación a la estructura vial de la zona.

III.5.3 Gaceta De Gobierno. Etapa III. (26 de Noviembre de 2010)

Conjunto habitacional tipo mixto, (habitacional interés social, comercial y servicios), denominado URBI VILLAS DEL REY, TERCERA ETAPA”, para desarrollar 9,107 viviendas, en un terreno con superficie de 1, 293,813.927 m². Localizados en la avenida Hidalgo sin número, barrio de San Miguel Jagüeyes, municipio de Huehueteca, Estado de México.

III.5.3.1 Superficie Total Del Conjunto Urbano.

Superficie habitacional vendible	556,387.65	m ²
Superficie de comercio de productos y servicios básicos vendible	4,552.80	m ²
Superficie de centro urbano regional (CUR) vendible	72,076.34	m ²
Superficie de donación al municipio	88,875.32	m ²
Superficie de donación Estatal	61,341.07	m ²
Superficie de donación adicional al municipio (área verde en talud)	82,013.71	m ²
Superficie de vías publicas	328,778.24	m ²
SUPERFICIE TOTAL DEL CONJUNTO URBANO	1,194,025.12	m²

Superficie fuera de autorización	99,788.77	m ²
Superficie total del terreno	1,293,813.93	m²

Numero de Manzanas	169
Numero de Lotes	2,085
Número de Viviendas	7,743
NUMERO DE VIVIENDAS TIPO INTERES SOCIAL	6,420
NUMERO DE VIVIENDAS TIPO POPULAR	1,008
NUMERO DE VIVIENDAS TIPO MEDIO	315

III.5.3.2 Obras De Urbanización.

El conjunto cuenta con las siguientes obras de urbanización al interior del desarrollo, así como la calle prevista dentro del predio, debiendo considerar como corresponda, en el proyecto ejecutivo y su construcción, las provisiones correspondientes a las personas con capacidades diferentes:

- Red de distribución de agua potable hasta la toma domiciliaria y los sistemas que se emplean para el ahorro, reúso y tratamiento de agua.
- Red separada de drenaje pluvial y sanitario y los sistemas para su manejo y tratamiento, así como para la infiltración de agua pluvial al subsuelo, que sean aprobados por la autoridad competente respectiva.
- Red de distribución de energía eléctrica.
- Red de alumbrado público, debiéndose utilizar sistemas y elementos ahorradores de energía eléctrica.
- Guarniciones y banquetas.
- Pavimento en arrollo de calles y, en su caso, estacionamientos y andadores
- Jardinería y forestación.
- Sistema de nomenclatura para las vías públicas.
- Señalamiento vial.

III.5.3.3 Obras De Infraestructura Primaria.

SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y DESCARGA DE AGUAS NEGRAS Y

PLUVIALES: Se cuenta con los proyectos y las obras de infraestructura para el suministro de agua potable, drenaje y descarga de aguas negras y pluviales necesarias para la adecuada dotación de los servicios que exige el conjunto urbano.

VIALIDAD: Se cuenta con las obras de infraestructura primaria necesaria para la adecuada incorporación a la estructura vial de la zona.

CAPITULO IV “GENERACIÓN”.

IV.1 ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DOMICILIARIOS.

Almacenamiento se entiende por la acción de retener temporalmente los residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento o se dispone de ellos. El almacenamiento de los residuos sólidos municipales se divide en dos tipos; almacenamiento domiciliario y almacenamiento no domiciliario.

La operación del almacenamiento influye en la estética de la vivienda, oficinas o industria. El mal manejo en el almacenamiento puede propiciar efectos negativos al momento de brindar el servicio de recolección, tales como:

- Capacidad inadecuada en el tamaño del recipiente donde se almacenarán los residuos
- El material con que están contruidos los recipientes no son los más adecuados
- Carencia total de separación de residuos orgánicos e inorgánicos.

Lo anterior causa que aumente los tiempos de recolección, se provoquen accidentes y/o heridas al personal encargado de la recolección, proliferación de fauna nociva tales como insectos y roedores.

El almacenamiento domiciliario se divide en almacenamiento interno, que es el que se realiza dentro de la vivienda y el externo que es donde se depositaran los residuos generados dentro de la casa habitación esperando la recolección del departamento encargado del mismo.

Se entiende a almacenamiento no domiciliario a aquel que se realiza en diversas fuentes tales como:

- Comercios
- Mercados
- Tiendas de autoservicio
- Terminales de transporte
- Industria
- Hospitales
- Sitios públicos
- Institucionales

IV.1.1 Zona De Almacenamiento.

Se entiende por zona de almacenamiento al lugar donde serán colocados los recipientes que contienen los residuos sólidos generados en las casas-habitación o los residuos no domiciliarios para posteriormente ser recolectados por el personal

que ofrece el servicio. Esta zona debe tener ciertas características para facilitar las labores de recolección:

- El lugar no debe de estar descubierto, para evitar que la lluvia y el sol acelere el proceso de descomposición.
- Se debe colocar los recipientes a una distancia de 20cm sobre el nivel del piso.
- No debe de ser accesible para animales domésticos y personas ajenas al lugar.
- Debe de estar en un área libre, lejos de objetos que no estén destinados a la disposición y recolección de los residuos.
- Se debe dar un aseo a la zona de almacenamiento (lavarlo con agua y detergente) por lo menos una vez a la semana para evitar malos olores y bacterias que afecten la salud.

IV.1.2 Diseño Del Sistema De Almacenamiento.

Para calcular el volumen necesario para el almacenamiento de los residuos se utilizó la formula contenida en el “Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de los residuos sólidos municipales”.

$$V=(G \times n \div PV) \times Fr \times 1000 \times Fs$$

Dónde:

V= Volumen Del recipiente.

G= generación de residuos por habitante en Kg/día/hab

n= número de habitantes en el domicilio.

P. V= Peso volumétrico de los residuos en Kg/ m³.

Fr= Factor de Frecuencia de recolección.

Fs= factor de seguridad. (1.20)

Se propuso un factor de seguridad del 20%, con base a que algunos desechos ocupan más volumen por sus características físicas como son las botellas de PET las latas de aluminio y/o botellas de vidrio, que al no ser comprimidas ocupan mayor espacio al ser desechadas, también se tomó en cuenta condiciones extraordinarias, días en los que se generan más desechos debido a festividades, eventos sociales, convivencias, etc.

VI.1.3 Cálculo De Volumen De Almacenamiento.

Factores de frecuencia de recolección.

La frecuencia de recolección determina la cantidad de residuos a almacenar de acuerdo al número de días en que se ofrece el servicio de recolección. Está en función de la producción por habitante, el clima, la capacidad del servicio los hábitos y la convivencia de la comunidad.

Los periodos de recolección se basan en:

- El tiempo que pueden almacenarse los residuos en un recipiente de dimensiones razonables y manejables por el personal encargado de la recolección.
- El tiempo en que los residuos orgánicos comienzan a producir olores bajo condiciones normales de almacenamiento.
- El periodo en el ciclo de incubación de los huevos de la mosca, para pasar de huevo a larva que en época de verano es con frecuencia menor a 10 días.

Tabla IV.1 “Tiempo de incubación y crecimiento de la mosca”.

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO EN DÍAS	
	Huevo a Pupa	Huevo a Adulta
promedio de 20°C	10.1	20.5
promedio de 28°C	5.6	10.8
promedio de 35°C	5.6	8.9

Para determinar el volumen de almacenamiento se utilizan los siguientes factores:

FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN	
FRECUENCIA	factor (FR)
Diaria	1
cada tercer día	2
tres veces por semana	3
dos veces por semana	4
una vez a la semana	7

Cálculo de las necesidades volumétricas para el almacenamiento.

IV.1.4 Densidad De Los Residuos Sólidos.

La densidad o peso específico de los residuos sólidos es de primordial importancia, ya que ésta medida define las relaciones entre el peso y el volumen de los residuos sólidos que se ha de manejar y por tanto se utiliza para definir criterios como volúmenes de recipientes para el almacenamiento domiciliario, o no domiciliario.

Tabla IV.2 “Densidad de los residuos sólidos”.

DENSIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS		
Suelta (Ds)	200 a 300	kg/m ³
Compactada (Dc)	400 a 500	kg/m ³
Estabilizada (De)	500 a 600	kg/m ³

FUENTE, “Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales” Jorge Jaramillo, Colombia 2002.

Con los datos anteriores y con la ecuación se obtuvo:

La generación per cápita que se ocupó para hacer los cálculos pertinentes fue de 0.67 kg/hab/día, y esta se tomó del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Huehuetoca.

$$V = (0.67 \times 4.00/300) \times 1 \times 1000 \times 1.20 = 10.72 \text{ litros.}$$

Por lo tanto, el volumen requerido para almacenar los residuos generados en una vivienda es de **11 litros**.

IV.2 BARRIDO.

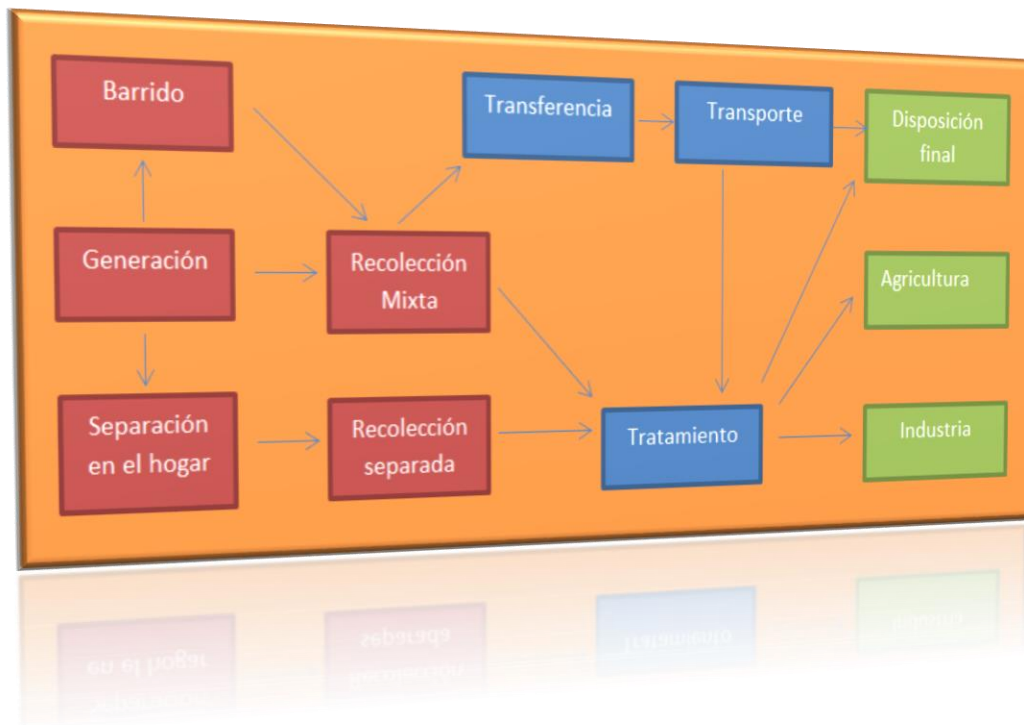
Para poder dar solución a la generación de basura, los sistemas de aseo urbano, se dividen en la mayoría de los casos para su operación y control en las siguientes etapas: barrido de vías y áreas públicas, recolección, transporte, tratamiento y disposición final. De esta manera el sistema de barrido de calles y banquetas, es uno de los servicios que más se requieren debido a las cantidades importantes de basura que generan los ciudadanos y depositan en las vías públicas. De estas el sistema de barrido, es uno de los servicios que más se requieren debido a las cantidades importantes de basura que genera la población en las vías públicas.

El tipo de residuos en la vía pública es muy diverso ya que puede variar de acuerdo al clima, al número de peatones y al uso del suelo. Entre los principales componentes se encuentran polvo, estiércol, colillas de cigarrillos, envolturas y

envases de plástico, cartón, padecería de vidrio, animales muertos, etc. El polvo se origina tanto por eventos naturales como por la actividad humana. Dependiendo del número de peatones que circulan en la vía pública, de las condiciones socioeconómicas y del grado de educación ambiental se van acumulando en las calles y lugares de esparcimiento, colillas de cigarrillos, envolturas, envases de plástico, cartón y padecería de vidrio.

Se entiende por “Barrido” la actividad de recolección manual o mecánica de los residuos sólidos depositados en la vía pública. La importancia de este sistema consiste en la conservación de la salud humana y la imagen pública.

Fig. IV.1 “Diagrama de flujo del manejo de los residuos sólidos por los sistemas de limpia municipales en México”.



Con este sistema también se evita que se propicien inundaciones ya que los residuos sólidos pueden obstruir el drenaje y/o alcantarillas, poniendo en riesgo la integridad de la población.

En nuestro país, el gobierno se ha visto en la necesidad de implementar programas de carácter social que benefician a los diferentes sectores de población para generar un bienestar común.

En lo referente al área ambiental, se han creado y efectuado programas enfocados a mejorar la limpieza de las ciudades. Para poder dar solución a la generación de basura.

El barrido se realiza mediante el uso de cuadrillas o personal individual de barrido manual. El rendimiento del personal va de 0.6 a 2.0 km/jor de calle, dependiendo del apoyo del barrido mecánico, la orografía, el clima, el grado de dificultad del barrido y fundamentalmente de la cooperación de la comunidad. El costo del barrido varía de \$20.00 a \$305.00km reportados por SEMARNAT (INE, 2006), y está sujeto al número del personal empleado y sus condiciones contractuales.

IV.2.1 Frecuencia y Area Donde Debe Efectuarse El Barrido.

El servicio de barrido debe de ofrecerse las veces que sean necesarias y esto dependerá de la cantidad de residuos que sea necesario retirar de los lugares de esparcimiento, parques, las vías de circulación peatonal, caminos vehiculares, etc.

A continuación, se muestra una tabla con las frecuencias de barrido:

Tabla IV.3 “Frecuencia de Barrido”.

SECTOR DE LA POBLACIÓN	BARRIDO	
	ÓPTIMO	MÍNIMO
Calles comerciales, zona central y mercados.	5 veces/día	1
Calles principales, zona central.	2 veces/día	1
Calles comerciales sub-urbanas.	2 veces/día	1
Calles secundarias y zona central.	1 vez/día	1
Calles principales suburbanas.	1 vez/día	1
Calles residenciales, zona de bajos ingresos.	3 veces/semana	2
Calles residenciales, zona de altos ingresos.	1 veces/semana	1

FUENTE, “Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales” Jorge Jaramillo, Colombia 2002.

IV.2.2 Tipos De Barrido.

IV.2.2.1 Barrido Manual.

Es la labor realizada mediante el uso de fuerza humana y elementos manuales, la cual comprende el barrido para que las áreas públicas queden libres de papeles, hojas, arenilla acumulada en los bordes del andén y de cualquier otro objeto o material susceptible de ser removido manualmente.

Es el barrido que se realiza sin ayuda de algún implemento mecánico, este tipo de barrido se recomienda realizar en calles y avenidas que no tengan un flujo intenso de automóviles, en calles no pavimentadas y en áreas que por sus características físicas no sea posible el barrido.

El barrido manual puede realizarse en distintos horarios, siendo el nocturno el más recomendable ya que tiene muchas más ventajas, como el aumento del rendimiento del personal, al disminuir la cantidad de tránsito vehicular facilita la labor y permite que el área atacada amanezca limpia y con una mejor imagen.

No es posible realizar este sistema en un horario nocturno en ciudades donde la temperatura baja de manera considerable por las noches, por lo que se recomienda realizarlo en un horario diurno, preferentemente por las mañanas.

Para este barrido la inversión inicial es mínima, únicamente se adquieren los carritos de basura, uniformes para el personal, materiales que utilizaran para realizar la labor de barrido tales como escobas, escobillones, recogedores, palas, bolsas de plástico. El costo del mantenimiento es bajo y la capacitación y/o entrenamiento para el personal es mínimo.

Figura IV.2 “Equipo de barrido Manual”.

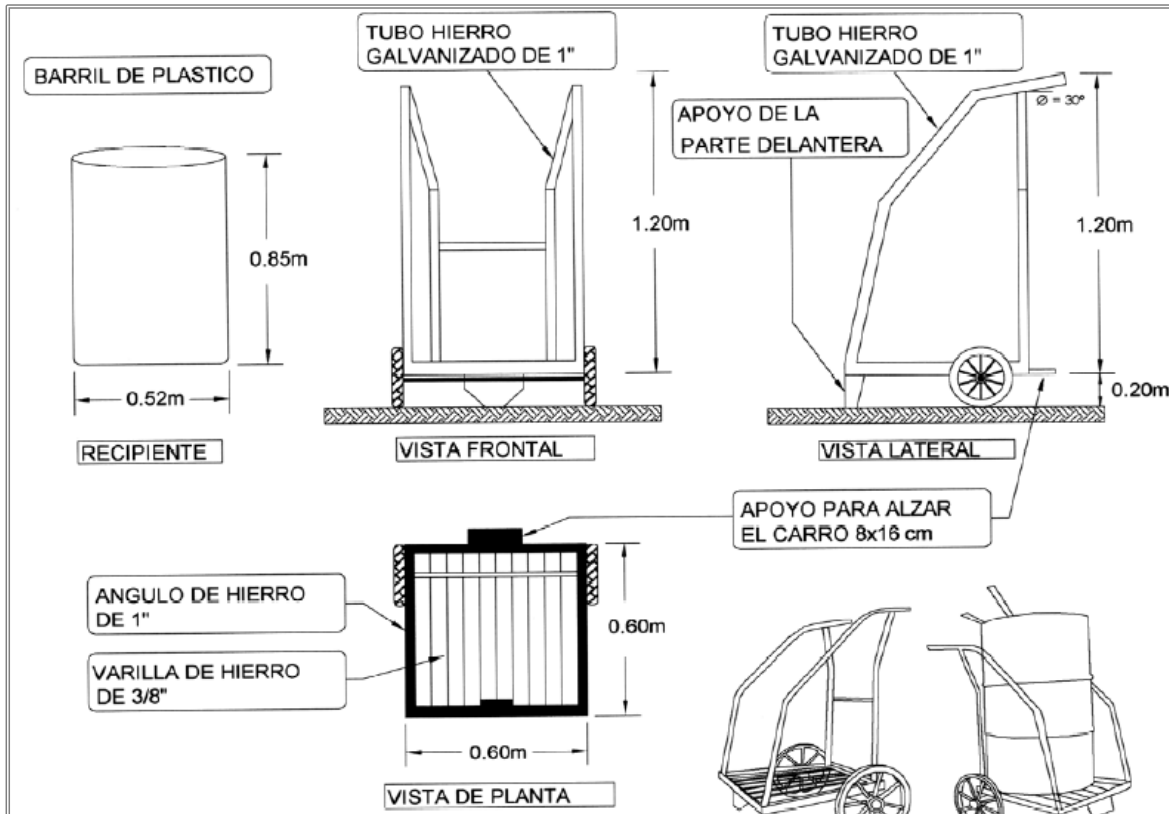


IV.2.2.2 Rendimiento Del Barrido Manual.

En el documento “Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe”, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) menciona que en la mayoría de las ciudades latinoamericanas el rendimiento del personal de barrido manual es de 1.0 a 2.0 km/barrendero/día de calle (y de 2.0 a 4.0 km de cuneta), se recogen de 30 a 90 kg de residuos por kilómetro barrido y se requieren entre 0.4 y 0.8 barrenderos por cada 1 000 habitantes, dependiendo del apoyo del barrido mecánico, de la proporción de calles pavimentadas y no pavimentadas, del grado de dificultad del barrido y de la educación y cooperación de la comunidad.

El barrido de las vías rápidas se realiza mediante el uso de cuadrillas o personal individual de barrido manual. El rendimiento de personal va de 0.6 a 2.0 km/turno de calle dependiendo del apoyo del barrido mecánico, la orografía, el clima, el grado de dificultad del barrido y fundamentalmente de la cooperación de la comunidad.

Figura IV.3 “Propuesta de carro para Barrido Manual”.



IV.2.3 Limpieza Por Ruta Fija.

El barrido por ruta fija consiste en asignar un circuito a un barredor. Se pueden seguir dos métodos: el de asignación de calles o el de asignación de manzanas.

Con la finalidad de minimizar accidentes y el recorrido no productivo de un barredor se deben de diseñar adecuadamente las rutas de barrido y seguir las siguientes recomendaciones:

- a) Estacionar el carrito en las aceras al comienzo del recorrido.
- b) Forrar por dentro el cilindro con una bolsa plástica
- c) Barrer los residuos de la acera, moviéndola hacia la cuneta y en dirección del tráfico vehicular.
- d) Barrer los residuos de la cuneta en sentido contrario al tráfico vehicular formando montones cada 20 o 25 metros y hacia el punto de estacionamiento del carrito, teniendo cuidado de no barrer por encima del drenaje pluvial.
- e) Mover el carrito por las aceras e ir recogiendo los montículos y estacionar en la siguiente estación.

f) Depositar las bolsas de plástico que ha sido llenado con los residuos de la recogida en un punto predeterminado.

g) Recolectar las bolsas de plástico en los puntos predeterminados con el uso de vehículos de apoyo, que pueden ser los mismos recolectores.

Ventajas y desventajas del barrido manual.

- **Ventajas:**

a) Fuente de empleo, este factor es importante en países subdesarrollados en donde existen pocas fuentes de trabajo.

b) Posibilidad de barrer en cualquier tipo de pavimento.

c) Posibilidad de barrer aceras sin dificultad y poder salvar los obstáculos.

d) Pequeña inversión inicial, la que se concreta únicamente a la adquisición de uniformes, herramientas y carritos de residuos.

e) Bajo costo de mantenimiento mecánico, pues, las herramientas y carritos son los únicos equipos utilizados.

f) Mínimo entrenamiento específico de mano de obra para el inicio de los trabajos.

g) Fácil obtención de mano de obra operacional.

h) Facilidad para recoger cualquier tipo de material, principalmente objetos que dañan las barredoras mecánicas (madera, objetos punzo cortantes).

- **Desventajas:**

a) Dificultad para remoción regular de tierra, lodo y arena adheridos a las cunetas.

b) Monto operacional mayor, pues aparte del barrido propiamente dicho, que es la parte más significativa, hay que sumar la parte que corresponde a la recolección.

c) Constante encarecimiento de la mano de obra por los beneficios sociales y luchas sindicales.

d) Necesidad de abundante mano de obra operacional para la eficiente ejecución de los servicios.

e) Frecuentes ocurrencias de accidente.

