

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

**ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
EN PARRAS DE LA FUENTE, COAHUILA, MÉXICO**

Por:

ALMA DELIA GÓMEZ GUTIÉRREZ

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentado como Requisito para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
EN PARRAS DE LA FUENTE, COAHUILA, MÉXICO

POR:

ALMA DELIA GÓMEZ GUTIÉRREZ

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador, como requisito parcial
para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

APROBADA

ASESOR PRINCIPAL


M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

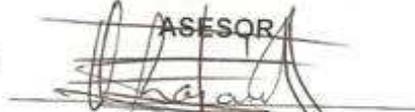
ASESOR


Dr. Alejandro Zárate Lupercio

ASESOR


Dr. Luis Miguel Lasso Mendoza

ASESOR


Dr. Emilio Rascón Alvarado

Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
EN PARRAS DE LA FUENTE, COAHUILA, MÉXICO

POR:

ALMA DELIA GÓMEZ GUTIÉRREZ

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador, como requisito parcial
para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

APROBADA



M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinador de la División de Ingeniería

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de terminar mis estudios y crear en mí una infinita fe en mi santo San Judas Tadeo, que fue el motivo más grande para salir adelante y luchar contra la adversidad.

A MI HIJA: Fernanda, que me dio la fortaleza para luchar por encima de todo.

A MI ESPOSO: Felipe, que con su apoyo incondicional junto a mi supo darme palabras de aliento cuando lo necesite.

A MIS PADRES: Luciana e Inocencio gracias por ser los mejores padres por crear en mí una persona de carácter fuerte aunque débil de sentimientos, porque sin sus consejos no hubiera podido lograrlo. Siempre estaré agradecida con Dios por haberlos puesto en mi vida. LOS AMO

A MIS HERMANOS: Silvia, que fuiste como un segundo padre para mí por apoyarme siempre y cumplir mis caprichos **Guadalupe**, sabes que te quiero y que tú fuiste mi ejemplo a seguir estoy orgullosa de ti, **Kimberly y Ulises** que de alguna manera me dieron su apoyo incondicional, y me motivaron a levantarme cuando caí porque me hicieron comprender que debía enseñarles algo bueno..

A MIS MAESTROS: al Dr. Luis Miguel Lasso Mendoza, por su apoyo y sus sabios consejos y por saber escucharme, al Dr. Emilio Rascón, por tener la paciencia para ayudarme, y a todos y cada uno de los integrantes del departamento de ciencias del suelo que de alguna forma me apoyaron.

AL DR. Alejandro Zárate Lupercio por darme la oportunidad de participar en este proyecto y por darme la confianza de servir como profesionalista.

A MIS AMIGOS: Catalina, Mario que aun estando lejos de mí siempre se acordaron de darme ánimo para seguir. A Mayra, Nalleli, Elizabeth por estar Conmigo, en las buenas y en las malas. A Rebeca y Georgina por abrirme las puertas de su casa desde el inicio de mi carrera y seguir apoyándome.

DEDICATORIA

A MI ALMA MATER, por darme la oportunidad de pertenecer a ella y forjar en mí grandes valores, por llevarme por el camino del conocimiento. Siempre estaré orgullosa de ser parte de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.

A MI HIJA (Fernanda) por ser un pilar en mi vida por que sin su existencia esto no hubiese tenido sentido esto es por ti mi niña linda te amo.

Y en especial a mis padres (**Luciana e Inocencio**) por enseñarme a salir adelante, a levantarme cuando me encontré caída, por tener un gran corazón. Les agradezco todo lo que han hecho por mí y nunca darme la espalda, sé que nunca terminaría de pagarles. GRACIAS (PAPIS).

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es tener información sobre la cantidad y el tipo de residuos sólidos urbanos que se generan en la ciudad de Parras de la Fuente Coahuila, para la construcción de un relleno sanitario, mediante el uso de las normas de la Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. Dadas las indicaciones de dichas normas se realizo un muestreo aleatorio de la zona de estudio, por estrato socioeconómico, posteriormente identificada la zona, se realizó la recolección de los residuos sólidos generados en 24 horas (un día), luego de obtener estos residuos durante 7 días, se realizó un cuarteo, peso volumétrico, selección y cuantificación de los subproductos, concluyendo satisfactoriamente se obtuvo los kg/hab/día y en conclusión las toneladas generadas por toda la ciudad son 35.659 toneladas/diarias de R.S.U., con un acumulado promedio por año de 130.16 toneladas.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
II. REVISION DE LITERATURA	5
2.1. ANTECEDENTES	5
2.2. UBICACIÓN:	5
2.3. POBLACIÓN	6
2.4. SITIOS DE INTERÉS	6
2.5. EDUCACIÓN.....	6
2.6. IMPORTANCIA SOCIOCULTURAL	7
Cooperación Pública	7
Frecuencia de la Recolección.....	8
Basura y Basureros Clandestinos	8
Zonas Marginales	8
Costo de Recolección.....	9
Ubicación de las Instalaciones	10
Recirculación	10
III. CARACTERISTICAS GENERALES DE UN RELLENO SANITARIO	12
3.1. MÉTODO DE TRINCHERA O ZANJA	12
Método de área	13
Combinación de ambos métodos	15
3.2. VENTAJAS DE UN RELLENO SANITARIO	17
3.3. DESVENTAJAS DE UN RELLENO SANITARIO	18
3.4. LÍQUIDO PERCOLADO	19
3.5. GASES.....	21
IV. CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS	22
V. IMPORTANCIA AMBIENTAL DE LOS RELLENOS.....	22

5.1. PROBLEMAS AL SUELO.....	23
5.2. PROBLEMAS DEL AGUA	24
5.3. PROBLEMAS DEL AIRE	25
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	26
6.1. ÁREA DE ESTUDIO	26
VII. METODOLOGÍA GENERAL	28
7.1. ESTRATIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN	29
7.2. ESTRATIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO	30
7.3. SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA REALIZAR EL MUESTREO.....	31
VIII. PROCEDIMIENTOS DE CARACTERIZACIÓN	36
NMX-AA-015-1985.....	36
NMX-AA-019-1985.....	37
NMX-AA-022-1985.....	37
NMX-AA-061-1985.....	37
8.1 PROCEDIMIENTO DE ALMACENAMIENTO Y CUARTEO	37
8.2. OBTENCIÓN DE LA GENERACIÓN PER CÁPITA	38
8.3 PESO VOLUMÉTRICO “IN SITU”	38
8.4 CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS.....	39
IX. RESULTADOS	40
9.1. VALIDACIÓN DE LA MUESTRA Y ESTIMADORES	40
9.2. ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN TOTAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	44
9.2.1. GENERACIÓN PER CÁPITA DE R.S.U, DOMICILIARIA.	44
9.3. GENERACIÓN PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, NO DOMICILIARIOS.....	46
9.4. GENERACIÓN DE R.S.U, DIARIOS.	47
9.5. PROYECCIÓN DE LOS RSU PARA 25 AÑOS.....	47
9.6. PESO VOLUMÉTRICO	49
9.7. COMPOSICIÓN DE LOS RSU	51