En la unidad habitacional “Urbi Villas del Rey” se propone que se implementen una cuadrilla de 20 elementos para satisfacer las necesidades del barrido en las calles

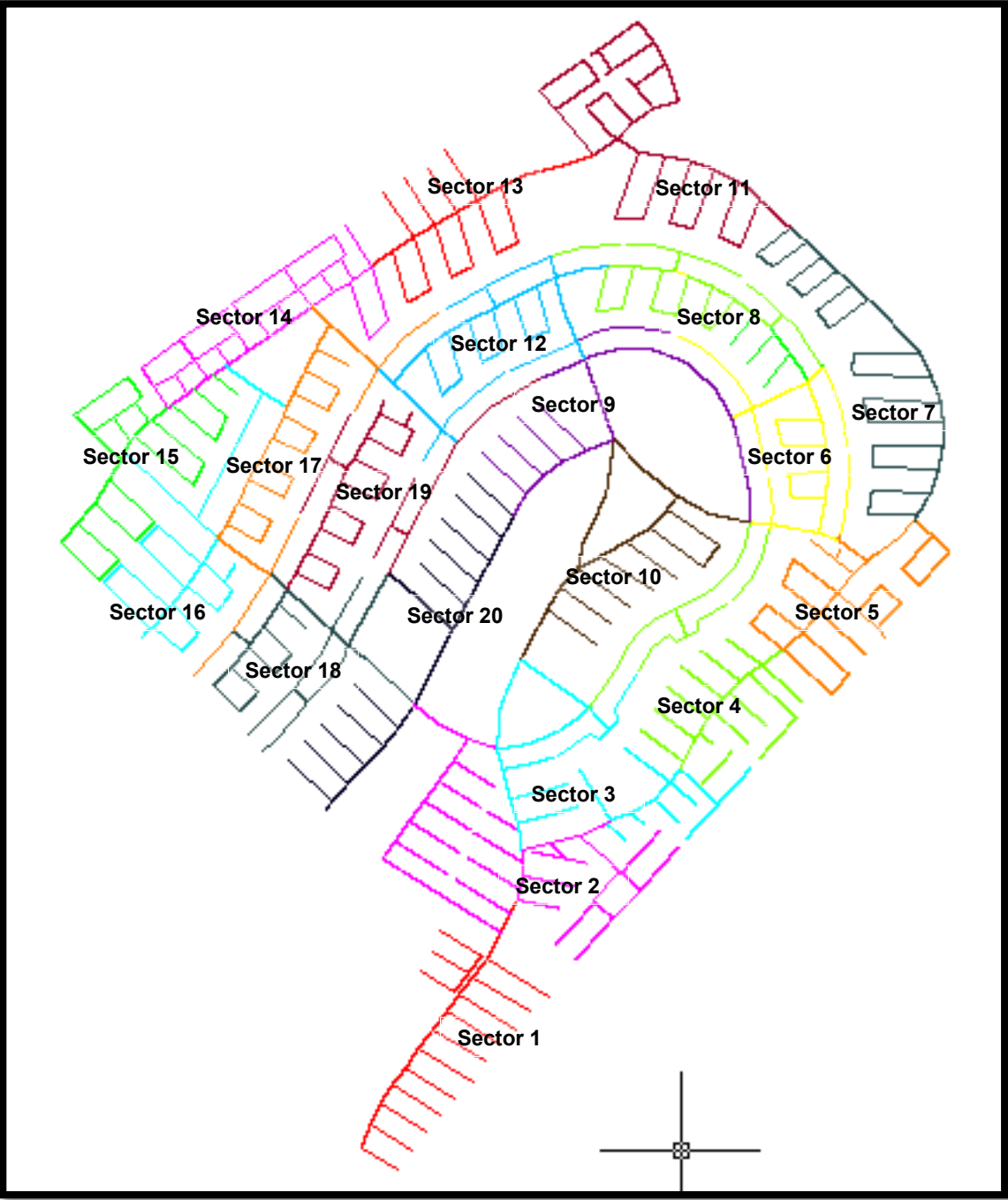
y vías públicas, cumpliendo con esto la frecuencia mínima de una vez por día realizar esta actividad, se tomó en cuenta un rendimiento del personal de 2.00 km/jornada como lo menciona la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en el documento “Diagnostico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe”. Quedando los sectores de cada uno de los elementos de la siguiente manera:

Tabla IV.4 “Sectores de Barrido”

Sector	Distancia de Barrido. (m)	Color Identificador
1	2048.11	
2	2091.87	
3	2151.66	
4	2279.75	
5	2009.42	
6	1711.69	
7	2190.5	
8	2230.7	
9	1696.74	
10	2040.57	
11	1920.81	
12	1617.8	
13	2079.18	
14	1846.89	
15	2008	
16	2112.72	
17	1813.4	
18	1961.82	
19	1860.65	
20	1576.26	
Total	39,248.54	

Con los siguientes datos nos da como resultado un total de **39,248.55 m** de calles y avenidas por barrer diariamente para poder dar a la población el servicio de barrido.

Fig. IV.5 “Croquis de sectorización de Barrido”.



IV.3 DISEÑO DE RUTA DE RECOLECCIÓN

IV.3.1 Generación.

La generación de residuos sólidos municipales se modifica conforme pasan los años, en cuanto a su generación per cápita y la composición de los mismos desechos. Los sitios de disposición final se ven en la necesidad de adaptarse para dar el mejor tratamiento a los residuos que este recibirá a lo largo de su vida útil para la que fue diseñada. Estudios que se han realizado décadas pasadas muestran que en el año de 1975 en México se tenía una generación per cápita de .32 kg/hab/día, y la generación de los últimos años es de .917 kg/hab/día.

En el caso de “Urbi Villas del Rey” se tomó la generación per cápita del municipio de Huehueteca que es de .67 kg/hab/día, con la cual se procedió a hacer los cálculos necesarios para obtener las rutas de recolección y diseño del sitio de disposición final.

IV.3.2 Recoleccion.

La generación per cápita de residuos de origen doméstico, varía de acuerdo a la modificación de los patrones de consumo de la población. La recolección de los residuos sólidos municipales es la parte fundamental del sistema mismo, ya que el objetivo es preservar la salud pública mediante la recolección de los desechos en los centros de generación y trasportarlos al sitio de disposición final en forma eficiente y al menor costo.

IV.3.3 Metodo De Recoleccion.

Los métodos utilizados para la recolección de residuos sólidos pueden clasificarse en métodos mecanizados, semimecanizada y métodos manuales. Esto depende totalmente de la zona y la demanda por atender, factores como el nivel socioeconómico, la topografía del lugar y el nivel de urbanización definen que método es el más apropiado para la recolección.

Para el diseño del sistema de recolección se tomaron en cuenta y se propusieron los siguientes parámetros:

Procedencia y volumen de los desechos sólidos.

Tomando como dato la generación per cápita del Municipio de Huehueteca y considerando se obtuvo que:

Generación (**G**)= 0.67 kg/hab/día

Población (**P**)= (No de Viviendas) * (Población promedio en el Edo de México)

IV.3.4 Características de las áreas a rutear.

Generación per cápita: 0.67 kg/hab/día

Densidad poblacional (**a/b**): 3.979071078hab/vivienda

Densidad poblacional: **4 hab/ vivienda**

CONCEPTO	AÑO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Vivienda (b)	2010	24,846	viviendas
Ocupantes (a)	2010	98,864	habitantes

Población (**P**)= 12989 viviendas * 4 (habitantes/vivienda) = **51,956 habitantes.**

El método que se propone para la recolección de residuos sólidos en la unidad habitacional “Urbi Villas del Rey” es el método de ACERA, que es utilizado para demandas continuas semimecanizada con mediana participación del usuario. Este método se propone por las características físicas y poblacionales de la localidad a atender, por las cuales pasaran los camiones recolectores recordando que se busca obtener los mejores resultados en cuanto a costos, rendimiento y eficiencia al momento de brindar el servicio.

IV.3.5 Equipo De Recolección y Transporte Primario.

En cuanto al equipo de recolección que ofrecerá el servicio, se busca introducir camiones nuevos y especializados que brinden un mejor servicio y una buena imagen al momento de atender este servicio.

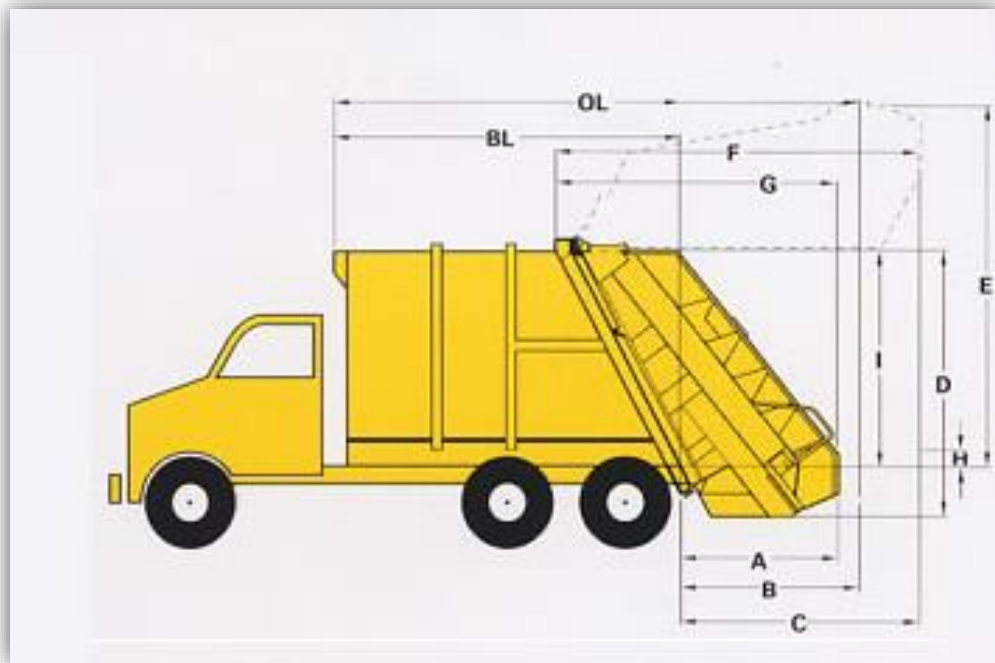
Vehículos compactadores de carga trasera son los más propicios para la unidad habitacional, ya que por las características del lugar y de la población cubrirán el total de la demanda.

Se muestran las especificaciones de la propuesta de camión recolector:

Camión marca **CEMSA**, sub-marca RD.130, vehículo Recolector de residuos con cargador trasero.

IV.3.5.1 “Especificaciones Técnicas”.

Modelo	Capacidad		Longitud Total		Longitud Cuerpo		Centro de Gravedad Cuerpo		Centro de Gravedad Carga		Peso de la Carrocería	
	m3	yd3	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	Kg.	Ibs.
RD-130	12	16	7925	312	5842	230	3658	144	2870	113	8549	18808



Esquema de Dimensiones de Camión

IV.3.5.2 Especificaciones Dimensionales.

Símbolo	Descripción	Pulg.	mm.
A	Fin del cuerpo a fin del cargador.	57	1448
B	Fin del cuerpo a extremo del escalón.	65	1651
C	Fin del cuerpo a extremo de cargador abierto.	113	2870
D	Altura del cargador.	114	2896
E	Altura de cargador abierto al máximo.	158	4013
F	Fin del cuerpo a cargador abierto.	99	2515
G	Largo del cargador.	100	2540
H	Altura de carga por debajo del chasis.	5	127
H'	Altura de carga por debajo con aumento de tolva.	1	25
I	Alta de carrocería.	94	2388
J	Ancho de la carrocería.	96	2438

IV.3.6 Frecuencia De Recoleccion.

La finalidad de la frecuencia de recolección es evitar que los residuos sólidos generados por la población permanezcan mucho tiempo en lugar de almacenamiento que previamente se dispuso, esto es para evitar poner en riesgo la salud de los habitantes, evitando así la proliferación de fauna nociva para la salud.

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO EN DÍAS	
	Huevo a Pupa	Huevo a Adulta
promedio de 20°C	10.1	20.5
promedio de 28°C	5.6	10.8
promedio de 35°C	5.6	8.9

Tiempo de incubación y crecimiento de la mosca.

Recolección Diaria: a excepción de los Domingos, todos los días de la semana se ofrece el servicio de recolección, esto trae como resultado que los días lunes la cantidad de residuos a recolectar sea el doble de lo que se recoge cualquier otro día, esto provoca que el camión recolector se llene a la mitad de su recorrido, haciendo que tenga que dar el doble de número de viajes para satisfacer la necesidad de la población a atender.

Aspectos a considerar en las rutas de recolección:

- Número y tipos de equipo
- Tamaño de la tripulación
- Frecuencia de recolección
- Distancia entre paradas y estaciones
- Distancia al sitio de transferencia o disposición final
- Maniobrabilidad de los contenedores
- Topografía del terreno
- Tráfico en la ruta
- Condiciones de los caminos

Otras consideraciones para el ruteo:

- Las rutas no deben de estar fragmentadas o traslapadas.
- Cada ruta deberá ser compacta, atacando un área geográfica y estar balanceada.
- El tiempo total de cada ruta deberá ser razonablemente el mismo.
- La recolección deberá ser lo más cercano al encierro.
- Las calles con un solo sentido se tratarán de atacar desde el principio de ellas.
- Se deberán minimizar las vueltas e “U” y a la izquierda.
- Las partes elevadas se atacarán primero.
- Generalmente, cuando sólo se recolecta de un lado de la acera, es preferible rodear las manzanas.
- Cuando la recolección es por los dos lados, es preferible recolectar en línea recta por varias manzanas.

IV.3.7 Rutas De Recolección.

La ruta de recolección son los recorridos específicos que deben realizar los vehículos recolectores y sus operadores en las zonas de la localidad, para realizar la recolección de residuos sólidos generados por los habitantes de las zonas asignadas.

Se pretende aumentar la distancia productiva con relación a la distancia total.

Las calles con mucho tránsito, deben recorrerse en horas que estén más despejadas.

En calles muy cortas o sin salida, es preferible que los camiones recolectores no entren en ellas, y que el personal vaya por los contenedores o en su caso los habitantes depositen en la esquina los mismos.

Cuando la recolección se hace en ambos sentidos simultáneamente, los recorridos deben de ser largos y rectos, con pocas vueltas.

Cuando la recolección se hace en un solo sentido, es recomendable tener recorridos con muchas vueltas a la derecha alrededor de las manzanas.

IV.3.7.1 Macroruteo.

Se divide la unidad habitacional en varias áreas específicas para que la recolección sea más fácil para los departamentos de recolección de residuos, se determina el número de camiones necesarios en cada una y la asignación de un área del sector en cada vehículo recolector.

Características de las áreas que conformarán las rutas.

- Fronteras naturales como son ferrocarriles, carreteras o calles muy transitadas ríos y/o canales que atraviesan la unidad habitacional.
- Diferentes densidades de población y tipo de basura de la ciudad.
- El tiempo y la distancia empleados para un viaje redondo hasta el sitio de disposición final.

IV.3.7.2 Diseño Preliminar De Macrorutas.

Para un primer cálculo basta conocer el valor de la generación promedio de la ciudad, siendo la Generación per cápita de residuos sólidos en el municipio de Huehuetoca **(G): 0.67 kg/hab/día**

Densidad poblacional: **3.97907108 hab/vivienda.**

Densidad poblacional: **4 hab/vivienda.**

El número de viviendas que conforman la unidad habitacional “URBI VILLAS DEL REY” son: **12,989 viviendas.** Para obtener la población del fraccionamiento, se multiplica el número de viviendas por la densidad poblacional, con lo que se obtiene que la población **(P)** sea de **51,956 habitantes.**

Para la producción (**P**) que es la cantidad de residuos sólidos que se deben recoger en la zona que corresponda el servicio, se multiplica la generación per cápita por la población, dando como resultado una generación de **34,810.52 kg/hab/día**. Debido a los cambios en los hábitos de consumo, hay un incremento que debe tomarse en cuenta aumentando la producción de residuos sólidos de diseño (2 a 3% anual).

La frecuencia de recolección "**F**" resulta de las decisiones previas a tomar en la recolección; mientras menor sea la frecuencia, más económica es la recolección. Se propone una recolección diaria, con lo que se tiene un factor (**F**) de **1** obtenido de la tabla siguiente:

FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN	
FRECUENCIA	factor (FR)
Diaria	1
cada tercer día	2
tres veces por semana	3
dos veces por semana	4
una vez a la semana	7

Factor de frecuencia de recolección.

FUENTE, "Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales" Jorge Jaramillo, Colombia 2002.

Un diseño preliminar de macro rutas se puede hacer partiendo de la población "**P**" de una zona de la ciudad en habitantes, de la producción de residuos sólidos "**G**" en kg/hab/día y de la frecuencia del servicio "**F**", expresado en días. El número de días que transcurren entre dos recolecciones serán "**F**", si no consideramos por el momento lo que ocurre los días domingo y se trabaja seis días por semana.

Resulta:

Producción de residuos sólidos por día en la zona elegida = $P \times G$. (población x producción).

Cantidad de residuos sólidos que se deben recoger en la zona que corresponde el servicio = $P \times G$ (población x producción).

Para obtener la cantidad de residuos sólidos que puede recoger el vehículo se obtiene mediante la ecuación:

$$N * C$$

$$P * G * F = N * C$$

Dónde:

N= número de viajes por turno.

C= capacidad del vehículo en kilogramos.

Cuadro de datos:

Nomenclatura	Cantidad	Unidad
P=	51,956	Hab.
G=	0.67	kg/hab/día
F=	6/7	
N=	5	día
C=	6,000	kg

Generalmente la vida de un proyecto de recolección es corta entre 5 y 8 años, según la vida útil del equipo, por lo tanto, es necesario estimar la población durante unos 10 años, como la unidad habitacional ya no tiene autorización para crecer en cuanto a su número de viviendas no habrá incremento de habitantes.

Capacidad del vehículo: dependiendo del volumen de la caja y de la densidad que alcanzan los residuos sólidos, ésta misma depende de la existencia de mecanismos compactadores. Se proponen camiones con una capacidad de **12 m³** con compactador.

Número de viajes por turno "**N**": para el diseño de la ruta, se proponen 5 viajes por jornada para cubrir el total de la demanda de recolección.

Número de vehículos: necesarios o zonas en que se divide el sector se calcula con la siguiente ecuación:

$$Nv = \frac{G * P * 7 * Fr * K}{N * C * dh}$$

Dónde:

Nv= número de vehículos necesarios.

G= producción de residuos sólidos en Kg/hab/día.

P= población de diseño en habitantes.

N= número de viajes por unidad por jornada normal de trabajo.

C= capacidad útil del vehículo en kg.

7/dh= relación que toma en cuenta los residuos sólidos generados entre los días que se trabaja (días horarios).

Fr=factor de reserva 1.07 a 1.20 según el estado, edad promedio y mantenimiento de la flotilla

K= factor de cobertura, 1.00 en sectores céntricos disminuyendo en la periferia.

CUADRO DE DATOS:

NOMENCLATURA	CANTIDAD	UNIDAD
G =	0.67	kg/hab/día
P =	51,956.00	hab
N =	5	viajes
C =	6,000.00	kg
dh =	6	
Fr =	1.2	
K =	1	

$$Nv = \frac{0.67 * 51,956 * 7 * 1.2 * 1}{5 * 6,000 * 6}$$

$$Nv = \frac{292,408.368}{180,000}$$

Con los datos anteriores y aplicando la ecuación para calcular en número de vehículos se obtiene que son necesarios **1.457 vehículos**, teniendo que serán **2 vehículos** de carga trasera con compactador los recomendados para ofrecer el servicio de recolección.

Para determinar la distancia que recorre el vehículo durante el turno, se puede definir como:

$$L = \frac{P}{d}$$

Donde:

L = distancia que recorre el vehículo.

P = población de la zona que atenderá un vehículo en cada turno.

d = densidad poblacional en Hab/kg

Así mismo se considera la velocidad de avance del vehículo y el tiempo disponible para la recolección, esta distancia se determina mediante la expresión:

$$L = \frac{T * r}{60}$$

Es importante considerar que en la ruta de recolección habrá distancias productivas y distancias muertas, las cuales llamaremos “a” para las distancias productivas que es la distancia que recorre un vehículo recolectando los residuos se obtendrá la distancia en que se cubre la recolección.

$$L = \frac{a * T * r}{60}$$

Y es posible que la distancia que recorre el vehículo durante una jornada sea mayor a la distancia productiva siendo esto:

$$\frac{P}{d} > \frac{a * T * r}{60}$$

P = población de la zona que atenderá un vehículo en cada turno.

d = densidad poblacional en Hab/km

a = proporción de distancia productiva en relación a la distancia total.

T = tiempo disponible para la recolección en minutos.

r = velocidad de avance del vehículo durante la recolección en km/hr.

La densidad de población “d” se determina dividiendo la densidad de la población entre la longitud total de las calles. La longitud total de las calles se consideró de **39,258.55m** y tomando en cuenta una densidad de **51,956** habitantes se tiene una densidad de población de **1.32 hab/km**.

IV.3.7.3 Capacidad Útil Del Vehículo.

Capacidad útil del vehículo formula:

$$C = V * PV$$

Dónde:

C =capacidad del vehículo en kg

V = volumen de la caja del vehículo, en m^3

P =peso volumétrico de los residuos sólidos en el vehículo en kg/m^3 .

DENSIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS		
suelta(Ds)	200 a 300	kg/m ³
compactada (Dc)	400 a 500	kg/m ³
estabilizada (De)	500 a 600	kg/m ³

Densidad de los residuos sólidos.

Considerando que la capacidad del vehículo es de **12m³** y el peso volumétrico compactado de los residuos será de **500 Kg/m³** tomado de la tabla anterior, se tiene que la capacidad del vehículo es de: **6000 kg**.

Número de casas por vehículo se estima a partir de la siguiente formula:

$$U = \frac{N * C * F}{Hc * G}$$

Dónde:

U = usuarios servidos por el vehículo en una jornada normal de trabajo.

N = número de viajes que puede realizar el vehículo en la jornada.

C = capacidad del vehículo en Kg.

F = frecuencia de recolección.

Hc = habitante promedio por casa o vivienda.

G = producción de residuos sólidos en Kg/hab/día.

Cuadro de datos:

Nomenclatura	Cantidad	Unidad
N=	5	
C=	6,000	kg
F=	6/7	
Hc=	4	
G=	0.67	kg/hab/día

Con los datos anteriores y utilizando la fórmula para estimar el número de usuarios servidos por vehículo se obtiene que **$U= 9,595$ viviendas.**

Dado que:

$$U = u * c$$

$$U = (9,595) *(1)$$

$$U = 9,595 \text{ viviendas.}$$

Para:

$$F = 6/7; c=1$$

$$F = 3/7; c=2$$

$$F = 2/7; c=3$$

$$F = 1/7; c=6$$

Donde:

c= factor de recolección.

Tamaño de la cuadrilla: se debe saber cuál va a ser el personal requerido por cada unidad ya que se pretende que el costo unitario sea el menor, para esto se calcula el número de cuadrilla con la siguiente expresión:

$$Nr = \frac{N * C}{R * H}$$

Dónde:

Nr=número de personal

N= número de viajes que puede efectuar el vehículo durante una jornada normal

C= capacidad útil del vehículo

R= rendimiento en kg/hombre-hora

H= duración de la jornada normal en horas.