9.8. ESTRADO SOCIOECONÓMICO BAJO DENSIDAD DE VIVIENDA ALTA.....	53
9.9. ESTRADO SOCIOECONÓMICO MEDIO DENSIDAD DE VIVIENDA MEDIA..	54
9.10. ESTRADO SOCIOECONÓMICO ALTO DE DENSIDAD DE VIVIENDA BAJA	55
9.11. ESTRADO DE ZONA CENTRO	56
9.12. COMPOSICIÓN DE LOS RSU DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES Y DE SERVICIOS	58
X. CONCLUSIONES.....	60
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Método de trinchera para construir un relleno sanitario	13
Figura 2 Método de área para construir un relleno sanitario	14
Figura 3. Método de área para rellenar depresiones	15
Figura 4. Combinación de ambos métodos para construir un relleno sanitario principios básicos de un relleno sanitario.....	16
Figura 5. Ubicación general del municipio de parras de la fuente, en el estado de coahuila de zaragoza, méxico.....	27
Figura 6. Metodología general	29
Figura 7. Plano catastral utilizado en la identificación de la población estadística y selección de la muestra.	31
Figura 8. Conteo enumerando todos los lotes ubicados como casa habitación, que serían muestreados por estrato socioeconómico.....	32
Figura 9. Visita a a los habitantes de las casas seleccionadas para la entrevista.	33
Figura 10. Entrega de la primer bolsa de polietileno, para los residuos generados de días anteriores con la finalidad de realizar una operación de limpieza	34
Figura 11. Recolección de las primeras muestras dejando una nueva bolsa.	34
Figura 12. Diariamente después de realizar la recolección de las muestras se proseguía a pesar cada una de ellas (al gramo más cercano) anotando el resultado en la cedula de encuesta.	35
Figura 13. El método del cuarteo el volumen de basura producto del vaciado de las bolsas se traspalea con una pala o un biello, hasta homogenizarlos. Posteriormente se divide en cuatro partes aproximadamente iguales abcy d, y se eliminan las partes opuestas a y c o b y c.	36
Figura 14. Peso volumétrico de los rsu por estrato, densidad de vivienda y sector ...	50
Figura 15. Composición de los rsu en parras de la fuente, coahuila.....	53
Figura 16. Composición de los rsu domiciliarios densidad alta.....	54

Figura 17. Composición de los rsu domiciliarios densidad media.	55
Figura 18. Composición de los rsu domiciliarios densidad baja.	56
Figura 19. Composición promedio de los rsu zona centro.	57
Figura 20. Composición de los rsu no domiciliarios (centros comerciales)	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estratificación. Por nivel socioeconómico: alto, medio, bajo y zona centro, en donde se cuenta con los diferentes estratos.	40
Cuadro 2. Distribución de la muestra preliminar	41
Cuadro 3. Estimadores estadísticos obtenidos con la muestra preliminar.	41
Cuadro 4. Secuela de cálculos para la obtención del tamaño de la muestra, considerando una distribución óptima.	43
Cuadro 5. Comparación del tamaño de muestra y distribución realizada y la obtenida con un error absoluto de 15 gr. ($d = 15$).	43
Cuadro 6. Generación total de residuos sólidos domiciliarios.	45
Cuadro 7. Estimadores muestrales obtenidos para establecimientos comerciales y de servicios.	46
Cuadro 8. Generación total de residuos sólidos urbanos.	47
Cuadro 9. Generación de los residuos sólidos urbanos para los próximos 25 años. ..	49
Cuadro 10. Peso volumétrico de los residuos sólidos urbanos.	50
Cuadro 11. Generación de r.s.u (ton) y volúmenes estimados (m^3).	51
Cuadro 12. Cantidades y porcentajes promedio de subproductos que componen a los residuos sólidos domiciliarios.	52
Cuadro 13. Clasificación de r.s.u en establecimientos comerciales y de servicios. ...	58

I. INTRODUCCIÓN

Los riesgos a la salud y al ambiente que conlleva la disposición de residuos en tiraderos a cielo abierto son inadmisibles, como lo es también que una proporción importante de ellos sean susceptibles de reutilización, reciclado o de aprovechamiento de su poder calorífico para generar energía; lo cual produciría ahorros y se convertiría en fuente de ingresos a través de empleos dignos y que brinden protección a la salud de los recolectores de materiales valorizados. Los tiraderos de basura a cielo abierto contribuyen de manera significativa a la contaminación ambiental y a la generación de riesgos sanitarios, pues en ellos se produce la infiltración o derrame de líquidos contaminantes hacia los acuíferos o cuerpos de agua superficiales. A demás de que:

- Libera metano que es uno de los gases con efecto de invernadero que están cambiando el clima en el mundo;
- Producen incendios que provocan la emisión de sustancias tóxicas y de contaminantes orgánicos persistentes que viajan a grandes distancias, como las dioxinas;
- Generan moscas, mosquitos, ratas, ratones y otros animales que son portadores de microbios transmisibles a los seres humanos;
- Desprenden malos olores.
- El alto grado de contaminación producido afecta a toda la población y en particular a las colonias más allegadas al tiradero, (<http://www.iiap.org>).

El sector de la población que sufre con mayor frecuencia de problemas de salud relacionados con los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), es el de los trabajadores formales e informales involucrados en su manejo, así como quienes no disponen de recolección domiciliaria regular o viven cerca de los sitios de tratamiento y disposición. Sin embargo, el problema puede afectar a todos los residentes de una región a través de la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, del consumo de carne de

animales criados en basurales y de la exposición a residuos peligrosos. Los principales factores que contribuyen a esta situación son la poca atención de las autoridades relacionadas con el sector y la deficiente calidad de los servicios prestados (Acurio, 1997).

La situación del manejo y disposición final de los residuos en gran parte de los municipios en México es crítica, en la medida que su volumen de generación ha estado creciendo más rápido que la capacidad de los servicios de limpia de recolectarlos y de construir la infraestructura de rellenos sanitarios para su disposición final ambientalmente adecuada, de manera que la forma tradicional y más frecuente de disponer de ellos son los tiraderos a cielo abierto. Todos los sectores de la sociedad, desde las actividades domésticas, hasta las diversas actividades industriales y de servicios privados y públicos, generan actualmente residuos. Los residuos varían según el tipo de actividades y formas de consumo que los generan, por lo que también pueden cambiar conforme evolucionan éstas.

Así, por ejemplo, en las áreas urbanas al transcurrir de los años se ha visto un cambio en la composición de la basura, de manera que los residuos orgánicos (por ej. residuos de alimentos) se han reducido, mientras que los de tipo inorgánico (por ej. envases de cartón, aluminio, vidrio o plástico) han aumentado.

La proporción de uno u otro tipo de residuos varía en las diferentes ciudades del país, y aún en las diferentes comunidades de una misma ciudad, reflejando los hábitos de consumo. La práctica democrática y el proceso de descentralización en gran parte de los países han permitido que el tema de los residuos sólidos urbanos llegue al primer nivel de discusión cuando se trata de elecciones municipales, pues toda plataforma de gobierno local proclama el mejoramiento de la limpieza pública. Lamentablemente, en la mayoría de los casos el tema sirve sólo para las campañas electorales. (www.ambienteecologico.com).

En estas condiciones y con la idea de promover el manejo adecuado de los desechos se lidera la implementación del relleno sanitario como una opción técnica y ambiental propicia para las condiciones y posibilidades del municipio y en segundo

término la separación de desechos sólidos en casa, con el objetivo de consolidar verdaderos procesos de gestión que permitan desde su integralidad la adopción de acciones responsables y confiables referidas con la producción, manejo, aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos por parte de la ciudadanía(Hernández, 1998).

OBJETIVO GENERAL

Realizar los estudios previos de campo para estimar la cantidad per cápita de los residuos sólidos urbanos que se genera en Parras de la Fuente, para generar información útil para construcción de un relleno sanitario que cumpla con las normas ambientales para un mejor manejo de todos los residuos sólidos urbanos así como también reciclar todo el residuo posible.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una estratificación de las unidades habitacionales de Parras de la Fuente para la obtención de estimadores estadísticos confiables y precisos, en la generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) por habitante.
- Concientizar a los habitantes de las viviendas seleccionadas para explicarles la finalidad del muestreo.
- Determinar la producción de Residuos Sólidos Urbanos de origen domiciliario (casas habitación) y no domiciliario (comercios).
- Determinar el peso in situ de los residuos generados
- Determinar la cuantificación para su posterior clasificación de residuos

1.3. JUSTIFICACIÓN

El acelerado crecimiento urbano de nuestro país ha abierto una brecha entre la posibilidad de una adecuada atención de limpieza y la creciente demanda pública de dicho servicio. Debido a ello es que surge la preocupación de autoridades e instituciones especializadas en la búsqueda de alternativas concretas para la solución del problema. (Rosiles, 1999).