Cuadro de datos:

Nomenclatura	Cantidad	Unidad
N=	5	viajes
C=	6000	kg
R=	425	kg/hombre-hora
H=	8	horas

$$Nr = \frac{5 * 6,000}{425 * 8}$$

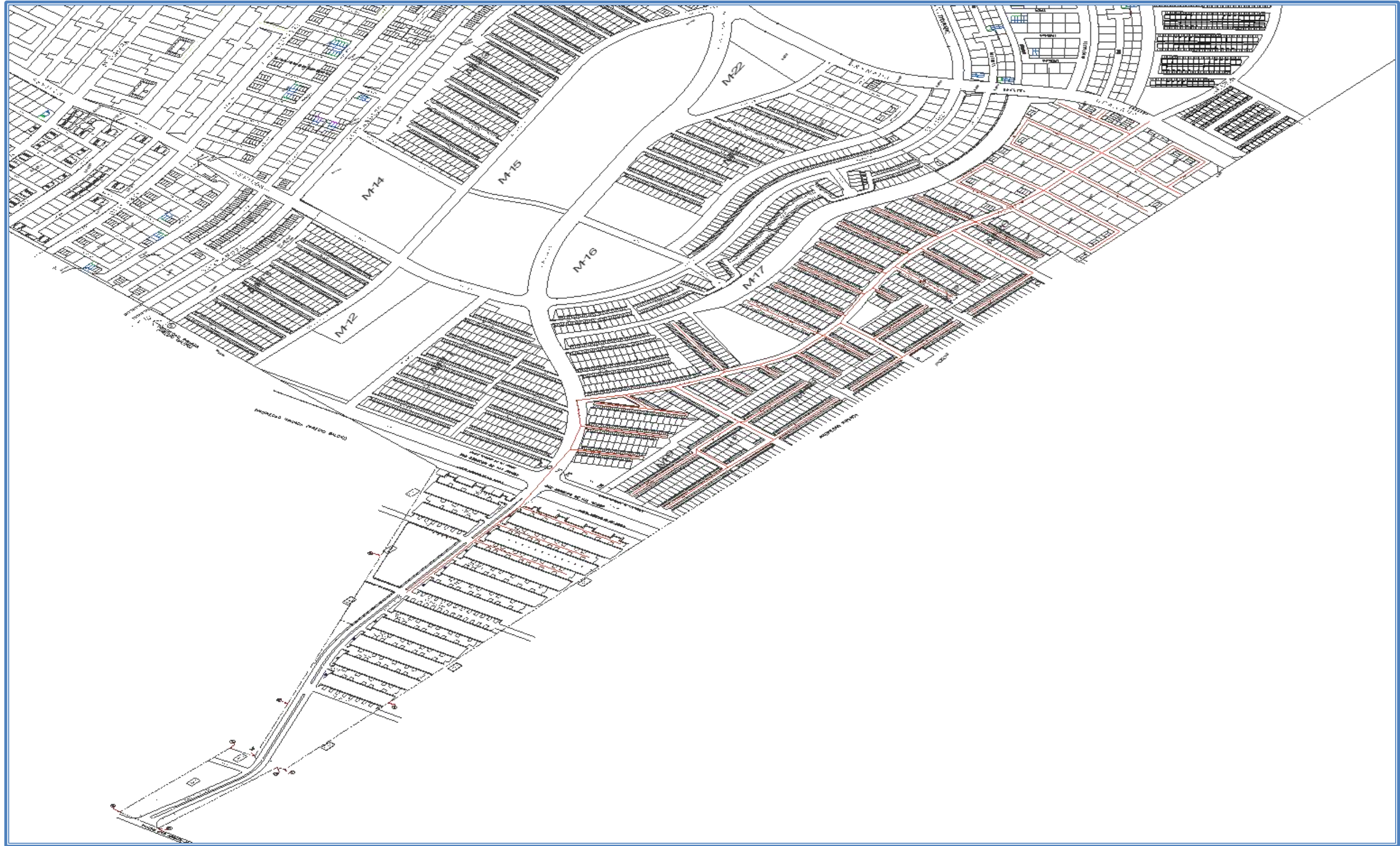
$$Nr = \frac{30,000}{3,400}$$

Se obtiene que se requerirá de una cuadrilla de **9 hombres**, que se encargaran de recolectar los residuos sólidos municipales que son entregados por los habitantes para depositarlos en el camión recolector.

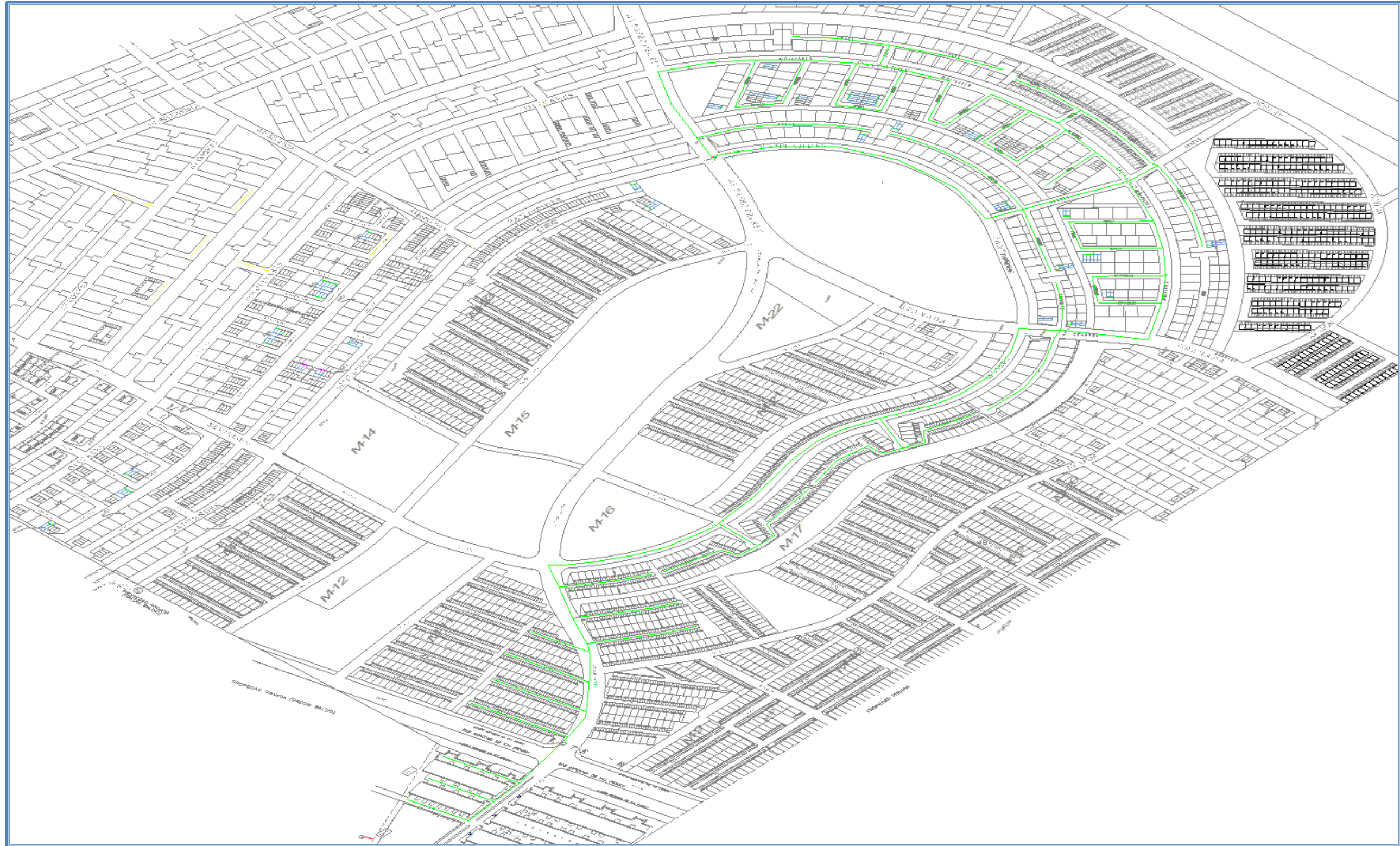
IV.3.7.4 Croquis De Rutas De Recolección.

Se propone una sectorización de acuerdo a las necesidades de la Unidad habitacional, la cual la conforman 6 sectores o rutas:

Ruta No 1.



Ruta No 2.



Ruta No 5



Ruta No 6.



CAPITULO V “DISPOSICIÓN FINAL”.

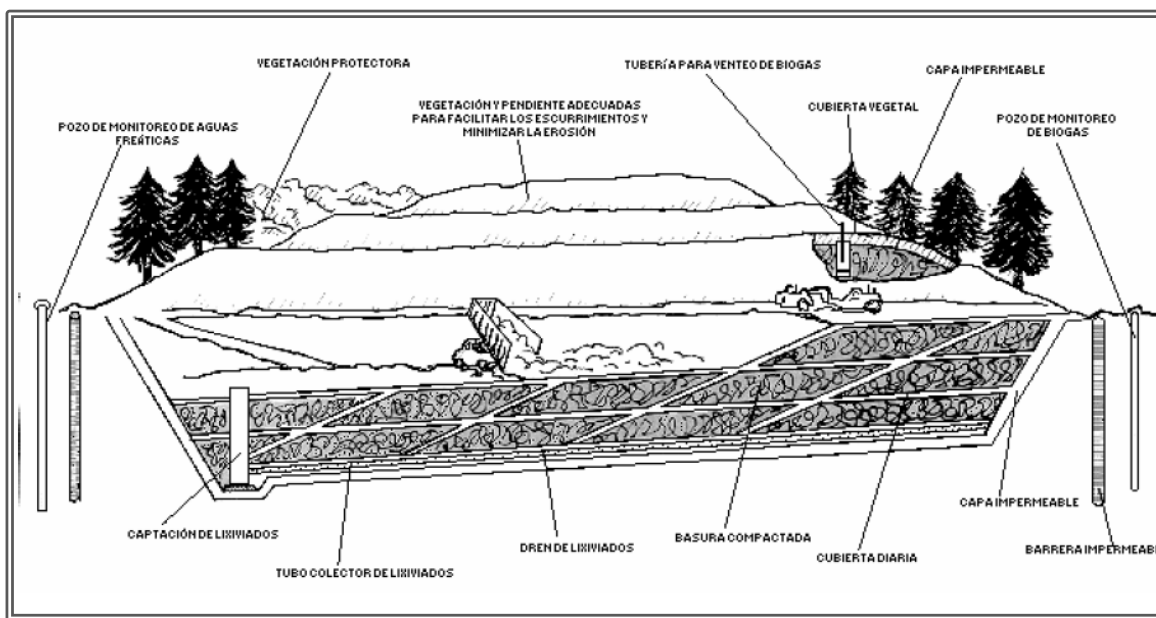
V.1 DEFINICIÓN DE RELLENO SANITARIO.

Los tiraderos a cielo abierto son centros de proliferación de ratas, cucarachas y otros roedores. También son generadores de lixiviados que, al estar en contacto directo en la superficie del terreno ocupado para esta actividad, pueden contaminar las fuentes de agua superficial o subterráneas.

Un relleno sanitario es tradicionalmente definido como un método de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos en el suelo, de tal manera que proteja el ambiente, mediante el extendido de los residuos en capas delgadas, compactándolas al menor volumen posible y cubriéndolas con tierra al término de cada día de trabajo. También se define como una técnica para la disposición de los residuos sólidos en el suelo, sin perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública, utiliza métodos de ingeniería para confinar la basura en el área menor posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable cubriendo los residuos sólidos con una capa de tierra.

Un relleno sanitario se refiere a la instalación física diseñada y operada especialmente para depositar los desechos sólidos municipales en un área determinada minimizando los impactos ambientales y de salud que ponen en riesgo la población de una región y/o el medio ambiente.

FIGURA V.1 “DIAGRAMA DE UN SISTEMA DE RELLENO SANITARIO”.



V.1.1 Ventajas de un relleno sanitario.

- Es la alternativa más económica.
- La inversión para iniciar con el relleno sanitario es inferior a comparación de la implementación de otro sistema, separación, composteo e incineración.
- No requiere de composteo e incineración, las cuales necesitan de un sitio de operación adicional al ya destinado al relleno sanitario.
- Después de la clausura las áreas destinadas al sitio de disposición final pueden ser reutilizadas con fines recreativos o simplemente como áreas verdes.
- Demanda de poco personal en caso de que los residuos a disponer se incrementen.
- Puede utilizarse los gases emanados por la descomposición de la materia orgánica como generadores de energía lo cual puede hacer autosuficiente a relleno sanitario.

V.1.2 Desventajas de un relleno sanitario.

- Se tiene que contar con una supervisión permanente para evitar cualquier falla a futuro en el sistema que ponga en riesgo el funcionamiento del relleno sanitario.
- Si el sitio elegido no cuenta con material que pueda ser utilizado en la cobertura de los residuos sólidos, el costo de transporte de material para estos fines se incrementara considerablemente.
- Fallas en el sistema político y la falta de recursos económicos destinados a la operación y mantenimiento pueden provocar que el relleno sanitario se transforme en un tiradero a cielo abierto.

Tabla V.1 Diferencias entre un Tiradero a Cielo Abierto y un Relleno Sanitario.

DESCRIPCION	TIRADERO A CIELO ABIERTO		RELLENO SANITARIO		
	NO CONTROLADO	CONTROLADO	MANUAL	SEMI MECANIZADO	MECANIZADO
¿Uso de cobertura diaria?	No	Si	Si	Si	Si
Impermeabilización del suelo	No	No	Con Arcilla	Si	Tecnificado con arcilla o geo membrana
sistema de recolección y tratamiento de lixiviados	No	No	Sí, pero menos tecnificado que un relleno mecanizado	Si	Si
Sistema de drenaje de aguas superficiales	No	Varia	Si	Si	Si
Sistema de control de gases	No	No	Si	Si	Si
Compactación del material	No	Manual	Manual	Manual y/o Mecanizado	Con equipo mecanizado
Rutas de acceso	No	No	No	Si	Si

Fuente: "Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales" PROARCA 2003.

V.2 TIPOS DE RELLENO SANITARIO.

V.2.1 Relleno Sanitario Manual.

Los rellenos de este tipo no necesitan equipos pesados permanentes para su operación, utiliza herramientas sencillas como palas, azadones, piochas, rastrillos, compactadoras manuales, etc. La implementación de este tipo de sistema, genera empleo en la comunidad. Utiliza únicamente maquinaria pesada al momento de construir las vías internas, la excavación de zanjas y/o extraer el material de cobertura.

El sitio para el relleno sanitario debe incluir el material de cubierta para los desechos sólidos allí dispuestos para minimizar la proliferación de enfermedades, será ubicado en un sitio arcilloso o por lo menos donde sea mínimo el riesgo de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, tendrá un sistema de

recolección y manejo de lixiviados y chimeneas para que no se acumule gas metano en los residuos.

Se podrá implementar un relleno manual en poblaciones que tengan menos de 40,000 habitantes o que generen menos de 20 Ton diarias de residuos sólidos.

V.2.2 Relleno Sanitario Semi-Mecanizado.

Un relleno sanitario Semi-mecanizado, sigue las características de un relleno sanitario diseñado, construido, y operado con criterios de ingeniería civil y sanitaria, incluyendo chimeneas para ventilación de biogás y sistemas de drenaje interno de lixiviados. Requiere maquinaria pesada solamente de vez en cuando, principalmente para excavación de zanjas, o trincheras. Puede requerir de maquinaria para la construcción de vías internas, la preparación de la base de soporte impermeable y el sistema de drenaje de agua pluvial, lixiviados, y las chimeneas de ventilación de biogás. También se utiliza maquinaria para compactar los desechos y con esto aumentar la densidad y reducir el volumen.

V.3 METODOS PARA REALIZAR UN RELLENO SANITARIO.

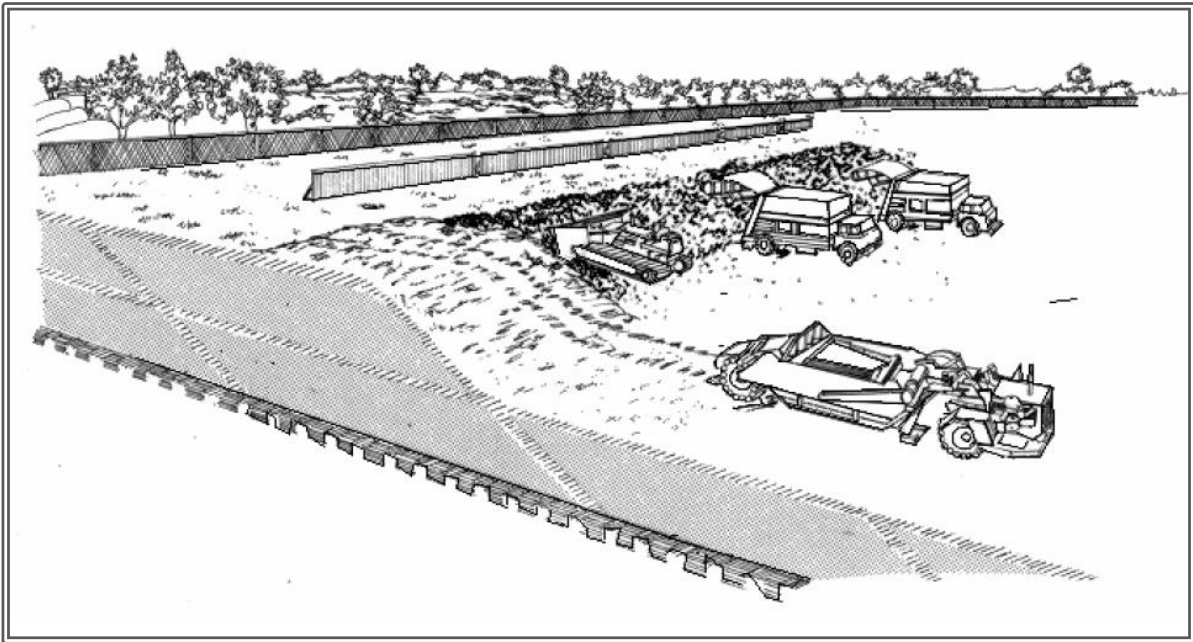
Los principales métodos usados para disponer RSM en un relleno sanitario pueden clasificarse como:

- Método de trinchera.
- Método de Área.
- Combinado.

V.3.1 Método de Área.

El relleno sanitario se construye sobre la superficie del terreno o para llenar depresiones en la topografía de un área determinada, por lo que se puede usar cualquier tipo de terreno disponible como canteras abandonadas, inicio de cañadas, terrenos planos, depresiones y Ciénegas contaminadas. Para este método el material de cobertura es traído de otro sitio o este es conseguido de la capa superficial del sitio a rellenar. El método consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado, se compacta en capas inclinadas para formar la celda que después se cubre con tierra. Las celdas diarias deben tener un pendiente suave para evitar deslizamientos y estabilizar el relleno a medida que éste se eleva, la celda se construye inicialmente de un extremo del área a rellenar y se avanza hasta terminar en el otro extremo.

FIGURA V.2 Método de Área.

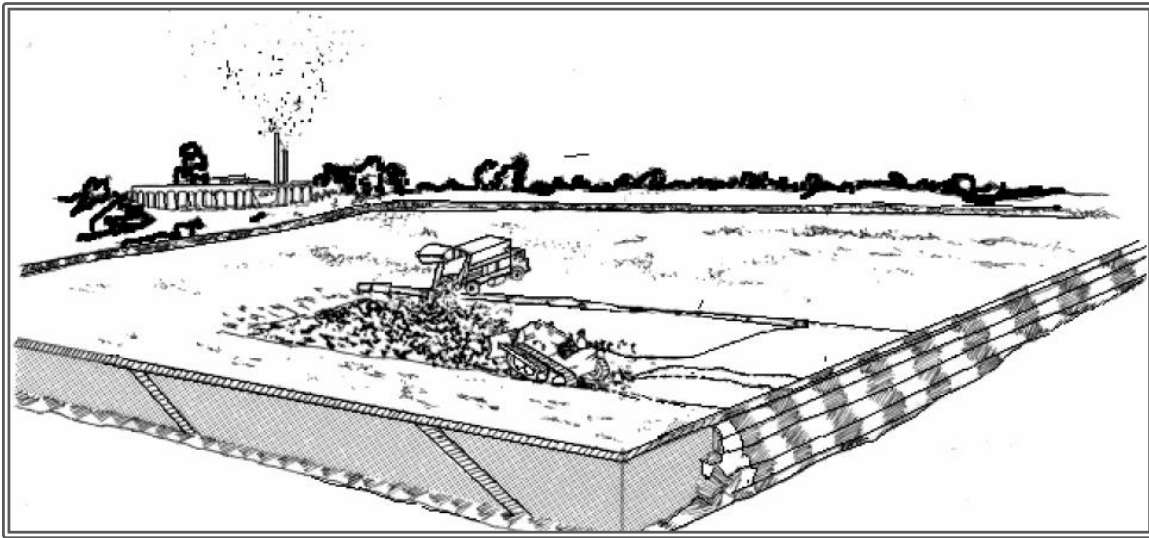


V.3.2 Método de Trinchera.

El método de trinchera es usualmente utilizado en zonas donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y la excavación de las trincheras puede realizarse con equipos normales de movimiento de tierras.

Este método consiste en excavar zanjas con cierta profundidad, un largo y una profundidad que dependen del diseño de la misma, dentro de estas trincheras se depositan los residuos sobre el talud inclinado, donde son compactados con el equipo adecuado en capas, hasta formar una celda que después es cubierta con el material producto de la excavación, el cual debe dejarse a un lado de la trinchera para ser usado posteriormente como material de cobertura. Los residuos se colocan en la parte opuesta al material producto de la excavación y se colocan dentro de la trinchera, compactándolos y cubriéndolo con el material de cobertura, esta parte del método se puede realizar manualmente. Se recomienda hacer la zanja con una vida útil de 30 a 90 días, teniendo una zanja nueva antes de clausurar la que está en proceso de llenado. Debe de existir una separación entre zanjas de por lo menos un metro.

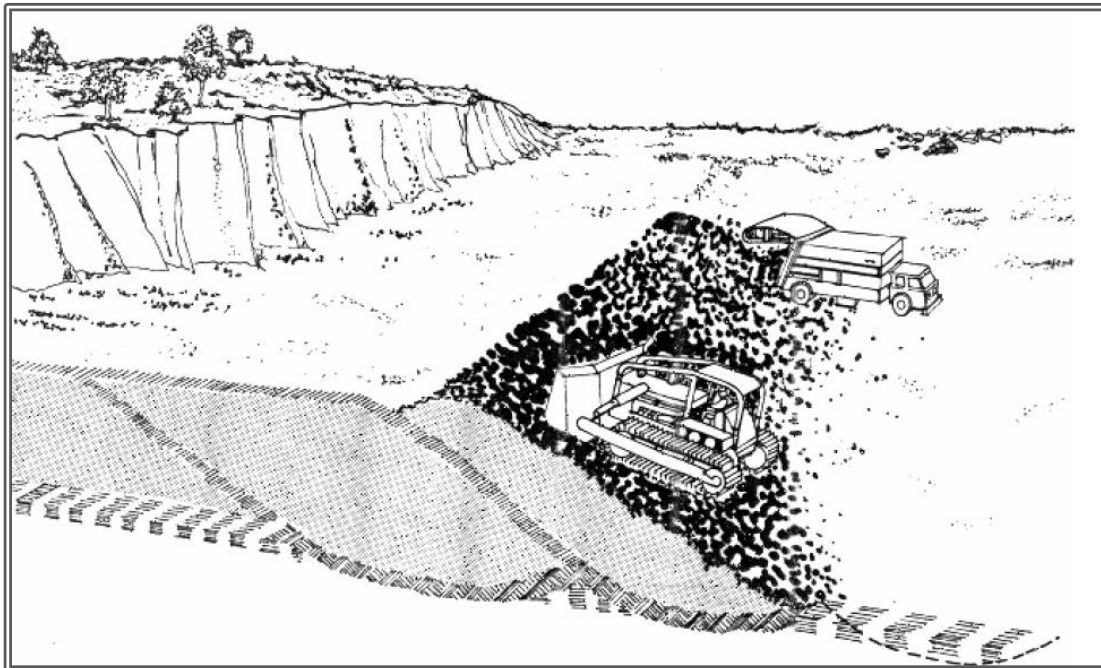
FIGURA V.3 Método de Trinchera.



V.3.3 Método Combinado.

En este método se inicia con el método de trinchera y posteriormente se continúa con el método de área en la parte superior. Este método es considerado el más eficiente ya que permite ahorrar el transporte del material de cobertura y aumenta la vida útil del sitio.

FIGURA V.4 Método Combinado.



V.4 CARACTERÍSTICAS DE UN SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL.

El sitio de disposición final debe tener las siguientes características:

- El uso de suelo debe de ser el indicado
- Accesos para los vehículos durante su operación no deben de presentar ninguna problemática en cualquier época del año.
- Contar con medidas de protección contra la posible contaminación de aguas superficiales y subterráneas, que pongan en riesgo la salud de la población cercana.
- Garantizar que material de cobertura sea el suficiente durante la operación.
- Monitorear el impacto ambiental
- Se debe contar con el área suficiente para que el sitio de disposición final llegue a los años de vida útil para el que fue diseñado.
- El predio debe de ser el más económico disponible y que cumpla con los requerimientos que marca la legislatura vigente.