Actualmente el manejo de los residuos sólidos de la ciudad de Parras de la Fuente Coahuila, es; Ineficiente y es uno de los principales problemas en la comunidad ya que tiene un efecto directo en la salud de la población y al medio ambiente, disminuyendo la calidad de vida.

En nuestro país al igual que muchos países del mundo se enfrentan grandes retos en la generación de residuos sólidos urbanos, debido en gran parte, al elevado índice de crecimiento demográfico e industrial del país, por otro lado 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 (Franke, 1999).

El manejo eficiente de los residuos aumentará la calidad de vida de la población y generará mayores ingresos económicos al municipio.

El presente trabajo se realizó como herramienta fundamental en la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección, diseño de los sistemas de manejo y disposición final de los residuos sólidos de Parras de la Fuente.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Parras de la Fuente Coahuila, fue fundada en 1598 por el padre jesuita Juan Agustín de Espinosa con el nombre de Misión de las Parras. En este lugar se encuentra la vinícola más antigua del continente americano, fundada en 1597 por don Lorenzo García bajo el nombre de Vinícola San Lorenzo y que a partir de 1893 lleva el nombre de Casa Madero.

2.2. Ubicación:

Al sur del estado de Coahuila, limitado por los municipios de Cuatrociénegas, Ramos Arizpe, Viesca, Saltillo, General Cepeda y San Pedro. Se erige un singular poblado que, desde hace 140 años se denomina Parras de la Fuente, un oasis donde se da el milagro de la vida de abril a octubre, gracias a los manantiales que surgen de las sierras vecinas de Parra, Hojasenal, Playa Madero y El Laurel, que hacen brotar la vid y nogales.

Parras es considerado Pueblo Mágico y razones no le faltan, ya que tiene un historial enorme, un clima semicálido que la hace importante productor de cultivos como: trigo, maíz, forrajes y hortalizas, aunque sus frutos más famosos son la vid y la nuez, los cuales constituyen la base misma de su economía y de su actividad industrial, especialmente el vino, el cual se produce con orgullo desde finales del siglo XVI, gracias a la petición de las órdenes religiosas de la Corona Española de permitir el cultivo de la vid en esas tierras para así contar con vino suficiente para los servicios religiosos.

La mayor parte del año el clima es semiseco; templado en el sur y suroeste del municipio, mientras que en el norte y noroeste es semicálido, aunque también se presentan lluvias escasas en los meses de noviembre a marzo. En invierno, las bajas temperaturas que pueden presentarse favorecen las heladas y granizadas. (www.revistabuenviaje.com).

2.3. Población

La población de Parras se inició hacia el año de 1578. Nueve años más tarde, se produjo una colonización más estable. La Villa de Parras fue elevada a la categoría de ciudad el 11 de enero de 1868. Parras se divide en 164 localidades, teniendo como Cabecera Municipal a la localidad de Parras de la Fuente, la cual cuenta con una población de 32,811 habitantes de los cuales el 49.64% (16,288) corresponde a población del sexo masculino, mientras que la población de mujeres es ligeramente mayor, representando el 50.36% (16,523) del total; de acuerdo al II conteo de Población y Vivienda 2005.

2.4. Sitios de interés

Con un cúmulo impresionante de historia y tradiciones, Parras es un lugar reconfortante. Transitar sus calles, monumentos, campos de nogales y vides es todo un acontecimiento. (www.infored.com).

2.5. Educación

Parras de la fuente Coahuila cuenta con un nivel académico desde preescolar hasta superior universitario dentro de las que destacan por su nivel académico las siguientes.

Secundarias: Presidente Madero, Gustavo Aguirre Benavides (GAB), Manuela Farías de Madero, Hernando de Tovar.

Preparatorias: CBTA 21, Juan Agustín de Espinoza (JAE), Manuela Farías de Madero, Hernando de Tovar.

Profesional y Técnico: Escuela Normal Oficial "DORA MADERO", Colegio de Informática "VON NEUMANN", Universidad Tecnológica de Coahuila (UTC), Escuela Técnica de Enfermería. Así como alrededor de 20 escuelas primarias Federales, Estatales y Privadas. Existen más escuelas en la localidad, las mencionadas anteriormente se han distinguido por su nivel académico y gran aporte a la sociedad.

2.6. IMPORTANCIA SOCIOCULTURAL

Cooperación Pública

Al diseñar un sistema de recolección de desechos sólidos, se debe considerar los problemas socioculturales, a fin de maximizar la cooperación pública y así minimizar los costos.

Por ejemplo, la recolección en la acera solamente puede ser empleada en barrios donde los residentes pueden afrontar el gasto de los recipientes apropiados para ser depositados en la vereda (fundas de plásticos o basureros metálicos). Al emplear recipientes comunitarios para la recolección, se debe diseñar la distancia y dirección que tendrán que caminar los residentes para descargar sus desechos sólidos, para adecuarlas a su rutina normal. Donde la tarea de llevar la basura al recipiente comunal se asigna a los niños, se debe diseñar correctamente su altura o proporcionar gradas hasta la apertura del recipiente.

Frecuencia de la Recolección

Cuando los barrios tienen una elevada densidad poblacional y poco espacio disponible para el almacenaje de basura, la frecuencia de su recolección debe ser diaria en vez de cada dos o tres días. En climas cálidos y húmedos, la frecuencia de recolección debe ser diaria o cada dos días, pues la velocidad de reproducción de las moscas y descomposición de los desechos es acelerada por el calor y la humedad.

Basura y Basureros Clandestinos

La mayoría de las organizaciones de servicio para desechos sólidos dan alta prioridad a la entrega del servicio de recolección. Por otro lado, dan baja prioridad a la educación y coacción del comportamiento público en relación a los reglamentos ambientales. El resultado es que la organización de servicio desperdicia tiempo y dinero intentando compensar por el comportamiento poco colaborador por parte de algunos residentes, mediante la entrega de servicios extras.

Claramente, se requiere más tiempo y dinero (un cálculo común es de 3 a 10 veces más), para recoger basura esparcida por los caminos o descargada en forma clandestina en los lotes baldíos. Además, si los desechos descargados ilegalmente son materiales potencialmente peligrosos (aguas negras bombeadas o desechos de procesamiento industrial), los impactos ambientales pueden ser significativos. Por lo tanto, el asignar un mayor presupuesto a la educación, vigilancia y coacción, es invertir bien el dinero.

Zonas Marginales

En las zonas marginales de las ciudades, donde se ha dado la inmigración del campo e invasión de los terrenos baldíos, es difícil brindar un servicio de recolección

de basuras. El acceso por camino es difícil para los vehículos recolectores de basura, y es posible que los residentes no sepan como cooperar con el sistema de recolección. En sitios, donde los residentes son invasores que no pagan impuestos al predio, puede haber menos compromiso político para brindar dicho servicio.

Debido a estas condiciones comunes en las zonas marginales, es normal ver la eliminación clandestina de desechos en su periferia, así como en lotes baldíos entre las casas. Al acumularse los montones de basura, es común que los residentes los quemen de noche. Se debe buscar una comprensión de las prácticas actuales de la comunidad, y realizar intentos a nivel de base para educar a los residentes en la necesidad de eliminar apropiadamente la basura, ayudándoles en lo posible a establecer sistemas de manejo de basura relativamente autosuficientes.

Costo de Recolección

El servicio de recolección en la mayoría de los países en desarrollo, consume un 30 a 60% de las rentas municipales disponibles. En muchos casos, estos costos pueden ser reducidos en un 30 a 50%. Los gastos excesivos para el servicio de recolección le restan recursos financieros limitados a las demás necesidades urbanas, como la educación pública. Este problema puede ser superado dando una adecuada atención a lo siguiente en la fase del diseño:

- Inspección de la entrega del servicio.
- Supervisión de los trabajadores de recolección.
- Selección de técnicas apropiadas de recolección.
- Optimización del tamaño de los equipos de trabajo.
- Planificación de las rutas.
- Limitación del traslado directo a distancias económicamente viables.
- Minimización del tiempo de baja de los vehículos para reparaciones.

Ubicación de las Instalaciones

Al diseñar un sistema de eliminación de desechos sólidos, surgen problemas socioculturales, especialmente en la ubicación de las instalaciones, que debe conformar con el plan regulador. La ubicación debe proporcionar suficiente área para la zona de protección como para minimizar los impactos estéticos. Se debe dar consideración a la proximidad a las urbanizaciones (debido a los impactos del ruido y tránsito de camiones, así como la migración de gases), la dirección prevaleciente del viento (por el polvo, olor y humo), y el flujo de las aguas subterráneas (debido a los pozos de agua potable y las aguas superficiales receptores).

Recirculación

Para un número significativo de pobres urbanos en los países en desarrollo, la recuperación de materiales secundarios es su principal fuente de ingresos. Esto se da primordialmente como sigue:

- Trabajadores del sector informal van de puerta en puerta comprando ropa usada, papel, botellas.
- Trabajadores de recolección de basuras rebuscan entre los desechos recibidos en su ruta.
- Colectores (basureros) rebuscan entre los desechos llevados a los sitios de descarga en tierra.

Toda esta gente ocupada en la recuperación de materiales, vende sus materiales reciclables a agentes industriales. Estos agentes los seleccionan, procesan y almacenan según las especificaciones de compra de las industrias. Cualquier cambio en el sistema de recolección o eliminación que podría obstaculizar la recuperación de materias secundarias, tendría un grave impacto sobre el uso de materiales y energía por parte de las industrias locales.

Normalmente la red de recirculadores del sector informal posee una fuerte organización, a pesar de su naturaleza aparentemente informal. Por ejemplo, los trabajadores basureros suelen pertenecer a un sindicato, y los colectores en los sitios de eliminación pertenecen a una unión o cooperativa. Por lo tanto, es probable que cualquier cambio planificado en el sistema de recolección o eliminación que obstaculice la recuperación de materiales, sea sujeto al sabotaje por parte de dicha red, salvo que estos sean actores activos del proceso.

III. CARACTERISTICAS GENERALES DE UN RELLENO SANITARIO

El relleno sanitario es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el Relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica. (<http://www2.ine.gob>).

Métodos de relleno sanitario

El método constructivo y la secuencia de la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno escogido, aunque también dependen de la fuente del material de cobertura y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras distintas para construir un relleno sanitario.

3.1. Método de trinchera o zanja

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor de oruga. Es de anotar que existen experiencias de excavación de trincheras hasta de 7 m de profundidad para relleno sanitario. La tierra que se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra.

Se debe tener cuidado en época de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. Por lo tanto, se deben construir canales perimetrales para captarlos y

desviarlas e incluso proveerlas de drenajes internos. En casos extremos, puede requerirse el bombeo del agua acumulada. Las paredes longitudinales de las zanjas tendrán que ser cortadas de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie del suelo no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación, figura 1 (Bruner, 2003).

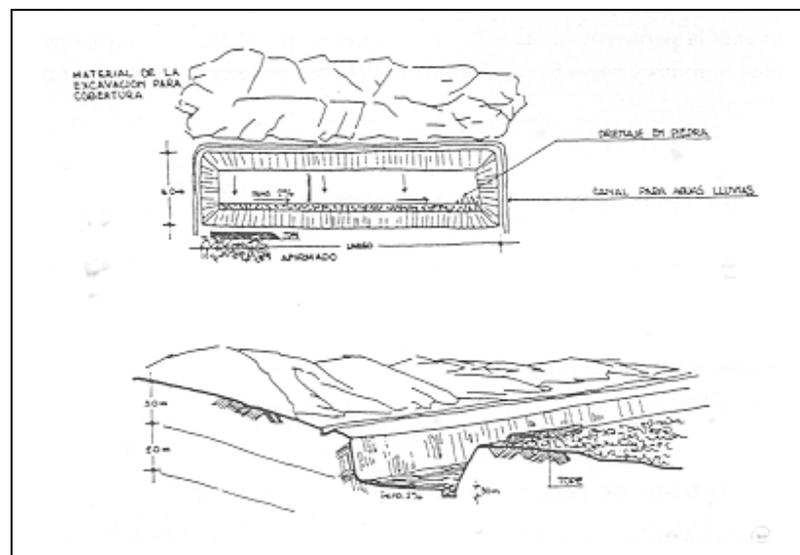


Figura 1. Método de trinchera para construir un relleno sanitario

Método de área

En áreas planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar las basuras, éstas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros. En estos casos, el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. En ambas condiciones, las primeras se construyen estableciendo una pendiente suave para

evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno, figura 2. (Jaramillo, 2002).

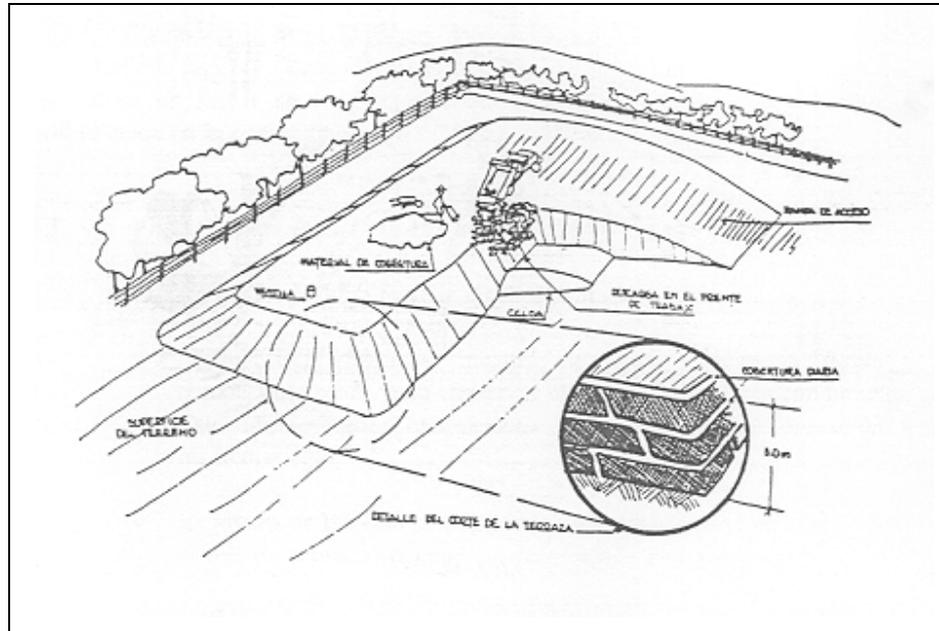


Figura 2. Método de área para construir un relleno sanitario

Se adapta también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno, o en su defecto se debe procurar lo más cerca posible para evitar el encarecimiento de los costos de transporte. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno, es decir, la basura se vacía en la base del talud, se extiende y apisona contra él, y se recubre diariamente con una capa de tierra de 0.10 a 0.20 m de espesor; se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 30 grados en el talud y de 1 a 2 grados en la superficie.