V.4.1 Consideraciones Técnicas.

- Distancia de transporte
- Tamaño y vida útil del sitio
- Topografía
- Agua superficial
- Suelos y geología
- Agua subterránea
- Cantidad y compatibilidad del suelo (material de cubierta)
- Vegetación
- Áreas ambientales sensibles
- Áreas de importancia arqueológica
- Acceso al sitio
- Uso de suelo

V.4.2 Diseño De Relleno Sanitario.

Para que un sistema de disposición final sea óptimo debe cumplir con todas las regulaciones aplicables (leyes, normas, etc.), no debe dañar el medio ambiente, minimizar el costo de operación y de clausura, ser eficiente al momento de descarga, optimizar el espacio que lo conformara y cuidar la imagen urbana.

V.4.3 Diseño Del Área De Relleno.

- ✚ Selección del método de operación.
- ✚ Especificaciones de dimensiones de diseño.
 - Ancho, altura, profundidad de celda.
 - Espesor de cubierta diaria, intermedia y final.

- ✚ Especificaciones de los elementos de la operación
 - Uso de cubierta
 - Método de aplicación de cubierta
 - Requerimientos de importación de material de cubierta
 - Requerimientos de equipo.
 - Requerimientos de personal

V.4.4 Elementos De Diseño.

- ✚ Control de lixiviados.
- ✚ Control de biogás.
- ✚ Control de escurrimientos.
- ✚ Caminos de acceso.
- ✚ Áreas de trabajo especial.
- ✚ Manejo de residuos especiales.
- ✚ Estructuras.
- ✚ Instalaciones.
- ✚ Cercado.
- ✚ Alumbrado.
- ✚ Pozo de monitoreo.
- ✚ Paisaje.
- ✚

V.5 Elección Del Sitio.

La elección del sitio para la construcción del sitio de disposición final o relleno sanitario, es un procedimiento que se requiere que se elabore con sumo cuidado ya que no todos los lugares reúnen las condiciones ideales para salvaguardar la salud y el bienestar de la población, la protección de los recursos hídricos e integridad de los recursos naturales y un mejor aprovechamiento de los recursos económicos.

V.5.1 Justificación De La Elección Del Sitio De Disposición Final.

En la selección del sitio fueron tomadas en cuenta los requerimientos fijados en la normatividad para este tipo de sitios de disposición final de RSU, están especificados en el punto 6.1 de la NOM-083-SEMARNAT-2003 “Restricciones para la ubicación del sitio” y se analizan a continuación:

V.5.1.1 Ubicación En Las Cercanías De Un Aeródromo O Aeropuerto.

El sitio de disposición final de RSU propuesto, estaría ubicado a **15.61 Km** del helipuerto de la CEDENA con lo cual se cumple con lo especificado en el punto 6.1.1 de la NOM-083-SEMARNAT- 2003.

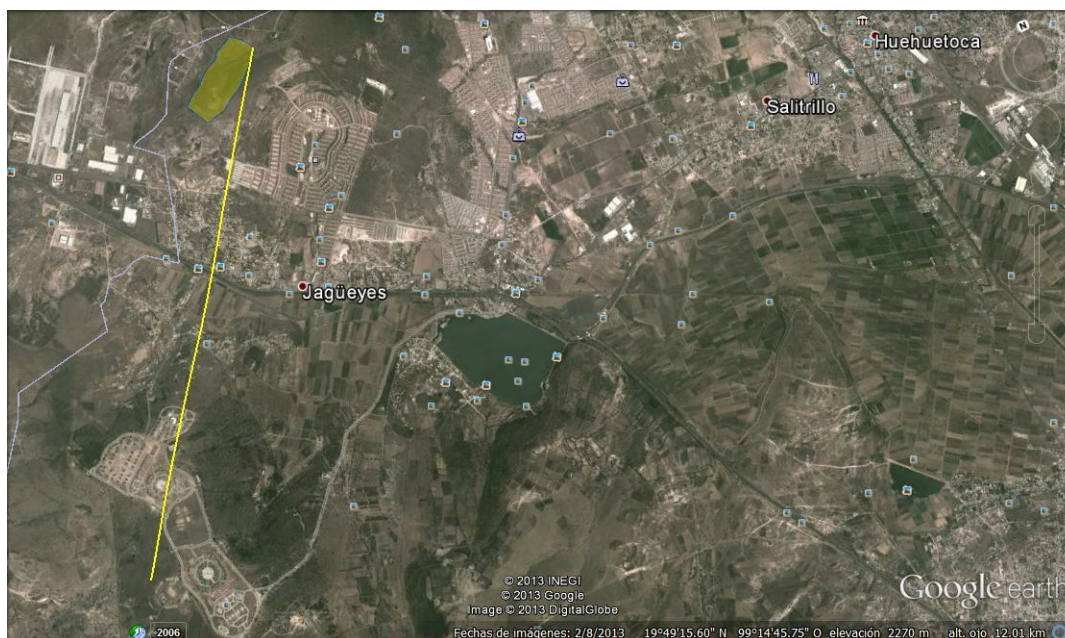


FIGURA V.1 PUNTO 6.1.1 DE LA NOM-083-SEMARNAT- 2003.

V.5.1.2 Cercanía A Áreas Naturales Protegidas.

La propuesta del sitio de disposición final de RSU de Urbi Villas del Rey, Estado de México, está fuera de las áreas naturales protegidas, por lo cual se cumple con especificado en el punto 6.1.2 de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

V.5.1.3 Cercanía A Centros De Población.

El sitio de disposición final de RSU propuesto, está a **578 metros** de la unidad habitacional “Urbi Villas del Rey”, que es la más cercana, y cuya población es de 56,350 habitantes. Por lo anterior, se cumple con especificado en el punto 6.1.3 de la NOM-083-SEMARNAT- 2003.



FIGURA V.2 PUNTO 6.1.3 DE LA NOM-083-SEMARNAT- 2003.

V.5.1.4 Ubicación En Sitios No Permitidos.

- ✓ Fuera de zonas de marismas, manglares, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, arqueológicas, cavernas o fallas geológicas.
- ✓ A una distancia de **4.5km** respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, siendo la presa Peña Alta la más cercana por lo que se cumple con el punto 6.1.5 de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

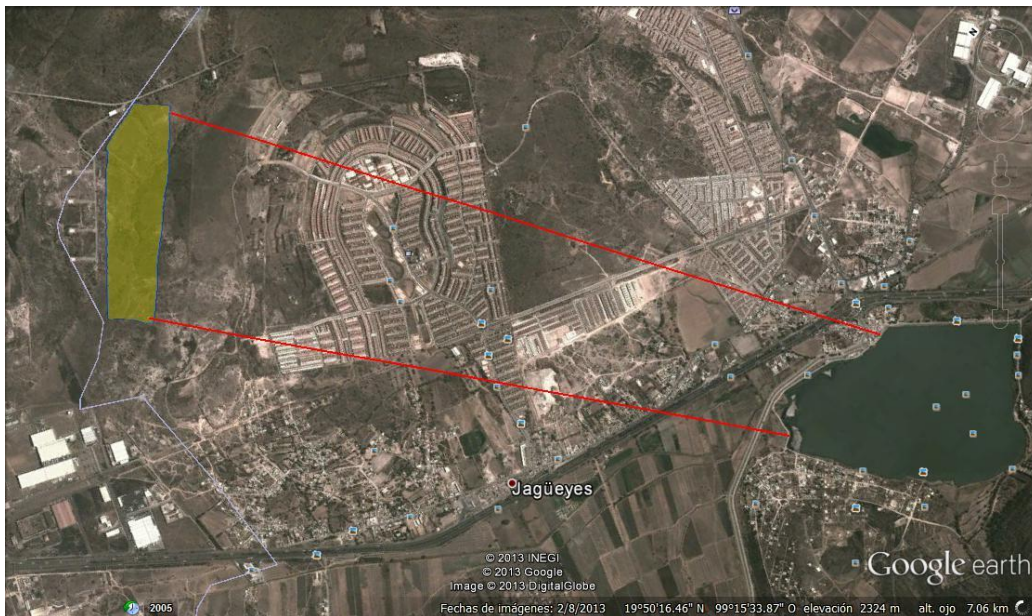


FIGURA V.3 PUNTO 6.1.5 DE LA NOM-083-SEMARNAT- 2003.

- ✓ A **2.20km** de los pozos de extracción de agua actualmente activos por lo que esta Fuera de zonas de restricción respecto a pozos en extracción de agua en operación y abandonados. Debido a lo anterior se Cumple con lo especificado en los puntos 6.1.4, 6.1.6 y 6.1.7 de la NOM-083 SEMARNAT-2003.

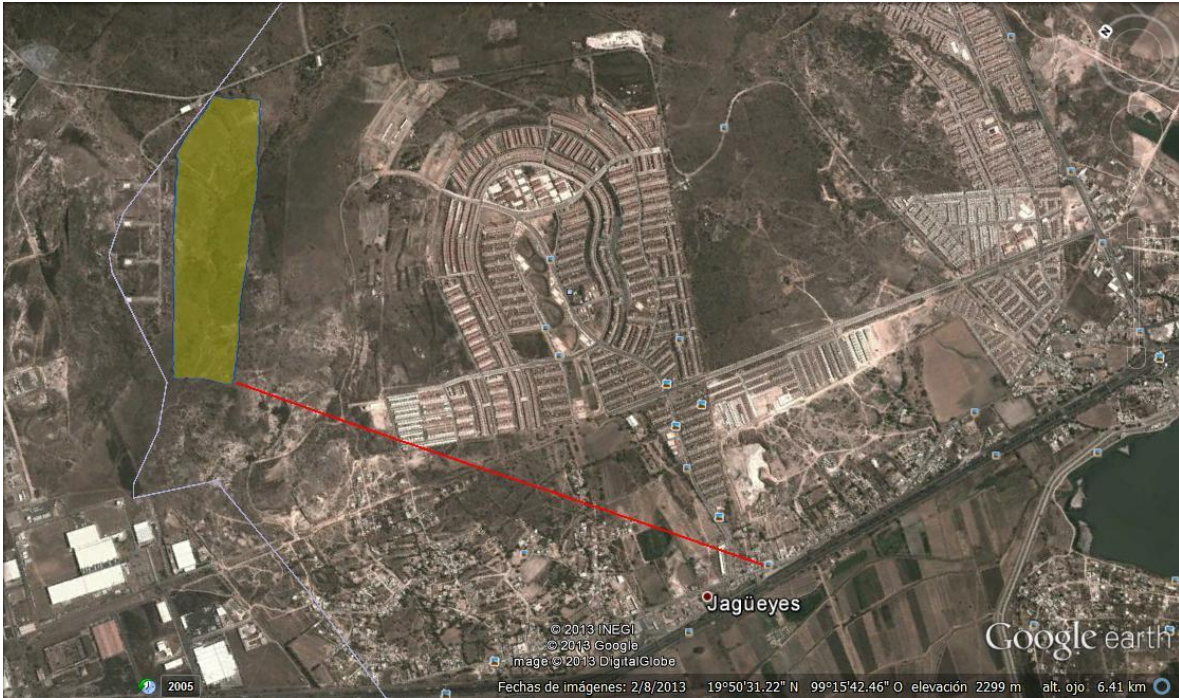


FIGURA V.4 PUNTO 6.1.4 DE LA NOM-083-SEMARNAT- 2003.

V.5.1.5 Cercanía A Zonas De Inundación.

El sitio de disposición final de RSU propuesto se encontrará aproximadamente a **4.5 km** fuera de zonas de inundación, zonas marcadas en el Plan Municipal de Desarrollo de Huehuetoca. Cumpliendo con el punto 6.1.5 de la NOM-083-SEMARNAT-2003.



FIGURA V.5 PUNTO 6.1.5 DE LA NOM-083-SEMARNAT- 2003.

También se consideraron aspectos como:

- Fácil y rápido acceso para los camiones recolectores.
- Permitir su utilización a largo plazo, alrededor de 10 años con lo que fue diseñado.
- Contar con una topografía tal que permita un mayor volumen de aprovechamiento por hectáreas.
- Tener condiciones y características tales que se protejan los recursos naturales.
- Estar localizado de modo que no sea rechazado por la población, debido a molestias que genere la construcción y operación del mismo.

V.6 CONSIDERACIONES GENERALES.

Los sitios de disposición final se categorizan de acuerdo a las cantidades de toneladas de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que ingresan por día, para ello se puede utilizar la siguiente tabla.

TABLA V.1 categoría de los sitios de disposición final.

TIPO	CANTIDAD DE RESIDUOS REIBIDOS TON/DIA.
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	menor a 10

La población estimada tomando en cuenta el total de viviendas mostradas en plano, que serán a las que se dará el servicio son en total **12,989** casas y tomando la población promedio que existe en el Edo. Méx. que es de **4.00 hab/casa** se tiene que el total de la población es de **51,956** habitantes. También se considera que la población no mostrará un crecimiento ya que la unidad habitacional no permite el aumento en el número de casas habitación.

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

TABLA V.2 Requerimientos de compactación.

SITIO		COMPACTACIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS Kg/m ³	RECEPCION DE RESIDUOS SOLIDOS Ton/Día
A	A1	Mayor de 700	mayor de 750
	A2	Mayor de 600	100-750
	B	Mayor de 500	50-100
	C	Mayor de 400	10.0-50

La producción de residuos sólidos per cápita por habitante día se consideró de 0.67 kg/hab/día, este dato se recabo del “**PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE HUEHUETOCA**” en su última actualización.

La producción por comercios en función de los habitantes se estima en un orden del 20% de la producción domiciliaria.

V.6.1 Vida Útil Del Sitio.

Se llama vida útil de un relleno sanitario al tiempo en años que se utilizará un sitio seleccionado para la disposición final de los residuos de una comunidad.

El sitio deberá tener una extensión estimando un área de proyecto determinada, que se tenga un volumen que pueda recibir desechos sólidos para cuando menos

10 años de operación del relleno. Para el cálculo de este volumen se deberá tomar en cuenta la población futura y el índice de generación de residuos.

El sitio de disposición final tendrá que recibir los residuos sólidos generados y el material de cobertura (tierra necesaria).

Para el cálculo de la vida útil es necesario conocer la generación, la población y la eficiencia de recolección.

Se propuso una altura total para el relleno sanitario de 15 m, con base al poco espacio que se tiene alrededor del conjunto habitacional "URBI VILLAS DEL REY" y tomando en cuenta que el crecimiento del fraccionamiento ya no está permitido.

V.6.2 Material De Cobertura.

El relleno sanitario será lo más autosuficiente en tierra necesaria para su construcción como sea posible para poder tener el material de cobertura que sea necesario para satisfacer el volumen requerido para cubrir las celdas diarias.

V.6.3 Topografía Del Sitio.

Las condiciones de transición de las vías de acceso afectan al costo global del sistema, retardando los viajes y dañando los vehículos; por tanto, la propuesta del sitio de disposición final se encuentra a una distancia corta de la mancha urbana.

Existen a grandes rasgos, diferentes perfiles de terreno que por sus características se presentan para la construcción y operación de un relleno sanitario y por su topografía se clasifican en:

Plano: aquel terreno en el que se presentan pequeñas pendientes como las mesetas y las llanuras (0% al 5% de pendiente).

Ondulado: se consideran terrenos ondulados aquellos en los que la pendiente no es continua, presenta partes planas y partes con pendientes medias como son los valles (5% al 10% de pendientes).

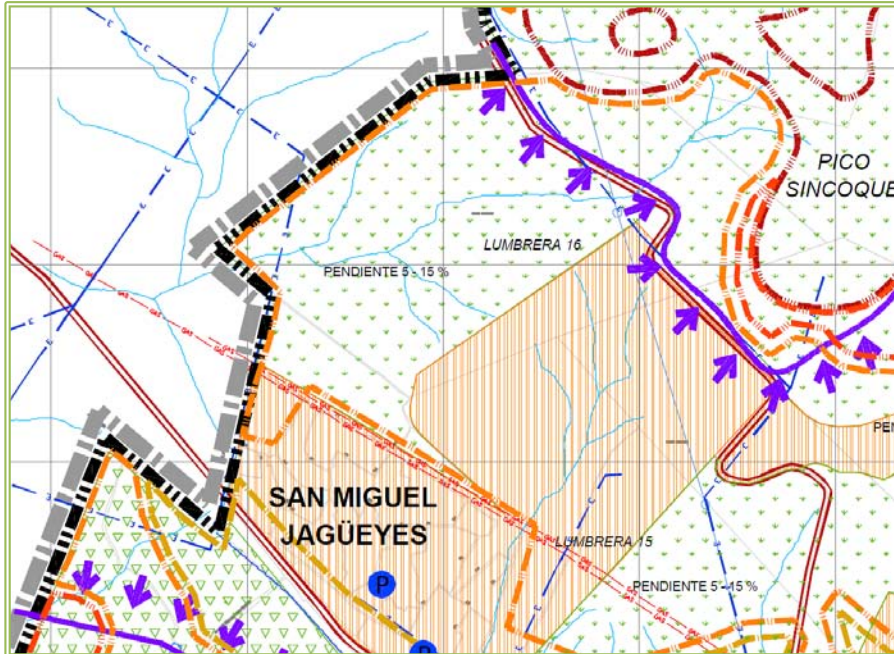
Escarpados: presentan una pendiente muy fuerte (mayores al 10%) como montañas, cerros, cañadas, etc.

Combinados: es aquel que presenta 2 o más variantes de los terrenos antes mencionados.

El procedimiento de construcción y método de relleno sanitario se seleccionará una vez conocido el perfil del terreno disponible.

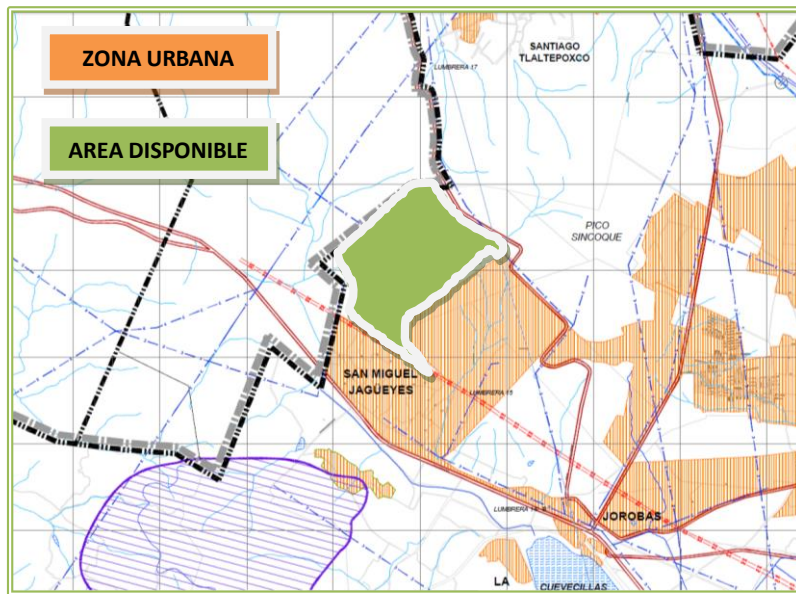
Para la propuesta que se realiza para el Relleno Sanitario, el terreno cuenta con una pendiente de entre un 5% y un 15%.

Figura V.6 Pendiente que presenta Terreno de Relleno Sanitario.



Como se muestra en la imagen V.7 el área disponible en la que se propone se construye y opere el Relleno Sanitario, se encuentra a una distancia corta para los recorridos de los camiones recolectores y suficientemente alejado del área urbana para no generar molestias a la población a servir.

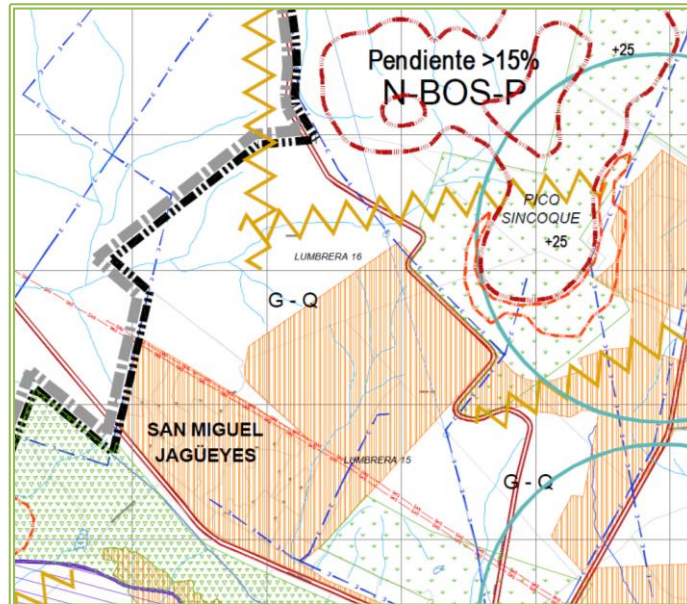
Figura V.7 Área disponible para Relleno Sanitario.



En la figura V.8 se muestra que en el área disponible propuesta existe una fractura cercana al terreno, se tomó la decisión de elegir este sitio debido a que cuenta más ventajas como el tener cercano el material de cobertura para las celdas, el sitio se encuentra a una distancia cercana para los recorridos y rutas de recolección con lo que se disminuirán costos de operación y recolección. Se protegerá el subsuelo con geosintéticos. Los tipos de geosintéticos utilizados pueden ser: georedes, geotextiles, geomallas y geomembranas. Dichos geosintéticos deben ser compatibles con las condiciones físicas de la obra, además de cumplir con un alto control de calidad tanto del mismo material, como de su instalación, algunas fallas que se pueden presentar en dichos materiales, son: pinchadura, abrasión, raspones, organismos biológicos, asentamientos, pérdida de plasticidad, choque térmico, luz ultravioleta/luz infrarroja.

Los geosintéticos más frecuentemente utilizados pueden ser fabricados de: polietileno clorado, polietileno clorosulfonado, polietileno de alta densidad y cloruro de polivinilo. En la siguiente imagen, se ejemplifica el uso de materiales geosintéticos como sistema de impermeabilización en un relleno sanitario.

Figura V.8 Problemática en área de Relleno Sanitario.



V.7 CÁLCULO DEL VOLUMEN NECESARIO PARA EL RELLENO SANITARIO

Los requerimientos de espacio del relleno sanitario están en función de:

- La producción total de RSM.
- La cobertura de recolección (la condición crítica de diseño es recibir el 100% de los residuos generados).
- La densidad de los RSM estabilizados en el relleno sanitario.
- La cantidad del material de cobertura (20-25%) del volumen compactado de RSM.
- Áreas adicionales para obras complementarias.
- ✓ profundidad o altura del relleno sanitario.

V.7.1 Cálculo Del Área Requerida

Con el volumen se puede estimar el área requerida para la construcción del Relleno sanitario, con la profundidad o altura que tendría el relleno. Ésta solo se conocerá si se tiene una idea general de la topografía.

El relleno sanitario debe proyectarse para un mínimo de cinco años y un máximo de diez. Sin embargo, algunas veces es necesario diseñarlo para menos de cinco años si se considera la dificultad de encontrar terrenos disponibles. Este tiempo se llama *vida útil o periodo de diseño*.

V.7.1.1 Área Requerida Para El Relleno Sanitario.

Columna 1: Población que se dará en servicio durante la vida útil del Relleno Sanitario.

Columna 2: Producción Per Cápita generada en la zona.

Columna 3: Cantidad de residuos sólidos producidos diariamente, es el resultado de la multiplicación de la población (Columna 1) por la producción per cápita (Columna 2).

Columna 4: Cantidad de residuos sólidos que se producirán anualmente, se obtiene multiplicando los desechos producidos diariamente (columna 3) por 365 días que equivalen a un año.

Columna 5: Acumulado de Residuos sólidos generados anualmente.

Columna 6: Volumen diario de Residuos sólidos compactados, se calcula dividiendo los desechos sólidos producidos diariamente (Columna 3) entre la densidad de la basura compactada. Se toma como consideración una densidad de 500 kg/m^3 como el valor que se muestra en la tabla de densidad de los residuos compactados.

Columna 7: Volumen de desechos sólidos compactados anualmente, se obtiene de la multiplicación el volumen diario de residuos compactados (Columna 6) por 365 días.

Columna 8: Corresponde al volumen de los desechos sólidos estabilizados por año. Se obtiene multiplicando los residuos sólidos producidos diariamente por 365 días, el resultado se divide entre la densidad de los residuos sólidos ya estabilizados, que en este caso se tomó de 600 Kg/m^3 que se toma de la tabla de densidad de los residuos ya estabilizados.

Columna 9: Volumen de los desechos sólidos en el relleno sanitario que se obtiene multiplicando el volumen de los desechos sólidos estabilizados multiplicados por el factor de incremento de material de cobertura, tomando este factor para el proyecto de $MC= 1.20$.

Columna 10: Volumen acumulado anualmente de desechos sólidos en el relleno sanitario.

Columna 11: Contiene el Área requerida anual para el relleno sanitario. Se calcula dividiendo el volumen de los desechos sólidos en el relleno sanitario (columna 10) entre la altura del relleno, que se propuso de 15m.

Columna 12: Área total requerida para la construcción del relleno sanitario y se obtiene multiplicando el área requerida para el relleno sanitario (Columna 11) por un factor de aumento de área adicional requerida, que es de $F= 1.3$ (30% para vialidades, casetas de recepción, etc).

AÑO	POBLACIÓN (hab)	PPC (Kg/Háb/Día)	CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS.			RESIDUOS COMPACTADOS		Estabilizados (m ³ /Año)	RELLENOS		AERA REQUERIDA	
			Diaria (Kg/día)	Anual (Ton/año)	Acumulado (Ton)	Diaria (m ³)	Anual (m ³)		Cobertura	Acumulado (m ³)	Relleno (m ²)	TOTAL (m ²)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
2016	51,956.0	0.67	34,810.5	12,705.8	12,705.8	69.6	25,411.7	21,176.4	25,411.7	25,411.7	1,694.1	2,202.3
2017	51,956.0	0.67	34,810.5	12,705.8	25,411.7	69.6	25,411.7	21,176.4	25,411.7	50,823.4	3,388.2	4,404.7
2018	51,956.0	0.67	34,810.5	12,705.8	38,117.5	69.6	25,411.7	21,176.4	25,411.7	76,235.0	5,082.3	6,607.0
2019	51,956.0	0.67	34,810.5	12,705.8	50,823.4	69.6	25,411.7	21,176.4	25,411.7	101,646.7	6,776.4	8,809.4
2020	51,956.0	0.67	34,810.5	12,705.8	63,529.2	69.6	25,411.7	21,176.4	25,411.7	127,058.4	8,470.6	11,011.7
2021	51,956.0	0.67	34,810.5	12,705.8	76,235.0	69.6	25,411.7	21,176.4	25,411.7	152,470.1	10,164.7	13,214.1
2022	51,956.0	0.67	34,810.5	12,705.8	88,940.9	69.6	25,411.7	21,176.4	25,411.7	177,881.8	11,858.8	15,416.4
2023	51,956.0	0.67	34,810.5	12,705.8	101,646.7	69.6	25,411.7	21,176.4	25,411.7	203,293.4	13,552.9	17,618.8
2024	51,956.0	0.67	34,810.5	12,705.8	114,352.6	69.6	25,411.7	21,176.4	25,411.7	228,705.1	15,247.0	19,821.1
2025	51,956.0	0.67	34,810.5	12,705.8	127,058.4	69.6	25,411.7	21,176.4	25,411.7	254,116.8	16,941.1	22,023.5
2026	51,956.0	0.67	34,810.5	12,705.8	139,764.2	69.6	25,411.7	21,176.4	25,411.7	279,528.5	18,635.2	24,225.8

TABLA V.4 Área requerida para el relleno sanitario.

El cálculo preliminar del área total necesaria para el relleno sanitario que se obtuvo con la tabla V.4 para un periodo de diseño de 10 años es de **24,225.8 m²** lo que equivale a **2.4225 hectáreas**, que es el área requerida para la construcción, funcionamiento y clausura del relleno sanitario.

V.7.2 Proyección Del Volumen Necesario Para El Relleno Sanitario.

Generación Per cápita=	0.67	kg/hab/día
Población Promedio=	4	hab/casa
Casas Unidad hab.=	12,985	casas
Densidad de residuos COMPACTADOS =	500	kg/m ³
Densidad de residuos ESTABILIZADOS =	600	kg/m ³
PESO VOL. ESTABILIZADO=	0.6	Ton/m ³

Total, de población
 unidad hab.= 51,956 habitantes
51,956 habitantes

Generación diaria
 = 34,810.52 kg/día
34.81052 Ton/día

Año	Población	Generación Anual (Ton/año)	Volumen Anual de residuos (m ³ /Año)	Volumen Acumulado (m ³ /Año)
2016	51,956.00	12,705.84	21,176.40	21,176.40
2017	51,956.00	12,705.84	21,176.40	42,352.80
2018	51,956.00	12,705.84	21,176.40	63,529.20
2019	51,956.00	12,705.84	21,176.40	84,705.60
2020	51,956.00	12,705.84	21,176.40	105,882.00
2021	51,956.00	12,705.84	21,176.40	127,058.40
2022	51,956.00	12,705.84	21,176.40	148,234.80
2023	51,956.00	12,705.84	21,176.40	169,411.20
2024	51,956.00	12,705.84	21,176.40	190,587.60
2025	51,956.00	12,705.84	21,176.40	211,764.00
2026	51,956.00	12,705.84	21,176.40	232,940.40

TABLA V.5 Volumen para relleno sanitario con residuos sólidos compactados.

V.7.3 Requerimientos Volumétricos.

Año	Generación Anual (m³/año)	Cubierta (m³/Año)	Total	Total Acumulado (m³/Año)
2016	21,176.40	4,235.28	25,411.68	25,411.68
2017	21,176.40	4,235.28	25,411.68	50,823.36
2018	21,176.40	4,235.28	25,411.68	76,235.04
2019	21,176.40	4,235.28	25,411.68	101,646.72
2020	21,176.40	4,235.28	25,411.68	127,058.40
2021	21,176.40	4,235.28	25,411.68	152,470.08
2022	21,176.40	4,235.28	25,411.68	177,881.76
2023	21,176.40	4,235.28	25,411.68	203,293.44
2024	21,176.40	4,235.28	25,411.68	228,705.12
2025	21,176.40	4,235.28	25,411.68	254,116.80
2026	21,176.40	4,235.28	25,411.68	279,528.48

TABLA V.6 Volumen para relleno sanitario con material de cubierta.

V.7.3.1 Capacidad Volumétrica Del Sitio

residuos totales que recibirá el relleno sanitario a lo largo de su vida útil= m³

peso volumétrico que se logra con los equipos de compactación= Ton/m³

requerimientos volumétricos totales= m³

altura de celdas al finalizar vida útil (propuesta)= m

AREA REQUERIDA= m²

AREA REQUERIDA TOTAL= m²

hectáreas

V.8 CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA CELDA DIARIA DE RESIDUOS.

Una vez que se tiene habilitado el sitio de disposición final para iniciar el depósito de los Residuos sólidos, se procede a realizar esta actividad por medio de celdas, la cual es la unidad básica del relleno sanitario y está constituida por la cantidad de residuos que llega y se dispone en un día de trabajo y su cubierta respectiva. El dimensionamiento de la celda está en función del peso volumétrico y la generación de los residuos. Los elementos que conforman a la celda son principalmente 4 y generalmente se define como un paralelepípedo.

Altura. Depende de la cantidad de residuos que se depositen, el espesor de material de cubierta diaria, la estabilidad de los taludes y la compactación de ambos, mientras más altas sean las celdas, menor será la cantidad de cobertura para los residuos y mientras menor sea la altura de las celdas, el relleno requerirá de mayor cantidad de material de cubierta, ya que se generan más estratos de la cubierta.

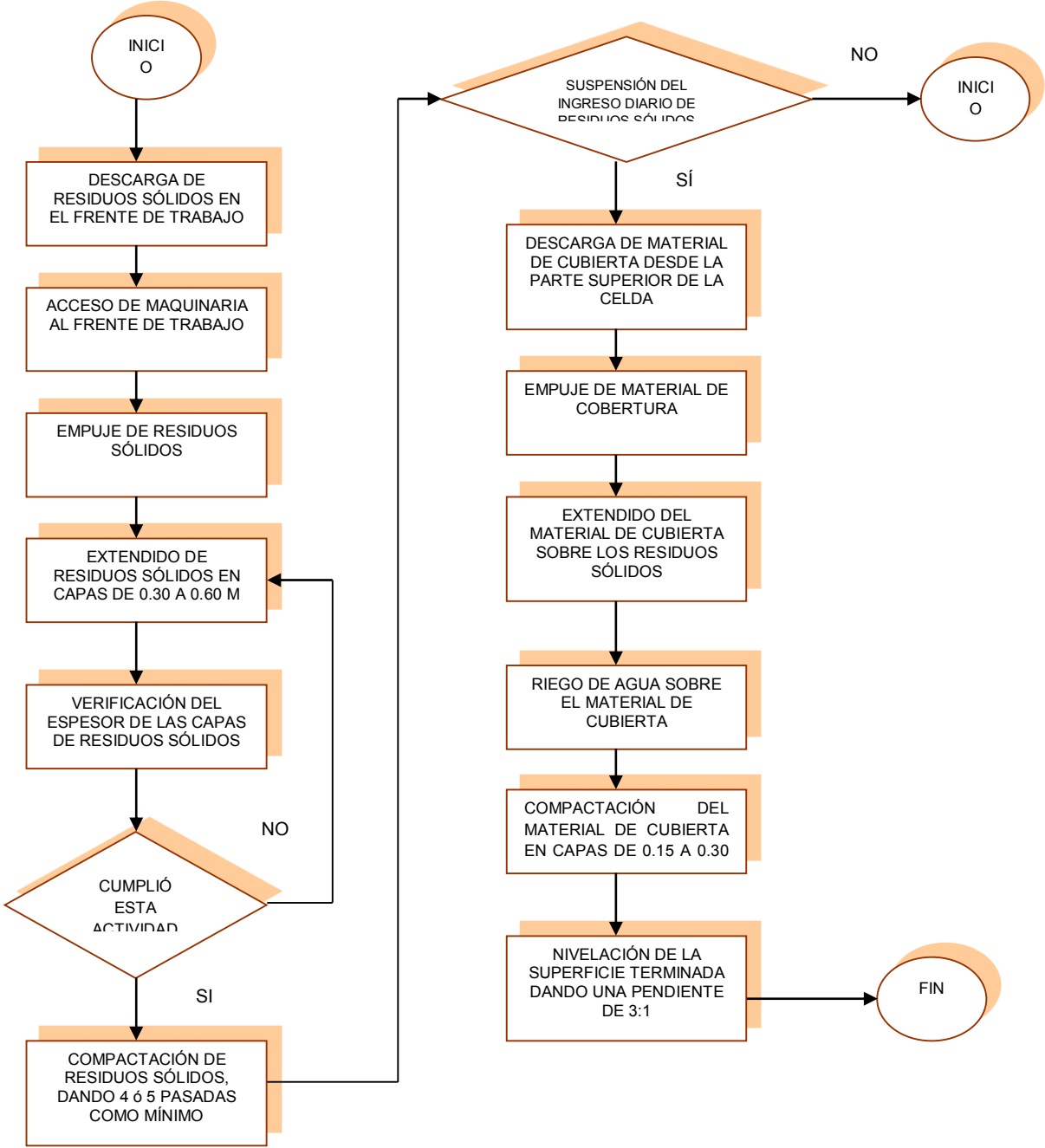
Ancho. También llamado frente de trabajo, depende de la longitud de la hoja topadora del equipo que empuje los residuos, se recomienda que el ancho mínimo sea de 1.5 a 2.5 veces el largo de la hoja topadora, este factor de aumento se considera para facilitar las maniobras de la maquinaria. Un factor de gran importancia que también determina el ancho de la celda, es el número de vehículos que puedan llegar al relleno sanitario en horas pico, el cual se estimó entre 2 y 3 vehículos a la vez.

Largo. Este valor lo determina la configuración topográfica del sitio ya que una vez conocida el área del terreno, podemos determinar la distribución y los largos de cada celda de operación más convenientes.

Talud. Es el plano inclinado de la celda donde se colocan los residuos, con el apoyo de los equipos compactadores. Su inclinación se especifica mediante un ángulo el cual se traduce mediante la relación de la distancia vertical y horizontal de dos puntos cualesquiera del talud, es recomendable que las celdas tengan un talud máximo de 3:1. El número de celdas que se podrán unir para formar una franja es variable, y depende de los residuos sólidos que ingresen al relleno sanitario y del tamaño y configuración del terreno. El sentido de su construcción ira de extremo a extremo y de la parte más baja a la parte más alta de la superficie en operación. Se considera de extremo a extremo a la longitud que presenta cada una de las fases en que se divide la operación del relleno sanitario.

El sitio de disposición final propuesto para la zona habitacional contará con una superficie total de **24,225.8 m²** de las cuales el 70% corresponde a la superficie donde se depositan los residuos y 30% el resto a obras de infraestructura. La categoría a la que corresponde, según la Tabla 1 presentada en la NOM-083-SEMARNAT-2003, es la C, que tiene un ingreso del rango de 10 y menor a 50 toneladas por día de RSU.

Figura V.1 Pasos para conformar la celda diaria.



V.8.1 Operación Diaria De Celdas En Relleno Sanitario.

Las celdas diarias son unidades básicas que sustentan, los rellenos sanitarios, sin esta estructura los rellenos sanitarios se vuelven inestables estructuralmente.

La recolección de los residuos será diaria con lo que el volumen esperado será el mismo por día.

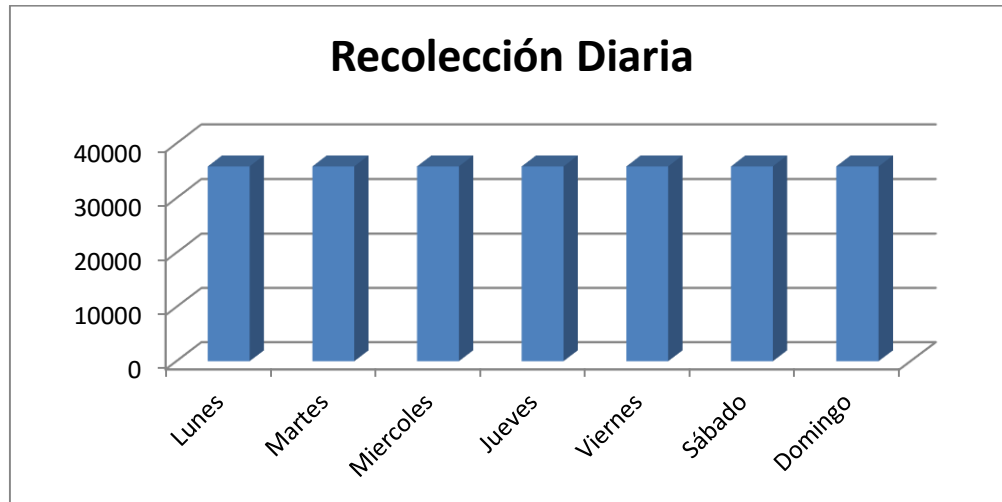


TABLA V.1 Volumen de Recolección Diaria.

La generación diaria de residuos sólidos que se tendrá en el caso de estudios es de 34.810 toneladas diarias, siendo el número de viajes y/o unidades las que tienen que atender y que se espera recibir los residuos en horas pico durante una jornada de trabajo, considerando los vehículos que efectuaran más de una entrada al relleno sanitario. El peso volumétrico de los residuos ya compactados por la maquinaria en el relleno sanitario se considera de 600 kg/m^3 . Considerando los datos anteriores se propone que la altura de la celda sea de 2.00 m, incluyendo la cubierta diaria.

El ancho del frente de trabajo de la celda se considera para el ancho máximo de la hoja topadora de la maquinaria y para el número de vehículos que llegarán en la hora pico.

El ancho máximo de la hoja topadora es de hasta 2.74 m. Aplicando el factor de 2.5 veces el ancho de la hoja topadora, nos da como resultado 6.85m de frente de trabajo como mínimo, sin embargo, se propone un ancho de 9.00 m, debido a que un vehículo recolector y/o de transferencia de residuos en promedio pueden ocupar un ancho de 2.45 m para descargar los residuos, dejando 0.35 m libres como separación entre cada vehículo, lo cual quiere decir que se podrán recibir tres vehículos al mismo tiempo cuando se tengan horas pico.

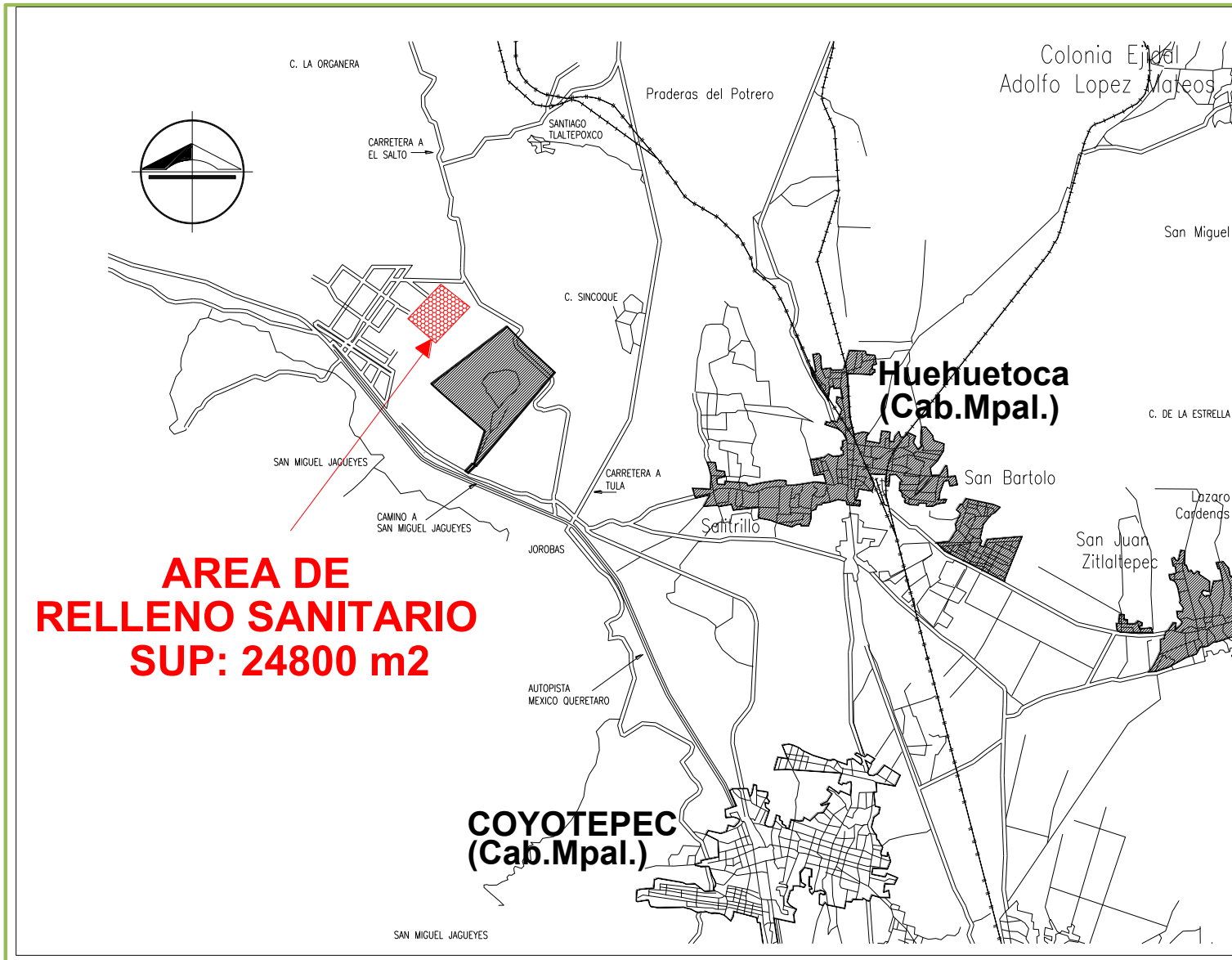


Figura V.9 “Área Propuesta para Relleno Sanitario”.

V.8.2 Diseño de Celda Diaria.

Se llama celda diaria a la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos y al material de cobertura (tierra) debidamente compactados mediante equipos mecánicos.

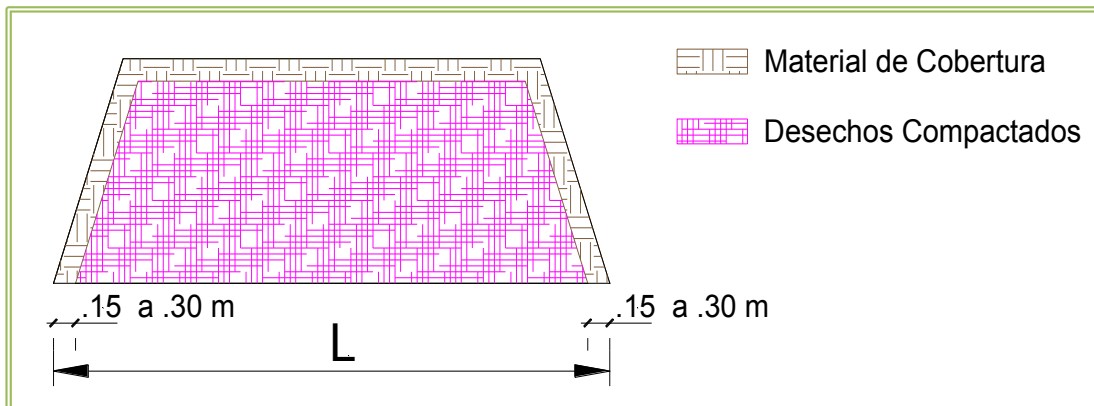
Las celdas se diseñan conociendo la cantidad de residuos sólidos recolectados diariamente que llegan al sitio de disposición final.

Material de cobertura:

Tierra necesaria que cubre los residuos después de haberlos depositados, esparcido y compactado; este material evita la proliferación de animales como ratas, insectos, mascotas y mosquitos, malos olores fuera del relleno sanitario.

Se recomienda un espesor de 15 a 30 cm compactados de tierra entre los niveles de celdas y de 60 cm compactados al final.

Figura V.10 “Conformación de una Celda”



Con ayuda de la tabla V.8 proponemos que el ancho del frente de trabajo de 8.00 m.

Tabla V.8 Ancho de frente de trabajo.

TONELADAS DIARIAS DE RESIDUOS	POTENCIA EN CABALLOS DE FUERZA (HP) DEL EQUIPO			LONGITUD DE LAS CUCHILLAS DEL EQUIPO (m)	ANCHO MINIMO DE LAS CELDAS (m)
	TRAXCAVO	BULLDOSER	CARGADOR DE NEUMATICOS		
20-50	<70	<80	<100	hasta 4.0	8
50-130	70-100	80-110	100-120	hasta 5.5	10
130-250	100-130	110-150	120-150	hasta 6.5	12
250-500	130-190	150-180	150-190	hasta 7.5	15

V.8.3 Diseño de franja.