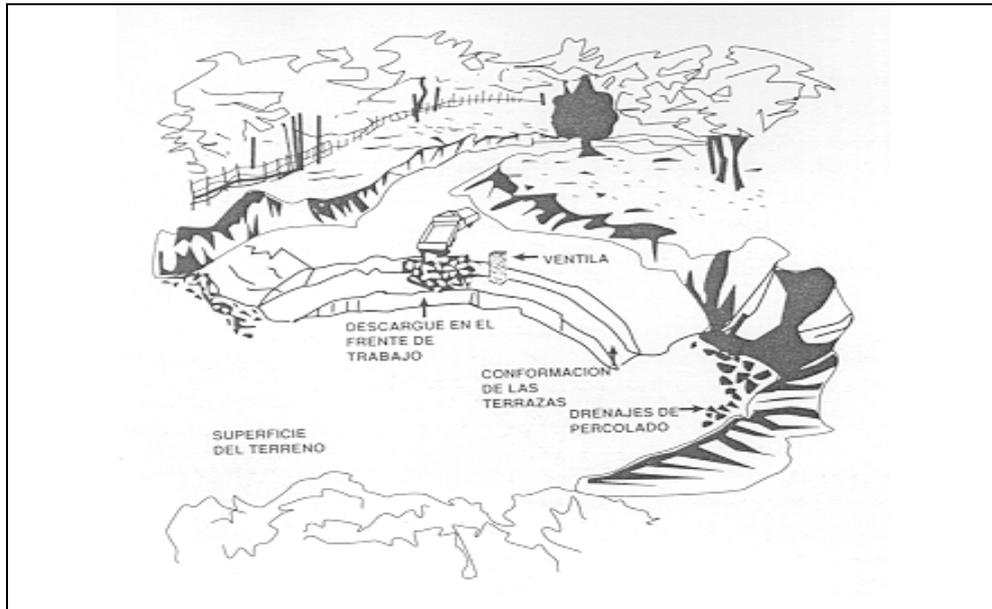


Figura 3 Método de área para rellenar depresiones

Combinación de ambos métodos

Es necesario mencionar que, dado que el método de trinchera y el método área son dos métodos de construcción de un Relleno Sanitario tienen técnicas similares de operación, pueden combinarse lográndose un mejor aprovechamiento del terreno, del material de cobertura y rendimientos en la operación.

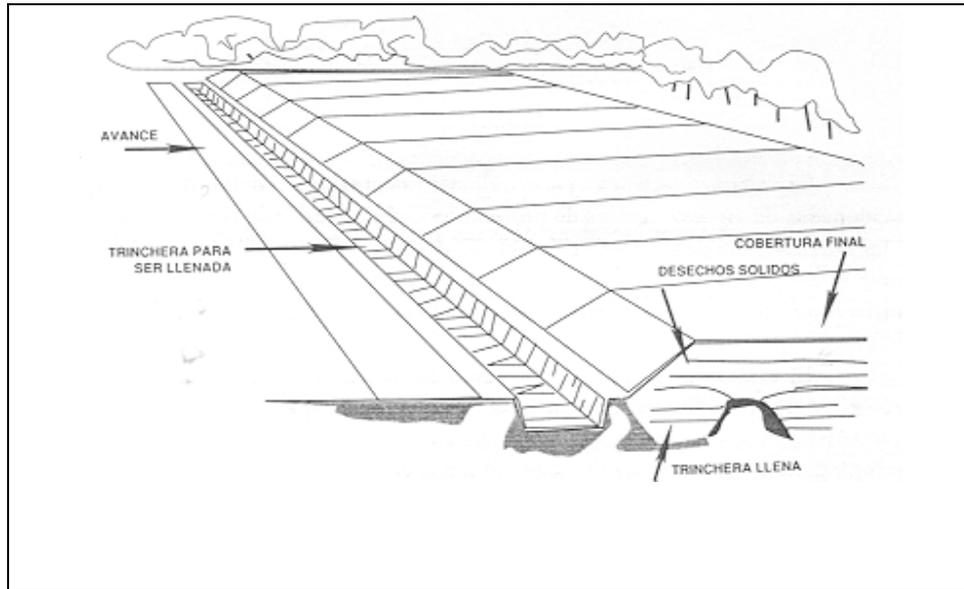


Figura 4 Combinación de ambos métodos para construir un relleno sanitario
Principios básicos de un relleno sanitario

- Se considera oportuno resaltar algunos principios básicos:
- Supervisión constante, mientras se vacía, recubre la basura y compacta la celda, para conservar el relleno en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.
- La altura de la celda es otro factor importante a tener en cuenta; para el relleno sanitario manual, se recomienda una altura entre 1.0 m a 1.5 m para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.
- Es fundamental el cubrimiento diario, con una capa de 0.10 a 0.20 m de tierra o material similar
- La compactación de los desechos sólidos es preferible en capas de 0.20 a 0.30 m y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, alcanzando a largo plazo una mayor densidad y vida útil del sitio. Una regla sencilla indica que, alcanzar una mayor densidad, resulta mucho mejor desde el punto de vista económico y ambiental.

- Desviar aguas de escorrentía para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario.
- Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.
- El cubrimiento final de unos 0.40 a 0.60 m de espesor, se efectúa siguiendo la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que sostenga vegetación, para lograr una mejor integración al paisaje natural. (Séller, 2003)

3.2. VENTAJAS DE UN RELLENO SANITARIO

El relleno sanitario, como método de disposición final de los desechos sólidos urbanos, es sin lugar a dudas la alternativa más conveniente para nuestros países. Sin embargo, es esencial asignar recursos financieros y técnicos adecuados para su planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento.

- La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para implantar cualquiera de los métodos de tratamiento: incineración o compostación.
- Bajos costos de operación y mantenimiento.
- Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de desechos sólidos, obviando los problemas de cenizas de la incineración y de la materia no susceptible de descomposición en la compostación.
- Generar empleo de mano de obra no calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.
- Recuperar gas metano en grandes rellenos sanitarios que reciben más de 200 ton/día, lo que constituye una fuente alternativa de energía. Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca del área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, reduciéndose así los costos de transporte y facilitando la supervisión por parte de la comunidad.

- Recuperar terrenos que hayan sido considerados improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de un parque, área recreativa, campo deportivo, entre otros.
- Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación.
- Se considera flexible, ya que no precisa de instalaciones permanentes y fijas, y también debido a que está apto para recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal.(Tchbanoglous, 1993).

3.3. DESVENTAJAS DE UN RELLENO SANITARIO

- La adquisición del terreno constituye la primera barrera para la construcción de un relleno sanitario, debido a la oposición que se suscita por parte del público, ocasionada en general por factores tales como:
- La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario.
- Asociarse el término "relleno sanitario" al de un "botadero de basura a cielo abierto".
- La evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones locales.
- El rápido proceso de urbanización que encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, debiéndose ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de las rutas de recolección, lo cual aumenta los costos de transporte.
- La supervisión constante de la construcción para mantener un alto nivel de calidad de las operaciones. En las pequeñas poblaciones, la supervisión de rutina diaria debe estar en manos del encargado del servicio de aseo, debe éste con la asesoría de un profesional responsable, dotado de experiencia y conocimientos técnicos adecuados, quien inspecciona el avance de la obra cada cierto tiempo, a fin de evitar fallas futuras.
- Existe un alto riesgo de transformarlo en botadero a cielo abierto por la carencia de voluntad política de las administraciones municipales, ya que se

muestran renuentes a invertir los fondos necesarios para su correcta operación y mantenimiento.

- Se puede presentar una eventual contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, si no se toman las debidas precauciones.
- Los asentamientos más fuertes se presentan en los primeros dos años después de terminado el relleno, por lo tanto se dificulta el uso del terreno. El tiempo de asentamiento dependerá de la profundidad del relleno, tipo de desechos sólidos, grado de compactación y de la precipitación pluvial de la zona. (Tchbanoglous, 1993).