Se le llama franja a un conjunto de celdas de un relleno sanitario que se encuentran en una misma capa o nivel. Cada celda del relleno se unirá con la celda del día siguiente y esta a su vez, con la del tercer día y así sucesivamente hasta formar una hilera de celdas que se denomina una franja.

Tomando en cuenta las franjas y capas programadas, se deben considerar las obras de infraestructura, tales como caminos de acceso y drenajes.

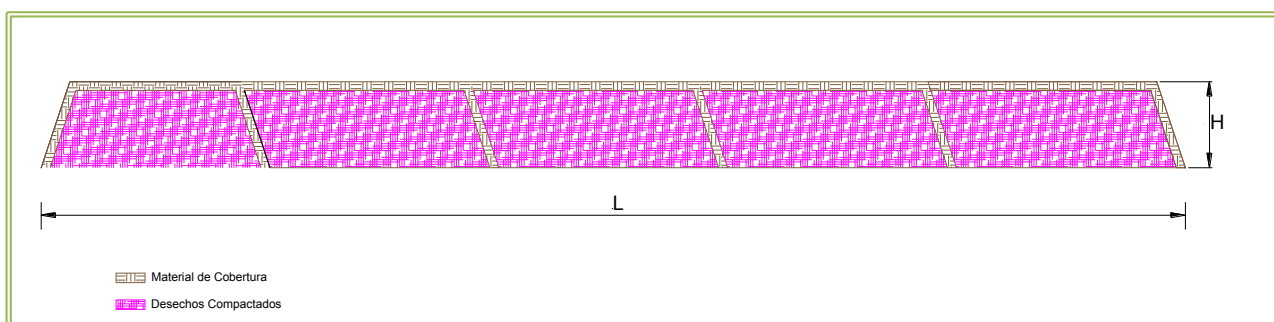
El diseño de las franjas, estará de acuerdo con la topografía de la localidad y su número dependerá de las dimensiones de la celda requerida diariamente para depositar los residuos sólidos.

Será variable el número de celdas que podrán unir para formar una franja, el sentido de su construcción será de extremo a extremo de la parte más alta a la superficie del relleno. Para su planeación las capas se dividirán en franjas por ocupar durante periodos estacionales o mensuales programando su uso.

Después de formar la franja, el equipo mecánico nivelara la altura de las celdas con material de cubierta con el fin de que la superficie tenga la misma pendiente que la de la capa.

En los planos que ubican la construcción del relleno con las capas, cada franja se numerara con dos subíndices; el primero indicará la capa correspondiente y el segundo la franja. El sentido de las franjas, se realizara de la parte más alta a la parte más baja.

Figura V.11 “conformación de una Franja”.



V.8.4 Diseño de Capas.

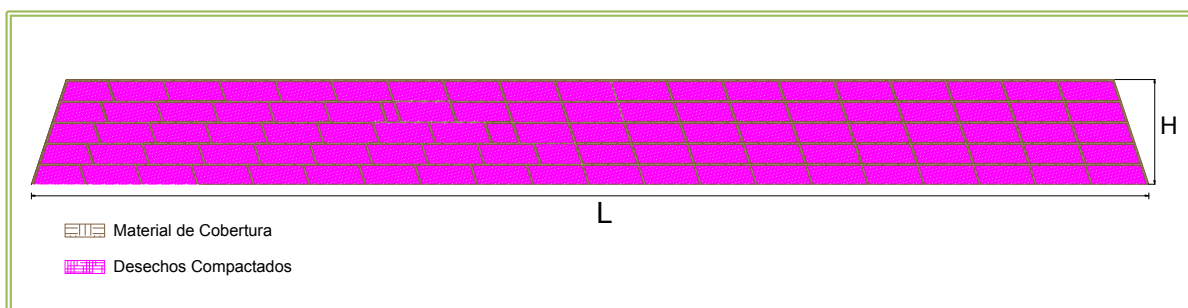
Se entiende por capa al conjunto de celdas que ocupan un mismo nivel en un relleno, las celdas se unen unas con otras para formar las franjas y estas al unirse forman lo que se denomina celda.

Las capas se diseñan considerando la altura del sitio disponible para el relleno y al ubicarse en el plano de construcción, se programan y se numeran de abajo hacia arriba usando los subíndices indicando capa y otro celda.

Las capas deberán tener una pendiente del 1% al 2% a partir del eje longitudinal de la capa, teniendo la precaución de no dejar al descubierto los residuos ya sea por acción de viento y/o escurrimiento de aguas pluviales.

El criterio para establecer el espesor de las capas estará en función de la altura de la celda, así como el tipo de material para cubierta.

Figura V.12 “Esquema final de Franjas, Capas y Celdas”



El sitio tiene una vida útil de 10 años, podemos ubicar 18 franjas (algunas varían sus dimensiones de longitud debido a la forma del terreno), teniendo en cuenta el mantener una distancia de ancho de frente de trabajo de 9.00 metros.

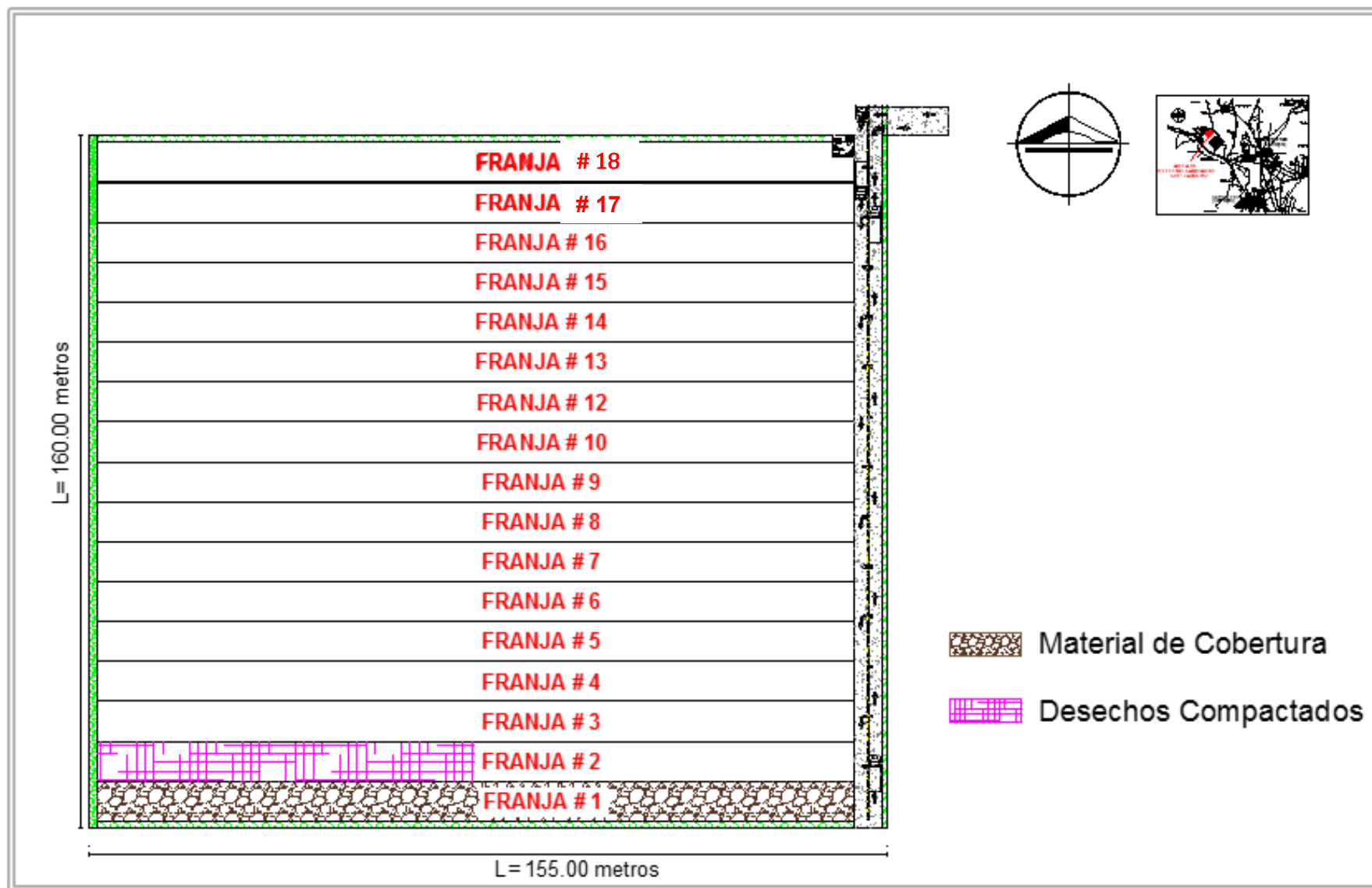


Figura V.12 “Distribución de franjas”

V.9 OBRAS COMPLEMENTARIAS

V.9.1 Malla Perimetral.

Es importante impedir el libre acceso de personas ajenas, animales domesticos, ganado, etc al relleno sanitario, ya que entorpecen la operación, destruyen las celdas y pueden contraer enfermedades y propagarlas en la zona.

Se propone que el perímetro del predio que ocupará el relleno sanitario sea delimitado por una cerca de malla ciclón. Las características de esta malla se muestran a continuación:

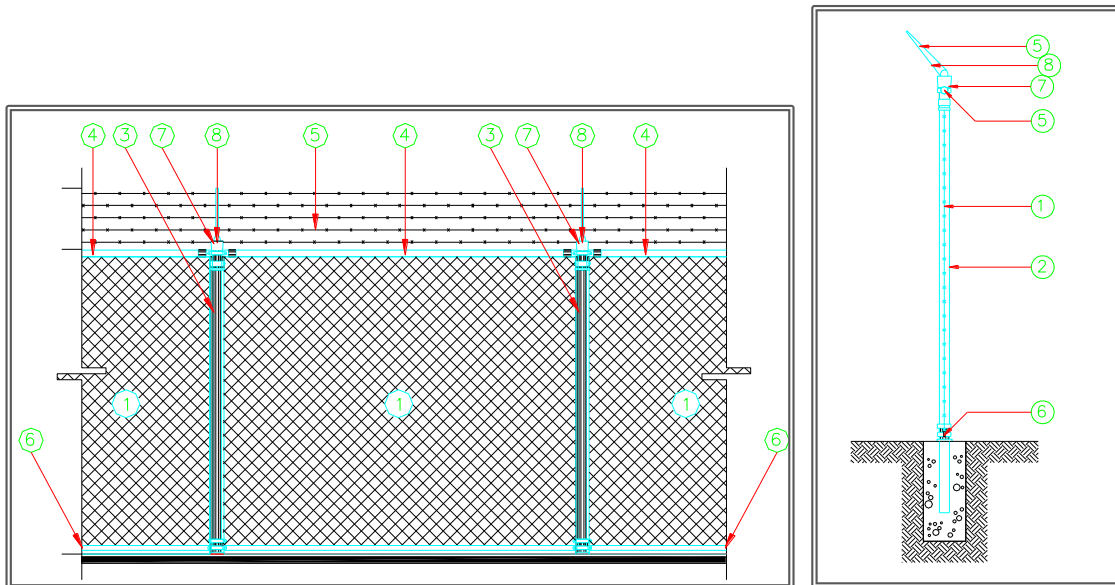


Figura V.13 “CORTE FRONTAL Y CORTE LATERAL EN MALLA CICLON”.

Detalle de malla perimetral.

- 1.- Malla de acero galvanizado Cal. 10.5 con abertura de 57 x 57 mm.
- 2.- Postes tubulares, de acero galbanizado Cal. 16 esquinero o arranque de 60 mm de diametro.
- 3.- Postes intermedio, Cal 18 de 60 mm de diametro.
- 4.- Poste Horizontal Cal. 14 de 40 mm de diamtetro.
- 5.- 5 hilos de alambre de pueas sujetos a espada simple con inclinación a 45°.
- 6.- solera galvanizada de 3/16” x 3/4”.
- 7.- capucha simple.
- 8.- espada simple.

V.9.2 Caseta de control de acceso vehicular.

La caseta de Control Vehicular, se encuentra localizada en la entrada principal del predio destinado a la disposición final de residuos sólidos. Esta pequeña Caseta controlará el acceso de camiones y automoviles al complejo.

Tiene una forma geometrica simple, su planta es cuadrangular para permitir una amplia visibilidad tanto interior como al exterior del conjunto para poder controlar el acceso de todos los vehículos que entran y salen del Relleno Sanitario.

La distribución de la caseta permite una mejor distribución de los espacios y aprovechamiento de la superficie construida, cuenta con un solo nivel, un sanitario área de guardado y vestidores. Cubre un área de 16.96 m² (4.30 x 4.30 m) una altura de 2.30 m. Esta construida sobre un firme de concreto armado de F'c= 150 kg/cm² y malla electrosoldada 10-10 6-6. Las paredes serán de block hueco y mortero cemento-arena, aplanado fino con acabado aparente y con Pintura VINYL acrílica línea premium, color blanco 2500 marca COMEX o equivalente. La cancelería será de aluminio color blanco y vidrios de 3mm de espesor. Estará equipada con muebles para baño; WC marca Ideal Estándar o similar.

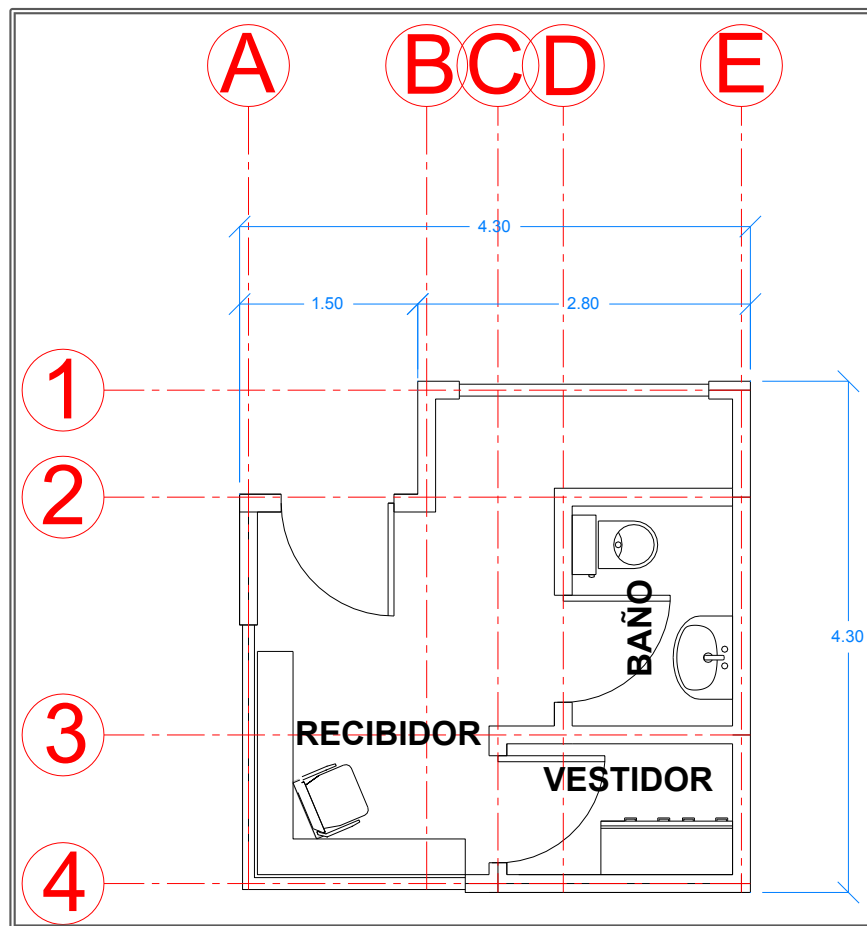


Figura V.14 "PLANTA DE CASETA DE CONTROL DE ACCESO VEHICULAR".

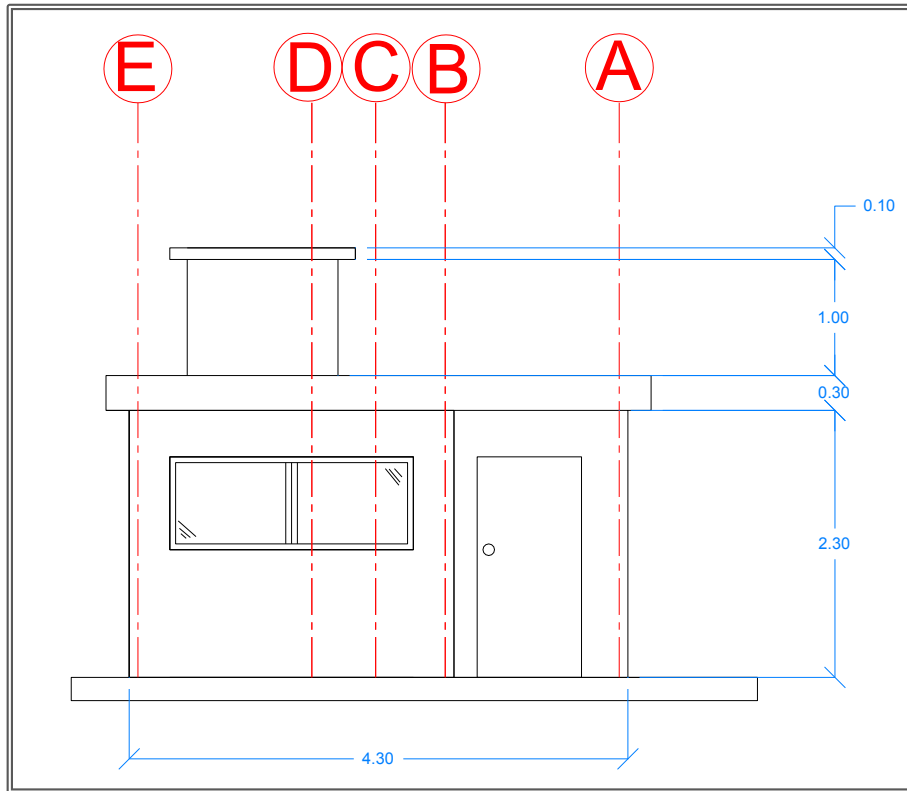


Figura V.15 "FACHADA EJE "1" CASETA DE CONTROL DE ACCESO VEHICULAR".

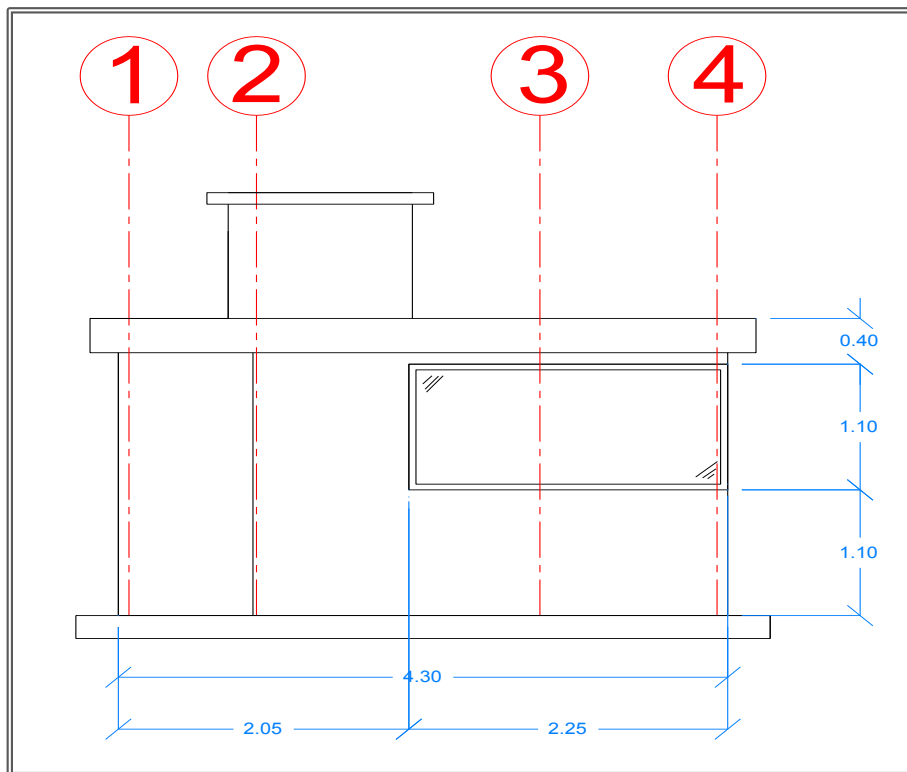


Figura V.16 "FACHADA EJE "A" CASETA DE CONTROL DE ACCESO VEHICULAR".

V.10 SISTEMA DE BIOGÁS.

El proceso de descomposición de los residuos sólidos en condiciones anaeróbicas es el resultado de la degradación bioquímica subproducto de la descomposición.

En un relleno sanitario de nueva creación la producción de biogás puede comenzar en varios meses, pero en rellenos sanitarios ya existentes se nota gradualmente una producción de biogás ya en un par de semanas.

En su mayoría, los residuos sólidos municipales están constituidos por materia orgánica, tal como, residuos vegetales, alimenticios, papel, madera, etc. Poseen una cantidad de materia orgánica del 40% al 60% de su composición.

La biodegradación de los residuos sólidos en la cual se producen gases, sigue un patrón de 5 etapas que a continuación se mencionan:

Primera etapa: el oxígeno que está presente entre los residuos sólidos, ocasiona que las sustancias de fácil biodegradación lo hagan.

Segunda etapa: organismos formadores de ácidos, procesos de fermentación y disminución del PH se hacen presentes. En estas condiciones el biogás está compuesto por CO₂ (dióxido de Carbono). Disminuye la presencia del oxígeno hasta su completa desaparición, comenzando aquí la etapa anaerobia.

Tercera etapa: se acelera la actividad microbiana iniciada la etapa anterior, comienza la producción de ácidos orgánicos y pequeñas cantidades de Hidrógeno.

Cuarta etapa: microorganismos convierten el ácido acético y gas de hidrógeno en metano CH₄ y dióxido de carbono CO₂. El metano alcanza su más alto nivel de producción con una concentración en el rango de un 40% a 60%.

Quinta etapa: la generación de gases se disminuye considerablemente ya que en estas instancias solo queda materia orgánica de degradación lenta.

V.10.1 Extracción De Biogás.

La extracción de biogás generado en los rellenos sanitarios se puede realizar mediante dos métodos:

Drenaje Activo. Consiste en utilizar un soplador de Aire, que por medio de tuberías está conectado a un sistema de pozos de captación de biogás. Sus elementos son:

- Colectores de Gas. Pozos de recolección conectados entre sí, por medio de tuberías.

- Punto de recolección. Puede ser un tanque de almacenamiento o un tubo a los cuales se dirige el biogás aspirado de los pozos.
- Separador de Agua. En los puntos de recolección puede que se consideren un % de los gases mediante un decantador que separara el agua del gas.
- Tubo de aspiración. Conducción de los gases hacia el soplador.
- Soplador. Genera succión para extraer los gases del relleno y presión para mandar los gases al incinerador o al tanque de almacenamiento.
- Antorcha. Unidad preparada para la combustión del biogás
- Incinerador. Equipo de aprovechamiento de energía, antorcha, equipos de tratamiento de gas.

Drenaje Pasivo. Su construcción es semejante a la de los sistemas activos, excepto su forma de extracción, ya que ésta se realiza de manera natural. El biogás generado se mueve en forma horizontal en las diferentes capas de basura. Se difunde por las capas de recubrimiento superior y por los taludes superiores que funcionan como filtro de biogás. Sus elementos pueden ser:

- Sistemas de Trincheras de Venteo (barrera). Consiste en una barrera interceptora rellena de grava que contiene un tubo horizontal perforado o ranurado. El tubo se conecta a ductos verticales que permiten la acumulación del biogás para ventearlo a la atmosfera.
- Quemadores y Venteos (captación). Son instalaciones sencillas de tubo colocado dentro del estrato de residuos sólidos para permitir el venteo del biogás a la atmosfera. Un sistema de quemadores pasivos es muy similar a un sistema de venteo, excepto que el gas se quema y es necesaria cierta infraestructura adicional para mantener la combustión.

El movimiento del biogás dentro de los estratos del relleno depende del espesor de los estratos, y edad de los residuos sólidos. Composición física de los residuos sólidos depositados. Permeabilidad del terreno y del material de cobertura. Características y clasificación del suelo adyacente al terreno. Porcentaje de compactación de los residuos y del material de cubierta.

La extracción de biogás generada en los rellenos sanitarios se lleva a cabo por los métodos mencionados anteriormente. De los dos métodos el drenaje pasivo es el menos costoso, pero el drenaje activo es el más eficiente.

Existen dos formas para construir los pozos de recolección de biogás, un tipo es el pozo con malla de acero y puntales de madera. El otro tipo son los pozos con tubos perforados.

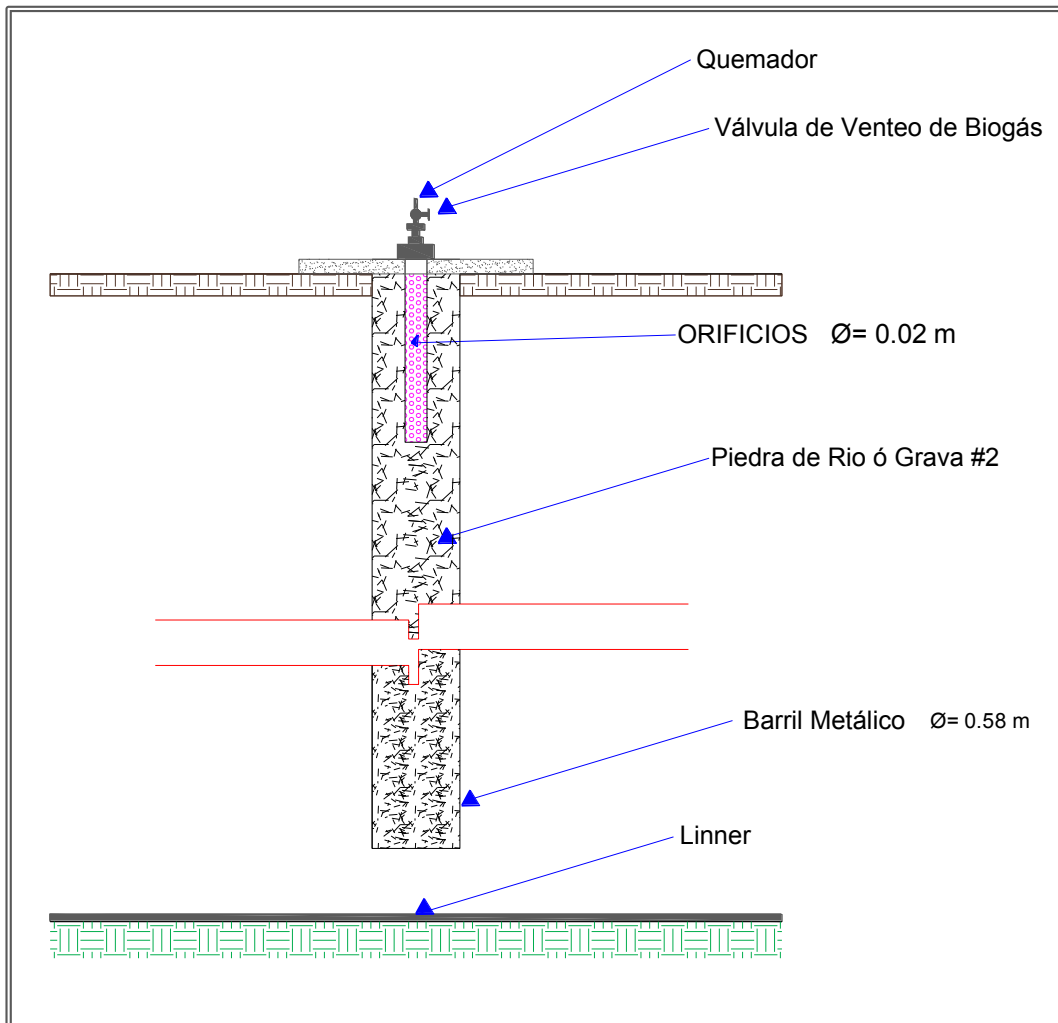


Figura V.17 “Detalle de Chimenea para Drenaje de Gases”.

Para el caso de estudio se propone la colocación de pozos con tubos perforados. Para este tipo de pozos se realizan perforaciones en las paredes del tubo, la superficie total de los orificios, debe ser un 10% de la superficie del tubo. Por último, se coloca la grava o piedra de río en el interior del barril metálico. El diámetro recomendado de los pozos es de **0.6 a 1.2 metros**. Se recomienda que los pozos se realicen de Tubo Plástico (polipropileno) con un diámetro de los orificios no mayor a **0.02 metros**.

Es importante que la grava o la piedra utilizada no contengan cal, porque se descompone fácilmente al tener contacto con los gases del relleno sanitario, se utilizará preferentemente grava con un diámetro **menor de 16 cm** lo que facilita la permeabilidad de los gases y a su vez evita el ingreso de materia sólida al interior del pozo. Para la colocación de los pozos en el relleno, las distancias que se recomiendan entre pozo y pozo es de 25 a 30 metros en rellenos manuales que

tienen celdas con alturas entre 8 metros, de 20 a 25 metros para rellenos compactados donde el cuerpo de la basura tiene una altura menor a 15 metros y para rellenos compactados donde los desechos sólidos tiene una altura mayor a 15 metros la distancia recomendada es de **15 a 20 metros**.

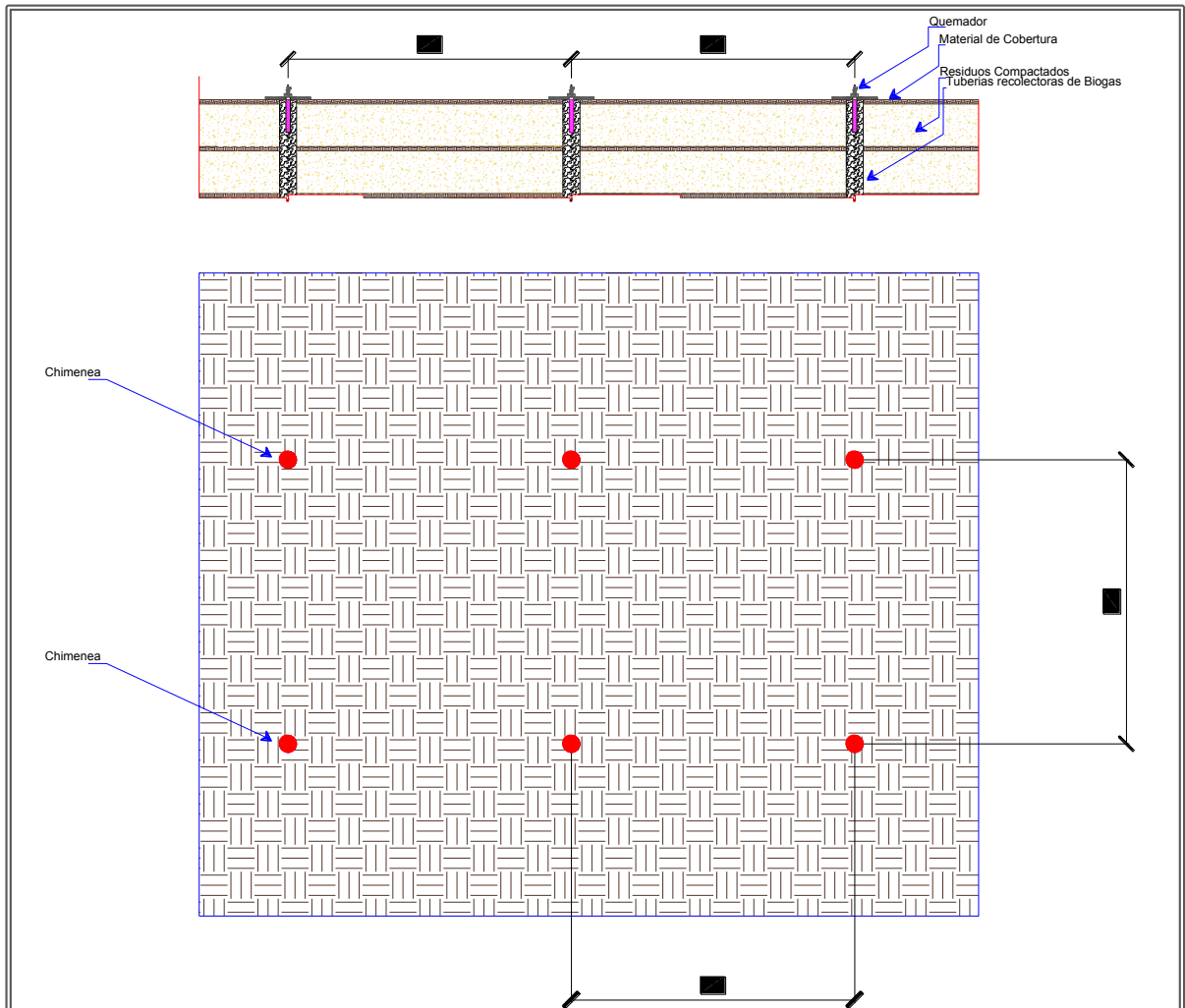


Figura V.18 “Distribución de Chimeneas de Biogás”.

Las emisiones de los gases a la atmosfera se tienen que estimar, tanto su concentración, como el flujo y la cantidad de biogás que se genera. Se han desarrollado varios modelos teóricos para estimar la tasa de generación que es alrededor de la mitad del total del volumen del biogás. Para el caso de estudio, se utilizó el **“MODELO MEXICANO DE BIOGÁS”** con el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

V.10.2 Modelo Mexicano De Biogás.

DISPOSICION Y RECUPERACION DE BIOGAS						
Año	Disposición de Residuos Estimada (Toneladas Métricas)	Toneladas Métricas Acumuladas	Eficiencia del Sistema de Captura	Recuperación Actual de Biogás (m ³ /hr a 50% CH ₄)	Recuperación Estimada (m ³ /hr a 50% CH ₄)	Línea Base de Recuperación de Biogás (m ³ /hr a 50% CH ₄)
2015	12,700	12,700	0%		0	0
2016	12,700	25,400	0%		0	0
2017	12,700	38,100	0%		0	0
2018	12,700	50,800	0%		0	0
2019	12,700	63,500	0%		0	0
2020	12,700	76,200	0%		0	0
2021	12,700	88,900	0%		0	0
2022	12,700	101,600	0%		0	0
2023	12,700	114,300	0%		0	0
2024	12,700	127,000	78%		83	0
2025	0	127,000	78%		89	0
2026	0	127,000	78%		79	0
2027	0	127,000	78%		70	0
2028	0	127,000	78%		63	0
2029	0	127,000	78%		57	0
2030	0	127,000	78%		51	0
2031	0	127,000	78%		46	0
2032	0	127,000	78%		42	0
2033	0	127,000	78%		38	0
2034	0	127,000	78%		35	0
2035	0	127,000	78%		32	0
2036	0	127,000	78%		30	0
2037	0	127,000	78%		27	0
2038	0	127,000	78%		25	0
2039	0	127,000	78%		24	0
2040	0	127,000	78%		22	0
2041	0	127,000	78%		20	0
2042	0	127,000	78%		19	0
2043	0	127,000	78%		18	0
2044	0	127,000	78%		17	0
2045	0	127,000	78%		16	0
2046	0	127,000	78%		15	0
2047	0	127,000	78%		14	0
2048	0	127,000	78%		14	0
2049	0	127,000	78%		13	0
2050	0	127,000	78%		12	0
2051	0	127,000	78%		12	0
2052	0	127,000	78%		11	0
2053	0	127,000	78%		11	0
2054	0	127,000	78%		10	0
2055	0	127,000	78%		10	0

Tabla V.9 "Disposición y Recuperación de Biogás".

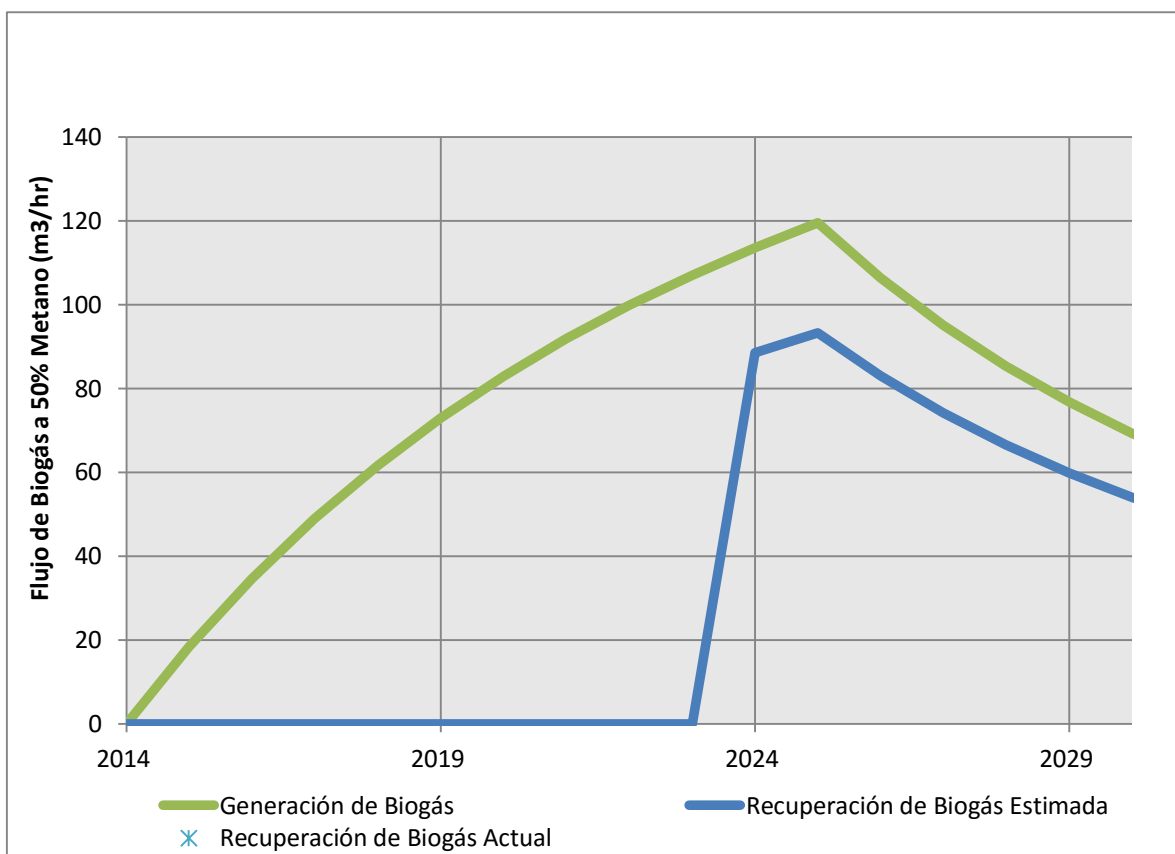
V.10.3 Proyecciones De Generación Y Recuperacion De Biogás En El Relleno Sanitario De “Urbi Villas Del Rey”, Huehuetoca, MÉXICO.

Año	Disposición (Mg/año)	Disposición Acumulada (Mg)	Generación de Biogás			Eficiencia del Sistema de Captura (%)	Recuperación de Biogás Estimada		
			(m3/hr)	(pies3/min)	(mmBtu/hr)		(m3/hr)	(pies3/min)	(mmBtu/hr)
2015	12700	12700	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	12700	25400	18.43	10.84	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	12700	38100	34.64	20.39	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00
2018	12700	50800	48.95	28.81	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00
2019	12700	63500	61.61	36.26	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00
2020	12700	76200	72.86	42.88	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00
2021	12700	88900	82.87	48.77	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00
2022	12700	101600	91.81	54.04	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00
2023	12700	114300	99.83	58.76	1.78	0.00	0.00	0.00	0.00
2024	12700	127000	107.04	63.00	1.91	0.78	83.49	49.14	1.49
2025	0	127000	113.56	66.84	2.03	0.78	88.57	52.13	1.58
2026	0	127000	101.03	59.46	1.81	0.78	78.80	46.38	1.41
2027	0	127000	90.18	53.08	1.61	0.78	70.34	41.40	1.26
2028	0	127000	80.76	47.53	1.44	0.78	62.99	37.08	1.13
2029	0	127000	72.57	42.71	1.30	0.78	56.61	33.32	1.01
2030	0	127000	65.44	38.52	1.17	0.78	51.04	30.04	0.91
2031	0	127000	59.22	34.86	1.06	0.78	46.19	27.19	0.83
2032	0	127000	53.78	31.65	0.96	0.78	41.95	24.69	0.75
2033	0	127000	49.01	28.85	0.88	0.78	38.23	22.50	0.68
2034	0	127000	44.82	26.38	0.80	0.78	34.96	20.58	0.62
2035	0	127000	41.13	24.21	0.74	0.78	32.08	18.88	0.57
2036	0	127000	37.87	22.29	0.68	0.78	29.54	17.39	0.53
2037	0	127000	34.99	20.59	0.63	0.78	27.29	16.06	0.49
2038	0	127000	32.42	19.08	0.58	0.78	25.29	14.89	0.45
2039	0	127000	30.14	17.74	0.54	0.78	23.51	13.84	0.42
2040	0	127000	28.10	16.54	0.50	0.78	21.92	12.90	0.39
2041	0	127000	26.27	15.46	0.47	0.78	20.49	12.06	0.37
2042	0	127000	24.62	14.49	0.44	0.78	19.20	11.30	0.34
2043	0	127000	23.13	13.61	0.41	0.78	18.04	10.62	0.32
2044	0	127000	21.78	12.82	0.39	0.78	16.99	10.00	0.30
2045	0	127000	20.56	12.10	0.37	0.78	16.04	9.44	0.29
2046	0	127000	19.44	11.44	0.35	0.78	15.17	8.93	0.27
2047	0	127000	18.42	10.84	0.33	0.78	14.37	8.46	0.26
2048	0	127000	17.48	10.29	0.31	0.78	13.64	8.03	0.24
2049	0	127000	16.62	9.78	0.30	0.78	12.96	7.63	0.23
2050	0	127000	15.82	9.31	0.28	0.78	12.34	7.26	0.22
2051	0	127000	15.09	8.88	0.27	0.78	11.77	6.93	0.21
2052	0	127000	14.40	8.48	0.26	0.78	11.23	6.61	0.20
2053	0	127000	13.76	8.10	0.25	0.78	10.73	6.32	0.19
2054	0	127000	13.16	7.75	0.24	0.78	10.27	6.04	0.18
2055	0	127000	12.61	7.42	0.23	0.78	9.83	5.79	0.18
2056	0	127000	12.08	7.11	0.22	0.78	9.42	5.55	0.17
2057	0	127000	11.59	6.82	0.21	0.78	9.04	5.32	0.16
2058	0	127000	11.12	6.55	0.20	0.78	8.68	5.11	0.16
2059	0	127000	10.68	6.29	0.19	0.78	8.33	4.90	0.15
2060	0	127000	10.27	6.04	0.18	0.78	8.01	4.71	0.14
2061	0	127000	9.87	5.81	0.18	0.78	7.70	4.53	0.14
2062	0	127000	9.50	5.59	0.17	0.78	7.41	4.36	0.13
2063	0	127000	9.14	5.38	0.16	0.78	7.13	4.20	0.13
2064	0	127000	8.81	5.18	0.16	0.78	6.87	4.04	0.12
2065	0	127000	8.48	4.99	0.15	0.78	6.62	3.90	0.12
2066	0	127000	8.18	4.81	0.15	0.78	6.38	3.75	0.11
2067	0	127000	7.88	4.64	0.14	0.78	6.15	3.62	0.11
2068	0	127000	7.60	4.47	0.14	0.78	5.93	3.49	0.11

Tabla V.10 “Proyecciones de Generación y recuperación de Biogás”.

El modelo mexicano de biogás puede ser utilizado para estimar la generación y la recuperación de Biogás en rellenos sanitarios en los que se cuenta o planea un sistema de recolección de Biogás. Este modelo considera como característica básica la degradación de los residuos.

- Degradación Rápida: alimento, residuos verdes, animales muertos, lodos, pañales, etc. = 47.5%.
- Degradación Media: papel = 19.6%.
- Degradación Baja: madera, textiles, piel = 5.8%.
- Degradación media de inorgánicos: plásticos, vidrio, metales, desechos de construcción y demolición= 27.00%.



GRAFICA V.1 Generación y Recuperación de Biogás.

Una vez que se obtuvo la proyección de la generación de biogás en el relleno sanitario con el modelo mexicano de biogás, se sabe que la generación de Biogás se hace presente desde el primer año de funcionamiento del relleno sanitario (2014) y aun después de su clausura se sigue teniendo producción, con la posibilidad de utilizar este producto como generador de energía, lo cual necesitaría el equipamiento necesario que le permita transformar el gas en energía eléctrica y así hacer sustentable al relleno.

El total del biogás producido es normalmente mayor a lo que se consigue en la práctica, ya que en esta estimación se considera una conversión total de material biodegradable dispuesta en el relleno sanitario, caso que se obtiene difícilmente en la práctica.

Se propuso un sistema Pasivo de Control de Biogás, que consiste en la construcción de pozos de extracción, venteo y combustión de los gases producidos. Estos pozos están hechos con barriles de 200 litros unidos en forma vertical, cuentan con orificios en todo su perímetro para captar el biogás generado. Dentro de estos barriles se colocará piedra o grava de 2" siendo colocados desde la primera celda hasta la última dejando la preparación necesaria para adaptar el quemador de gas. Los pozos están ubicados con una distancia de separación de 20 m entre cada uno como se muestra en la figura V.18.

También se propone una capa impermeable con una geo membrana sintética de 0.0030 metros de espesor con drenaje de lixiviados (líquidos pre colados) para evitar la infiltración de estos en el subsuelo generando un peligro y contaminación de los mantos freáticos, funcionando también como prevención de migración de Biogás a través del subsuelo.

V.11 CONTROL DE LIXIVIADOS.

Los residuos sólidos al ser compactados especialmente los residuos orgánicos, liberan agua y líquidos contenidos en su interior el que escurre hacia la base de la celda. Por otra parte la descomposición anaeróbica rápidamente comienza a actuar en el relleno sanitario, produciendo cambios en la materia orgánica, primero de sólido a líquido y luego de líquido a gas, pero es la fase de licuefacción la que ayuda a incrementar el contenido de líquido en el relleno y a la vez su potencial contaminante. En ese momento se considera que los desechos están completamente saturados y cualquier infiltrante en el relleno, lixiviará a través de los desechos orgánicos en solución. Esta mezcla heterogénea de un elevado potencial contaminante es lo que se denomina lixiviados o líquidos percolados.

Se requiere de un drenaje que conduzca los líquidos percolados a través de un mecanismo de infiltración extendido sobre la superficie de la base del relleno.

El control de lixiviados en un relleno sanitario es necesario ya que si no se maneja de manera adecuada se corre el riesgo de contaminar el subsuelo sobre el que se conformará el relleno sanitario, corriendo el riesgo de contaminar los mantos freáticos.