Los olores desagradables en los vertederos son el resultado de mezclas complejas de una gran cantidad de compuestos volátiles en pequeñas concentraciones como metilmercaptano y ácido amino butírico (Tchobanoglous et al., 1994; Mato, 1999; Calvo 2003).

Su naturaleza olorosa varía en función de la concentración de estos componentes dentro del gas, la cual dependerá de la composición de los residuos, edad del relleno, etapa en que se encuentre la descomposición de los residuos, tasa de generación del gas y naturaleza de poblaciones microbianas dentro de la basura, entre otros factores (Young y Parker, 1984).

3.4. Líquido percolado

La descomposición o putrefacción natural de la basura, produce un líquido maloliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado, muy parecido a las aguas residuales domésticas (aguas servidas), pero mucho más concentrado. De otro lado, las aguas de lluvias que atraviesan las capas de basura, aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los desechos; de ahí la importancia de interceptar y desviar las aguas de escorrentía y pequeños hilos de agua antes del inicio de la operación, puesto que si el volumen de

este aumenta demasiado, puede causar no sólo problemas en la operación del relleno, y contamina las corrientes de agua, nacimientos y pozos vecinos (Méndez, 2006).

Si tenemos en cuenta que el área promedio a rellenar para disponer los desechos sólidos de estas pequeñas poblaciones no es muy grande, los volúmenes de percolado entonces serán también pequeños. Por lo tanto, se puede optar por su infiltración en el suelo dado que, con el paso del tiempo, la carga contaminante de los lixiviados disminuye una vez terminado el relleno; además, el suelo actúa como filtro natural. No obstante, para proteger las aguas superficiales y subterráneas, se deben tomar las siguientes medidas:

- Verificar que las aguas subterráneas y superficiales cercanas no estén siendo utilizadas para el consumo humano o animal.
- Establecer una altura mínima de 1.0 - 2.0 m (depende de las características del suelo) entre la parte inferior del relleno y el nivel de agua subterránea.
- Tratar de contar con un suelo arcilloso o en su defecto impermeabilizar la parte inferior mediante una capa de arcilla de 0.30 - 0.60 m.
- Interceptar, canalizar y desviar el escurrimiento superficial y los pequeños hilos de agua, a fin de reducir el volumen del líquido percolado, y de mantener en buenas condiciones la operación del relleno.
- Construir un sistema de drenaje para posibilitar la recolección del líquido percolado y facilitar su posterior tratamiento en caso necesario.
- Cubrir con una capa de tierra final de unos 0.40 a 0.60 m, compactar y sembrar las áreas del relleno que hayan sido terminadas con pasto o grama para disminuir la infiltración de aguas de lluvias.(DGSU, 1992)

3.5. Gases

Un relleno sanitario no es otra cosa que un digestor anaeróbico. En el que, debido a la descomposición natural o putrefacción de los desechos sólidos, no sólo se producen líquidos, sino también gases y otros compuestos. La descomposición natural o putrefacción de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, ocurre en dos etapas: aerobia y anaerobia.

La aerobia es la etapa en la que el oxígeno está presente en el aire contenido en los intersticios de la masa de residuos enterrados, siendo rápidamente consumido.

La anaerobia, en cambio, es la que predomina en el relleno sanitario y produce cantidades apreciables de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), así como trazas de gases de olor repugnante como ácido sulfhídrico (H_2S), amoníaco (NH_3) y mercaptanos. El gas metano reviste el mayor interés porque, a pesar de ser inodoro, es inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción de 5 a 15% en volumen; los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno; aprovechan las fisuras del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir, pudiendo originar altas concentraciones de metano con el consiguiente peligro de explosión en las áreas vecinas. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo un adecuado control de la generación y migración de estos gases.

Este control se puede lograr, construyendo un sistema de drenaje vertical en piedra, colocado en diferentes puntos del relleno sanitario, para que éstos sean evacuados a la atmósfera. Como el gas metano es combustible, se puede quemar simplemente encendiendo fuego en la salida del drenaje, una vez concluido el relleno sanitario. También se puede aprovechar como energía en el empleo de una pequeña cocina para calentar alimentos o como lámpara para iluminar el terreno. La recuperación y aprovechamiento del gas metano con propósitos comerciales, sólo se recomienda para rellenos sanitarios que reciban más de 200 ton/día, y siempre que las condiciones locales así lo ameriten.

IV. CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

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. (www.ambientum.com).

En general, las soluciones que se han implementado van en busca del control de los residuos al final de su ciclo y esto ha propiciado resultados inadecuados para la sociedad y las mismas autoridades. Los esfuerzos serios y metódicos con la utilización de herramientas profesionales para atacar este problema iniciaron a finales de los años 60's, y principios de los 70's, alcanzando niveles de cobertura del servicio de recolección formal en un 80% y del 50% en una disposición en rellenos sanitarios o sitios controlados.

Sin embargo, si se considera que existen 2,445 municipios en el país, más de 200,000 localidades y que en las áreas metropolitanas se asienta casi el 50% de la población, menos del 5% de los municipios han resuelto el problema.

V. IMPORTANCIA AMBIENTAL DE LOS RELLENOS

Es relevante resaltar las acciones que se han puesto en marcha para hacer frente a los problemas ambientales; ya que es a partir de 1988 en que se cuenta en el territorio nacional con una legislación en materia ambiental, como lo ha sido la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente,(LGEEPA) y que de ella emanaban reglamentos en materia ambiental y Normas Oficiales Mexicanas conocidas como

NOM y que además se cuenta con Instancias o Secretarías en los tres ámbitos de Gobierno para administrar, aplicar, vigilar , sancionar y de cierta manera satisfacer; las demandas en materia de protección ambiental que se manifestasen por grupos u organizaciones no gubernamentales, sectores representativos y en su caso por los propios habitantes de una comunidad o región. (www.eumed.net/libros).

5.1. Problemas al suelo

La contaminación más evidente del suelo es ocasionada por el esparcimiento de la basura por acción del viento y descarga clandestina en áreas abiertas y al lado de los caminos. Esta contaminación ocasiona un impacto estético, que puede resultar en una disminución del orgullo cívico y pérdida del valor de la propiedad.

Normalmente, el suelo que subyace los desechos sólidos depositados en un relleno sanitario, es contaminado con micro organismos patógenos, metales pesados, sales e hidrocarburos clorinados, contenidos en los desechos. El grado en que el suelo atenúa tales contaminantes dependerá de su porosidad, capacidad de intercambio de iones, y habilidad para adsorber y precipitar los sólidos disueltos. Es más, no todos los contaminantes pueden ser atenuados por el suelo. Por ejemplo, tales aniones como cloruro y nitrato, pasan fácilmente a través de la mayoría de los suelos sin atenuación. Es más probable que los suelos arcillosos y con humus, atenúen los contaminantes, antes que los suelos arenosos, de sedimento y lastre. Si la filtración continúa luego de que los suelos subyacentes hayan llegado a su máxima capacidad para atenuar los contaminantes, éstos pueden ser liberados en el agua subterránea.

Cuando los desechos sólidos son procesados para abono, el producto resultante puede aplicarse a tierras agrícolas, bosques o jardines caseros. Según la concentración de sustancias químicas potencialmente peligrosas en el abono y la cantidad. Aplicada a la tierra, el suelo puede ser contaminado y las plantas a su vez

pueden absorber los químicos tóxicos. Algunas sustancias permanecen en el suelo y se acumulan hasta niveles fitotóxicos luego de aplicaciones repetidas del abono.