Debido a lo anterior es necesario proteger el área de contacto del relleno con el subsuelo y con esto se protegerán las aguas superficiales. Existen dos formas de hacerlo:

- **METODO NATURAL:** consiste en aprovechar las propiedades Fisicoquímicas del suelo donde se ubica el relleno sanitario y evitar la contaminación.
Los sitios con alto contenido de arcillas (entre 0.30 y 1.00 metros de espesor) y/o con capas impermeables a poca profundidad son mejores.
- **METODO ARTIFICIAL:** consiste en colocar materiales naturales o artificiales con el fin de evitar la entrada de los líquidos percolados a las aguas subterráneas para minimizar su poder contaminante.
El material empleado es de arcillas compactadas en la base del terreno con espesor de capas de 20 a 60 centímetros y con la humedad óptima. Los materiales artificiales o sintéticos utilizados para la impermeabilización de la superficie usualmente son el hule, polietileno y PVC (Cloruro de Polivinilo), estos materiales se asientan sobre una base de arena nivelada inferior y otra superior.

La generación de lixiviados es de los factores más importantes y requiere de mayor atención durante el diseño del relleno debido al peligro que representan estos líquidos. Los lixiviados pueden ser minimizados manteniendo los líquidos fuera del relleno sanitario y aumentando la compactación de los residuos.

La composición química de los lixiviados, depende del tipo de residuos sujetos a lixiviación. Los lixiviados “nuevos” contienen mayor carga orgánica y es baja en su concentración de materiales pesados; los lixiviados “viejos” se encuentran estancados por tiempos largos, tienen una mayor concentración de metales pesados y su carga orgánica es menor.

La legislación (en nuestro país) requiere que los lixiviados que hayan sido generados, se recolecten y traten para su disposición final. Esto da como resultado la exigencia de dos o más capas de impermeabilización en el fondo de los rellenos.

El mecanismo de drenaje de lixiviados que se aplicará será:

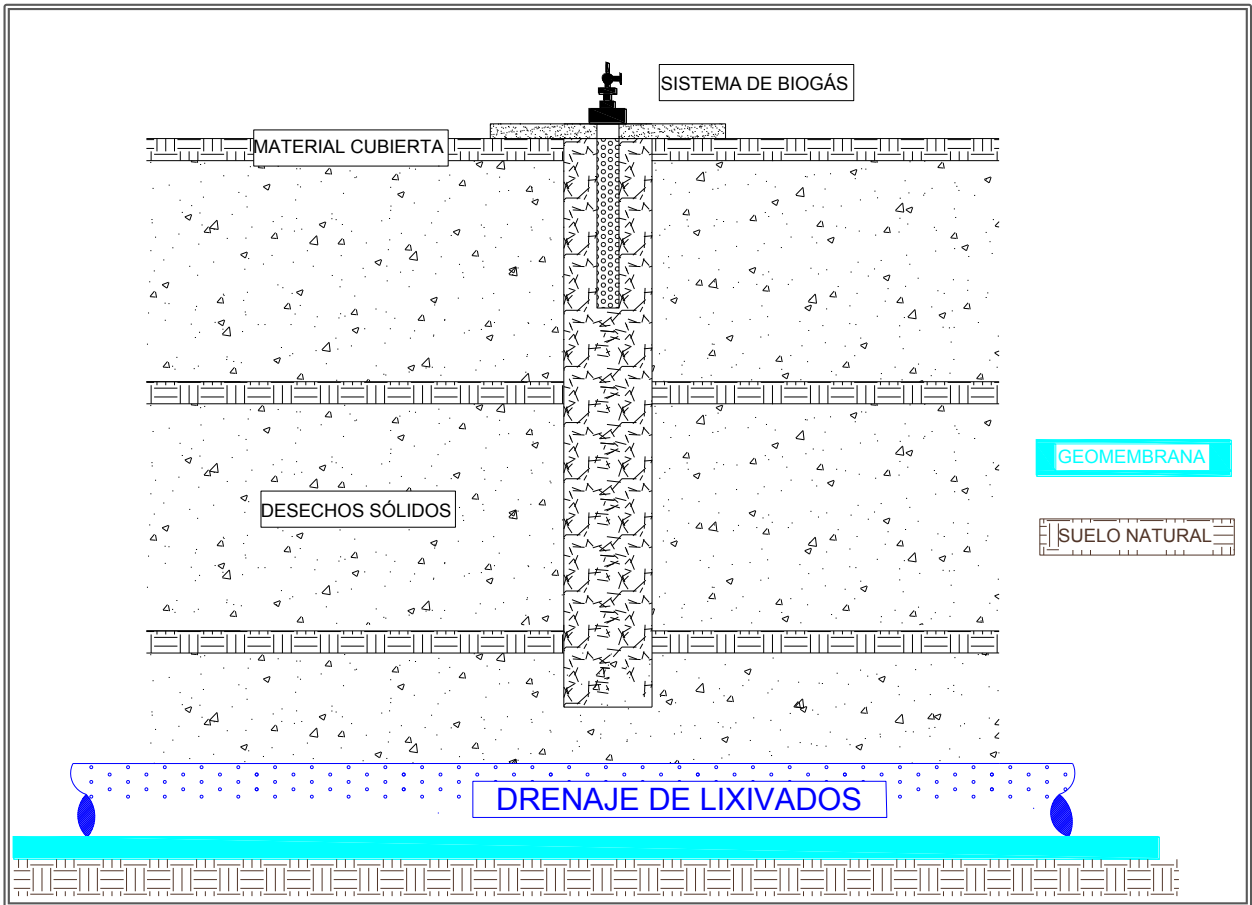


Figura V.19 "Sistema de Drenaje para Lixiviados".

CONCLUSIONES.

Uno de los objetivos del relleno sanitario propuesto es evitar el crecimiento del tiradero a cielo abierto que se encuentra en Jorobas Huehuetoca Estado de México. Este tiradero esta fuera de toda normatividad y no cuenta con ningún tipo de control, poniendo en riesgo la salud de la población al encontrarse muy cerca de la mancha urbana aproximadamente 100 metros del fraccionamiento Santa Teresa.

La NOM-083-SEMARNAT-2003. establece que la clasificación del relleno sanitario que se necesita para la unidad habitacional "URBI VILLAS DEL REY" ubicado en Huehuetoca Estado de México, debe de ser de tipo "C" ya que recibirá un volumen de 35 ton/día a lo largo de su vida útil. La ubicación del sitio de disposición final se propuso con base a lo establecido a la misma norma, la cual busca que no haya afectaciones a la población, al manto freático y que al final de su vida útil sea utilizado como área verde de recreación. El relleno sanitario propuesto cumple con los puntos que marca la normatividad entre los cuales se puede mencionar que se encuentra alejado a 15.61 km del helipuerto de las instalaciones de la Secretaria de Defensa Nacional (SEDENA). Se encuentra fuera de las áreas naturales protegidas, se encuentra 4.5 km respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo. En cuanto a pozos de extracción de agua actualmente activos está a 2.20 km de distancia el más cercano.

El lugar seleccionado ubicado en el municipio de Huehuetoca cumple con los requerimientos básicos para funcionar como punto de disposición final de los desechos sólidos. El terreno que ocupará el sitio de disposición final, presenta una topografía con una pendiente de entre el 5% y un 15%, el área disponible se encuentra a una distancia corta en relación a las rutas de recolección para que los recorridos de los camiones recolectores no pierdan tiempo al realizar su trayecto. El predio propuesto se ubica suficiente mente alejado para no generar molestias a la población a servir. El acceso al relleno contará con caminos habilitados para el transito libre y fluido de los camiones para evitar demoras y no entorpecer los ciclos de recolección. El área requerida para el relleno se calcula de 2.5 hectáreas en las que se dispondrán los residuos sólidos, así como las vías de acceso, las edificaciones necesarias para su correcto funcionamiento (obras complementarias) que la NOM-083-SEMARNAT-2003 marca como requeridos.

Para el relleno sanitario propuesto se utilizará el método de franjas y celdas diarias, pues es el método que mejor se adapta a las condiciones topográficas del terreno, el material de cobertura que se encuentra disponible en el sitio se obtendrá de la excavación de las mismas celdas, por lo que según las condiciones de generación y el área disponible podemos ubicar 18 franjas con un ancho de frente de trabajo de

9.00 m y un largo de 166 m. Tiene una vida útil de 10 años, la cual podrá alargarse implementando métodos y programas de reciclaje, reduciendo la cantidad de residuos que recibirá el relleno.

Actualmente el servicio de recolección de Residuos Sólidos en el fraccionamiento Urbi Villas del Rey se realiza de manera aleatoria e inconsistente, no cubre a toda la población y presenta problemas en la frecuencia de recolección. Para mitigar esta problemática se propone que la frecuencia de recolección sea diaria para evitar la acumulación de residuos en las casas habitación. Se fracciona en 6 sectores de recolección el área comprendida por la unidad habitacional, con una cuadrilla de 9 personas que se encargarán de realizar la recolección de los residuos, cubriendo el 100% de la población a atender. Se utilizarán para la recolección de los residuos camiones marca CEMSA -RD.130 con cargador trasero y una capacidad de 12 m³ ó 6,000 kg. Así mismo para el servicio de barrido de calles se proponen 20 sectores que serán atendidos por el personal que será asignado para realizar esta tarea. Cada sector tendrá 1 persona equipada con su carrito recolector de basura y las herramientas necesarias para la correcta ejecución de la actividad. Con esto serán barridas el 100% de calles y avenidas que conforman la unidad habitacional “Urbi Villas del Rey”.

Las formaciones de los gases por la descomposición de la materia orgánica serán colectadas a través de cavidades llamadas chimeneas que se distribuirán a cada 20 metros entre sí en la parte de las terrazas (parte superior de cada celda) y debido al carácter volátil y carburante de los gases, estos se quemarán, evitando que escapen antes de ser tratados ya que al combinarse con la atmósfera forman compuestos contaminantes más complejos.

El horario de operación del relleno sanitario, es establecido tomando en consideración el sistema de recolección y transporte de los municipios a servir. El servicio del sitio de disposición final se propone de las 8 horas a las 18 horas. El horario de operación puede ser modificado, basándose en la cantidad de residuos sólidos por recibir durante una determinada época. Es necesario que el personal llegue a las instalaciones para preparar el equipo y el área de trabajo en donde se recibirán oportunamente a los vehículos recolectores. A través de la operación del sitio se pueden ir ajustando las horas y los días picos de operación.

La función de compactación demanda atención especial, debido a sus efectos a corto y largo plazo sobre la operación del relleno. El equipo pesado deberá por lo menos dar de tres a cuatro pasadas a los residuos procurando capas de no más de 0.60 m. En la operación del relleno sanitario, el movimiento de la masa de desperdicios generados, se convierte en un problema de volumen a enterrar, es por eso que un punto de suma importancia a considerar es la compactación, ya que si

se realiza una buena compactación, se le da una mayor vida útil al relleno sanitario, además de conseguir los siguientes beneficios: más residuos en menos espacio, reducción en la cantidad de material de cobertura, disminuye hundimientos, minimización de la proliferación de insectos y roedores, disminución en el riesgo de incendios, y superficies más firmes. La compactación que deberá obtenerse en las celdas de acuerdo a las recomendaciones de la NOM-083-SEMRNAT-2003 para sitios de disposición final tipo "C" deberá de ser mayor a 400 kg/m³.

El relleno sanitario cumplirá con la normatividad establecida por las autoridades sólo si se garantiza el cumplimiento de las actividades establecidas en el manual de relleno.

Se debe incentivar a la población a un proceso de manejo y reducción de los desechos mediante campañas, a través de medios de comunicación locales para recuperar, rehusar y reciclar y así reducir la cantidad de residuos domiciliarios que se generen.

Un requisito indispensable en la construcción, operación y funcionamiento de los rellenos sanitarios es una constante supervisión y control de todas las actividades que se realizarán, así como el frente de trabajo, es por eso que se hace necesario personal que dirija y oriente las operaciones.

BIBLIOGRAFIA.

- ✚ SEMARNAT y GTZ (2005) “Guía para la realización de planes de regularización conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003”
- ✚ SEMARNAT y GTZ (2006) “Manual para la supervisión y control de rellenos sanitarios”.
- ✚ SEDESOL (2004) “Manual para la operación de rellenos sanitarios”
- ✚ SEDESOL (2004) “Manual para la rehabilitación y clausura de tiraderos a cielo abierto”
- ✚ SEDESOL (1997) “Manual para el Diseño de Rutas de Recolección de residuos sólidos Municipales”
- ✚ Universidad de Antioquia (2002) “Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales”.
- ✚ Carlos Eduardo Melenez (2004) Guía practica para la operación de celdas diarias en rellenos sanitarios pequeños y medianos”.
- ✚ SEDESOL, IIE y CONAE (2009) “Manual de Usuario Modelo Mexicano de Biogás versión 2.0”.
- ✚ Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2002) “Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales”.
- ✚ Poder Ejecutivo del Gobierno (2007) “Gaceta del Gobierno”.
- ✚ H. Ayuntamiento de Huehuetoca (2007) “Plan municipal de Desarrollo Urbano”.
- ✚ Gobierno del Estado de México (2011) “Estadística Básica Municipal del Estado”.
- ✚ SEMARNAT (2002) “Guía para la gestión Integral de los residuos sólidos municipales”.
- ✚ SEDESOL (2002) Manual técnico sobre la generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales”.
- ✚ SEMARNAT “Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003”
- ✚ SEMARNAT (2006) “Diagnostico Básico para la Gestión Integral de Residuos”

GLOSARIO

Glosario de Términos con el propósito de asegurar una mejor comprensión de los diferentes temas discutidos en el presente documento, se consideró de suma importancia agregar un glosario de términos técnicos, relacionados con la disposición final de los residuos sólidos municipales.

Agua freática: Aguas subterráneas localizadas sobre una capa impermeable.

Agua subterránea: Agua debajo de la superficie terrestre y localizada entre suelo saturado y el lecho rocoso.

Almacenamiento: Acción de retener residuos mientras no sean integrados a alguna de las etapas del sistema de manejo de residuos sólidos.

Ambiente: El conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinado.

Abundamiento: Es el aumento que tiene en cuanto al volumen, el material una vez que se modifica su estado original. Por ejemplo: el material de cubierta en banco tiene un volumen igual a 1, excavado sin compactar tiene un volumen igual a 1.3.

Aerobio: Proceso bioquímico o condición ambiental que tiene lugar en presencia de oxígeno. También se identifica así los microorganismos que viven bajo esas condiciones.

Anaerobio: Proceso bioquímico que ocurre en ausencia de oxígeno. También se nombra con este Término a los microorganismos que no requieren oxígeno para vivir.

Bacteria: Organismos microscópicos unicelulares con paredes celulares rígidas. Estas pueden ser aerobias, anaerobias, o anaerobias facultativas; algunas de ellas pueden causar enfermedades; y otras son importantes en los procesos de estabilización y conversión de residuos sólidos.

Biodegradable: Cualidad que tiene la mayor parte de la materia de tipo orgánico para ser metabolizada por medios biológicos.

Biogás: Es una mezcla de gases de bajo peso molecular (CH₄ y CO₂, etc.) producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.

Biomasa: Cantidad de materia viva en el ambiente.

Bióxido de carbono: Gas cuya fórmula es CO₂. Es un gas incoloro, más pesado que el aire. Altamente soluble en el agua formando soluciones de ácidos débiles corrosivos no flamable. Se produce durante la degradación térmica y descomposición microbiana de los residuos sólidos y contribuye al calentamiento de la superficie terrestre.

Celdas: Es la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos municipales y al material de cubierta, debidamente compactados.

Clausura: Suspensión definitiva o temporal de las actividades el sitio de disposición final. Sellado del área de relleno por haber concluido la vida útil del sitio.

Compactación: Operación unitaria usada para incrementar el peso específico (densidad) de los materiales, para que puedan ser manejados, almacenados y transportados más eficientemente.

Compactador: Cualquier equipo mecánico diseñado para compactar y así de este modo reducir el volumen de los materiales.

Composición: Conjunto de materiales identificados como residuos sólidos, categorizados en grupos de residuos y tipos de residuos.

Contaminante: Todo elemento, materia, substancia, compuesto, así como toda forma de energía térmica, radiante ionizante o vibratoria que al incorporarse o actuar en cualquier elemento del medio físico, altera o modifica su estado y composición o bien, afectan la flora, la fauna o la salud humana. Debe entenderse como medio físico al suelo, aire y agua. **Contenedor.** Recipiente en el que se depositan los residuos sólidos para su almacenamiento o transporte.

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

Degradable: Cualidad que presentan determinadas substancias o compuestos para descomponerse gradualmente por medios físicos, químicos o biológicos.

Densidad: Masa o cantidad de materia de un determinado residuo sólido, contenido en una unidad de volumen.

Descomposición: El decaimiento de los residuos orgánicos por medios bacterianos, químicos o térmicos.

Dren: Estructura que sirve para el saneamiento y eliminación del exceso de humedad en las superficies.

Ecosistema: Un sistema formado por una comunidad de seres vivos y su ambiente químico y físico con el que interactúan.

Emisión: Descarga de una sustancia a algún elemento del ambiente.

Esguerrimiento: Es el agua pluvial que no se infiltra y no se evapora, pero tampoco se estanca.

Generación: Cantidad de residuos sólidos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo.

Generador.

Polietileno de alta densidad: Un plástico reciclable, utilizado para la fabricación de diversos artículos como envases para leche, detergentes, bebidas, etc.

Impacto ambiental: Modificación del ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza.

Impermeable: Limita el movimiento de los productos a través de la superficie.

Índice de generación: Total de toneladas producidas, por unidad de tiempo y divididas por el número de habitantes. La generación per cápita anual es el total de toneladas generadas en un año divididas por la población de residentes del área.

Infiltración: Es la entrada de agua a los estrados de suelo o residuos sólidos.

Instalación para disposición final: Un conjunto de equipos y área de terreno que se utilizan para la recepción de residuos y su disposición. La instalación puede incorporar uno o más métodos de disposición.

Lixiviado o percolado: El líquido infiltrado y drenado a través de los residuos sólidos y que contiene materiales de solución o suspensión, provenientes de los mismos residuos o de su descomposición.

Material de cubierta: Capa de suelo u otro material utilizado para cubrir los residuos sólidos y que tiene como finalidad controlar infiltraciones y emanaciones, la dispersión de residuos y el ingreso o egreso de fauna nociva en un relleno sanitario. Mejoramiento.

Metano: Gas que constituye el primer término de la serie de los hidrocarburos saturados. Es un gas incoloro, más ligero que el aire, poco soluble en el agua y tiene por fórmula CH₄. Es el más simple de todos los compuestos orgánicos, lo cual explica su abundancia en la naturaleza, ya que se desprende de los materiales

orgánicos en estado de descomposición. El metano se forma por combinación del hidrógeno con el carbono, es poco oloroso, se consume como combustible.

Nivel freático: Es la profundidad a la que se encuentran las aguas freáticas, este nivel baja en tiempo de secas y sube en tiempo de lluvias.

Operador: Persona física o moral, privada o pública, responsable del funcionamiento del sistema de manejo de residuos o una parte del mismo.

Peligroso: Una o más características que una sustancia o una combinación de sustancias posee y que la identifica como un material peligroso.

Es el porcentaje de vacíos en el volumen total de una muestra o bien, el cociente del volumen que puede ser ocupado por agua entre el volumen total.

Relleno Sanitario: Método de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos municipales, los cuales se depositan, esparcen y compactan al menor volumen práctico posible y se cubren con una capa de tierra, al término de las operaciones del día. También se le llama así, al sitio destinado a la disposición de residuos mediante éste método.

Residuo: Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización o tratamiento, cuya calidad no permite incluirlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Residuo sólido: Cualquiera material que posea suficiente consistencia para no fluir por sí mismo.

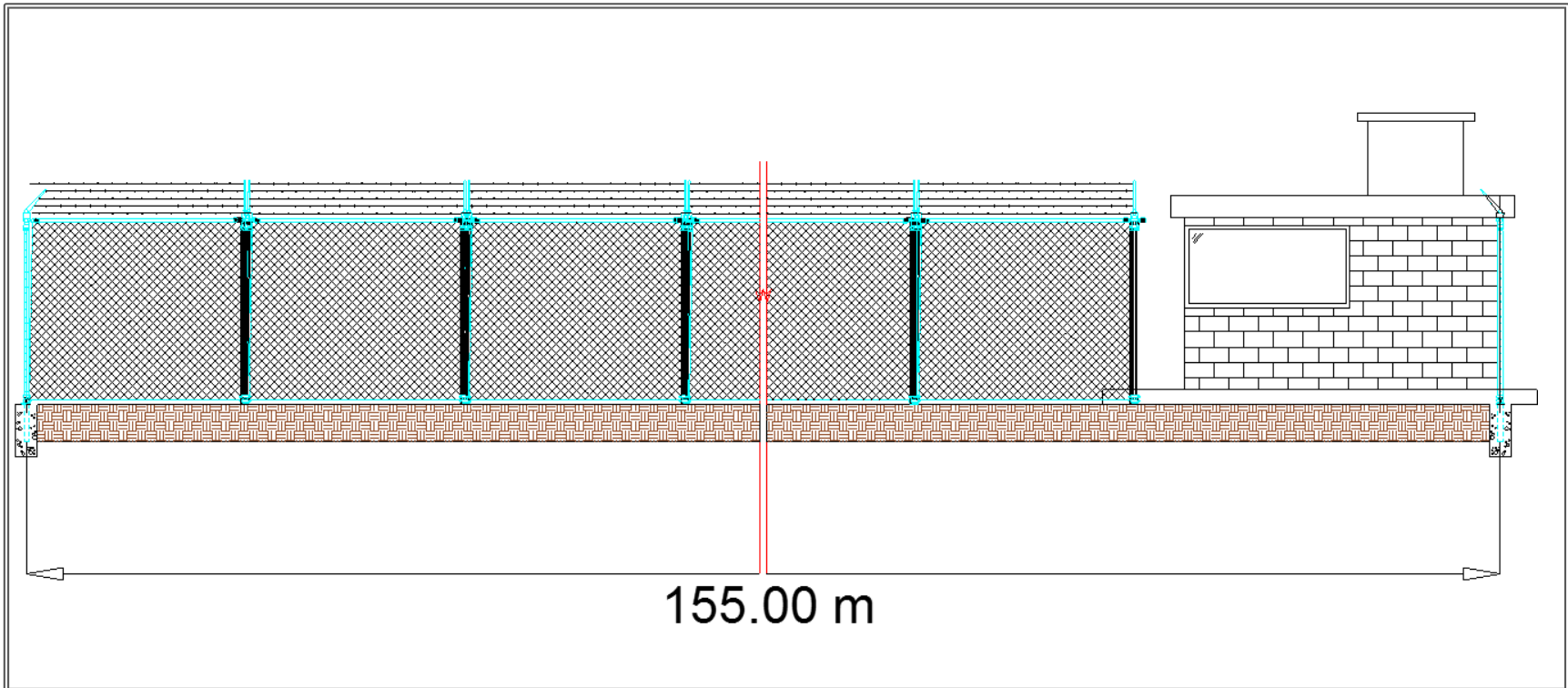
Tiradero a cielo abierto: Sitio en donde son vertidos y mezclados diversos tipos de residuos sin ningún control o protección al ambiente.

Vida útil: Es el período de tiempo en que el Relleno Sanitario, será apto para recibir basura continuamente. El volumen de basura y tierra depositados en ese período, es igual al vacío entre la superficie final del relleno.

Volumen: Medidas tridimensionales de la capacidad de una región o espacio de un contenedor. El volumen es comúnmente expresado en términos de metros cúbicos. El volumen no es expresado normalmente en términos de masa o peso.

CORTES Y PLANTAS DE SITIO DE DISPOSICION FINAL.

- Corte Vertical.



➤ Corte Horizontal.