5.2. Problemas del Agua

Mediante la acción de la biodegradación y de los mecanismos de oxidación / reducción química, sobre los desechos sólidos depositados, los subproductos disueltos de la descomposición son atraídos a las aguas intersticiales en la masa de basura. Con el tiempo, ésta se descompone en partículas más pequeñas y se consolida bajo su propio peso, liberando así aguas intersticiales contaminadas.

Como cualquier agua de filtración contaminada por los subproductos de la descomposición, pueden rezumarse en el agua subterránea bajo ciertas condiciones hidrometeorológicas (saturación de la basura al punto de capacidad de campo y condiciones de permeabilidad del suelo subyacente a los desechos, así como otras conexiones hidrológicas como fracturas en la piedra, revestimientos y sellos inadecuados en pozos).

El agua superficial puede ser contaminada al recibir el aflujo de las aguas subterráneas o superficiales, contaminadas con la lixiviación proveniente de las áreas de relleno. En caso que los desechos sólidos sean colocados en un relleno sanitario diseñado para posibilitar la recolección y el tratamiento de la lixiviación, puede existir un impacto sobre la calidad del agua, atribuible a la descarga de la lixiviación tratada, en las aguas superficiales receptoras. Los potenciales impactos de un diseño inadecuado del tratamiento de la lixiviación, falla operacional y desvió, son iguales a los analizados para el tratamiento de las aguas servidas bajo la categoría de "Sistemas de Recolección, Tratamiento, Reutilización y Eliminación de las Aguas Servidas". (Méndez, 2006)

5.3. Problemas del Aire

Los problemas más evidentes de la calidad del aire, asociados con la recolección y eliminación de los desechos sólidos, son el polvo, los olores y el humo. Pueden surgir problemas menos obvios de la calidad del aire cuando la biodegradación de materiales peligrosos en los desechos sólidos resulta en la liberación de gases orgánicos volátiles y potencialmente tóxicos. Por la mayor parte, el seguir buenas prácticas de diseño y operación puede minimizar estos impactos.

El problema de la calidad del aire que más se asocia con la recolección de basura es el polvo creado durante la operación del cargado. El nivel de polvo creado depende mayormente del método de recolección elegido. El polvo es primordialmente una molestia y un irritante ocular; sin embargo, puede también llevar micro organismos patógenos que podrían ser inhalados al entrar en el aire.

Emite un olor típicamente putrefacto el sulfuro de hidrógeno y los demás gases creados por la biodegradación anaeróbica de desechos en un botadero abierto o relleno sanitario. En contraste, una planta de abono diseñada de tal manera que la biodegradación ocurra mediante mecanismos aeróbicos, emite un olor a tierra, generalmente inofensivo. Si la planta de abono no es operado correctamente y se producen condiciones anaeróbicas, sin embargo, puede resultar un olor fétido.

La quema en un sitio de eliminación puede darse debajo de la tierra y en la superficie. Una vez que comienza a quemarse un relleno sanitario por debajo de la tierra, puede continuar durante décadas, o hasta que se implemente buenos métodos de relleno sanitario (incluyendo la recolección y ventilación de gases).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Área de Estudio

La ciudad de Parras antes conocida como “Pueblo Mágico” se localiza en la parte centro, del sur del estado de Coahuila, presenta una altitud de 1,520 msnm. Su distancia aproximada de la capital del estado es de 157 k. Se divide en 175 localidades, cuenta con una superficie de 9,271.7 km², lo que representan el 6.12% del total de la superficie del estado. Limita al norte con el municipio de Cuatrociénegas; al noreste con el de San Pedro; al sur con el estado de Zacatecas; al este con los municipios de General Cepeda y Saltillo; y al oeste con el municipio de Viesca. (Ver figura 5).

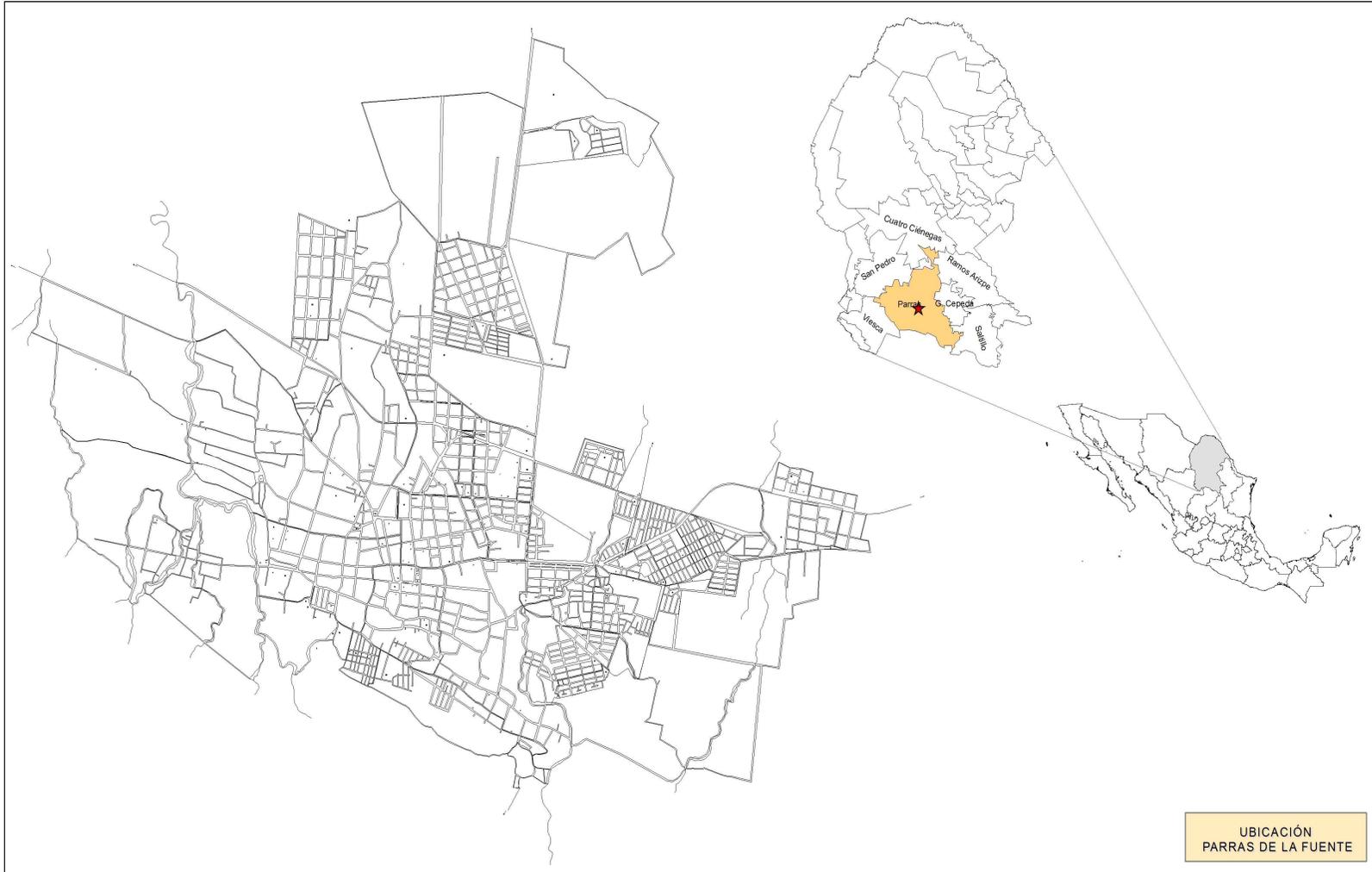


Figura 5. Ubicación general del municipio de Parras de la fuente, en el estado de Coahuila de Zaragoza, México

VII. METODOLOGÍA GENERAL

El trabajo consistió en realizar un muestreo estratificado y obtener la generación diaria de basura durante 7 días de 182 viviendas. Con estos datos se obtuvo la generación diaria de RSU por habitante y día, peso volumétrico y composición de la basura de acuerdo a las normas oficiales mexicanas siguientes:

NMX-AA-015-1985

NMX-AA-019-1985

NMX-AA-022-1985

NMX-AA-061-1985

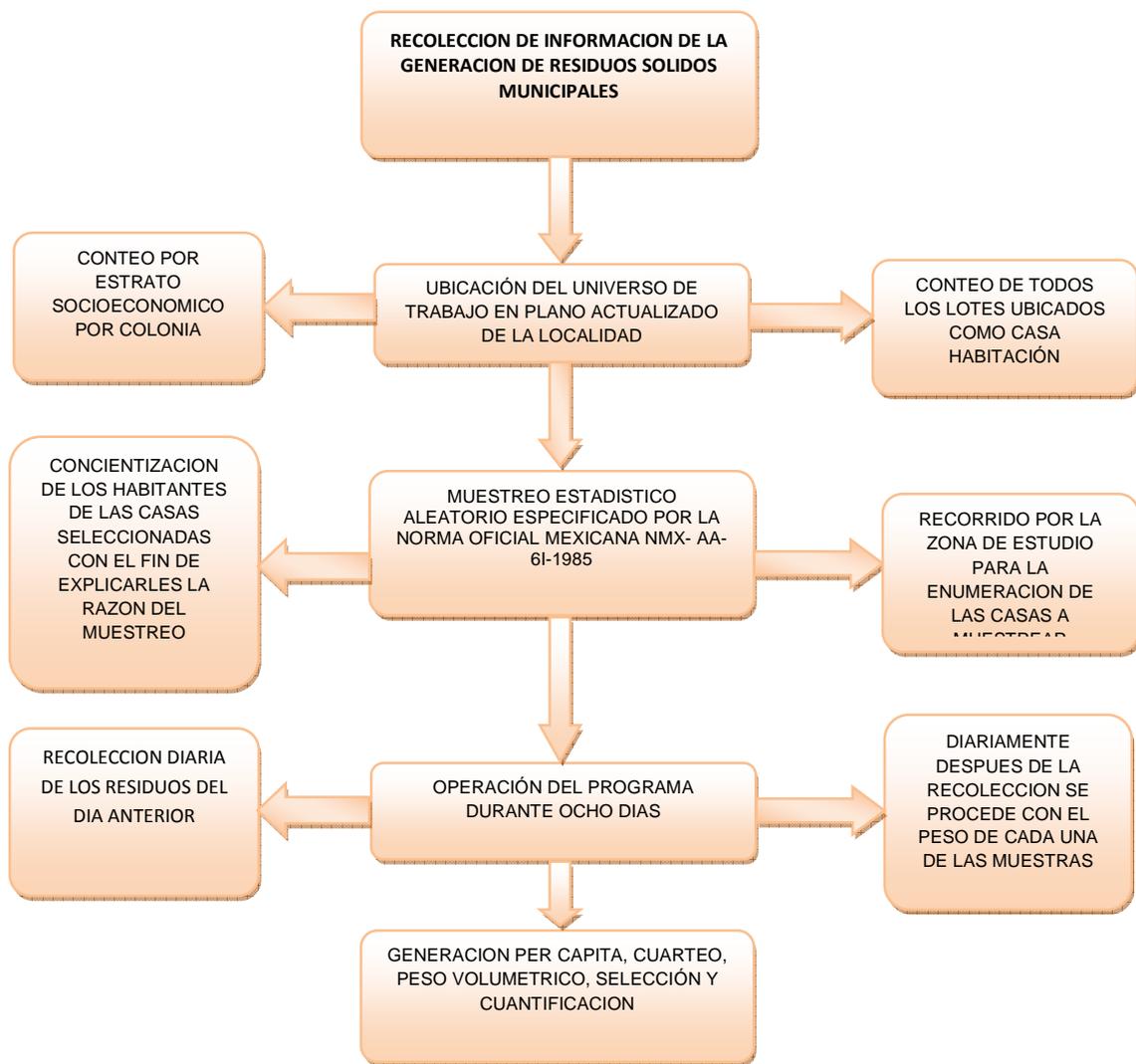


Figura 6. Metodología general

7.1. Estratificación de la población

El ingreso económico de la población, constituye uno de los medios más importantes para acceder al consumo de bienes y servicios necesarios para vivir; entre los bienes, el que mantiene una fuerte correlación con el nivel de ingreso, es el tipo de vivienda. Para fines del presente estudio se estratificó a la población objetivo (habitantes de la ciudad de Parras de la Fuente) en cinco estratos: alto, medio, bajo, zona centro y centros comerciales, en función de la densidad de viviendas y sectores de la ciudad.

De esta suerte al nivel alto se ubicó en áreas residenciales de densidad baja, a la media en densidad media, la baja en áreas de alta densidad de viviendas; La zona centro se consideró como una clase más, debido a que en ella se presentan los tres niveles de estratos socioeconómicos y los centros comerciales se trataron igualmente como una clase o estrato más a pesar de no ser unidades habitacionales, pero si generadores de residuos sólidos.

7.2. Estratificación de las zonas de estudio

Como proceso inicial, se delimitaron espacialmente los estratos antes referidos con la ayuda de un plano catastral impreso, en donde además de aparecer la traza urbana (estructura vial que a su vez delimitan bloques o comúnmente llamadas manzanas) se registran las unidades habitacionales.

Cada una de las unidades habitacionales se identificó con un número, dependiendo de los niveles socioeconómicos alto, medio y bajo, en diferentes colonias, además de zona centro y centros comerciales. De esta manera se identificó cada una de las unidades habitacionales (universo estadístico), para posteriormente seleccionar mediante un muestreo aleatorio estratificado a las unidades que formarían la muestra en cada uno de los 5 estratos seleccionados. La selección de la muestra se realizó en gabinete y de manera previa al trabajo de campo.

Para la localización de cada una de las unidades muestrales, se apoyó con el uso de planos actualizados de la ciudad (ver figura. 7)



Figura 7. Plano catastral utilizado en la identificación de la población estadística y selección de la muestra.

7.3. Secuencia de actividades para realizar el muestreo

Mediante un programa de cómputo generador de números aleatorios se seleccionaron aleatoriamente 88 casas de estrato bajo, 58 de estrato medio, 17 de estrato alto, 40 de zona centro y 10 centros comerciales. Para efecto de aplicación de la norma NMX-AA-61-1985 los residuos sólidos urbanos se subdividen en domésticos (que son los generados en casas habitación) y en no domésticos (generados fuera de las casas habitación).

Las unidades habitacionales y centros comerciales seleccionados (unidades de la muestra), una vez ubicadas, se invitaba a los moradores a participar en el estudio, explicándoles de manera sencilla y clara los objetivos y procedimiento. Cuando por alguna situación no estuviese habitada ó no se encontrará a nadie en la casa-

habitación seleccionada, se procedía con la misma intención en la casa inmediatamente aledaña. De esta manera las casas y comercios seleccionados se marcando en un lugar visible el numero aleatorio correspondiente y su estrato.

1. La ubicación de las unidades muestrales se realizó en día domingo para tener mayor seguridad de encontrar a los moradores, y con la aceptación se les entregaba la primera bolsa de basura para finalizar la muestra.



Figura 8. Conteo enumerando todos los lotes ubicados como casa habitación, que serían muestreados por estrato socioeconómico

2. En las casas seleccionadas se complementó la cédula de informe entrevistando a sus habitantes y se realizó una encuesta para sondear opiniones e información sobre actitudes, cultura y grado de participación que podría esperarse de la población, para la aplicación de programas en el manejo de residuos sólidos urbanos.



Figura 9. Visita a a los habitantes de las casas seleccionadas para la entrevista.

3. El día inicial se hizo entrega de las bolsas de polietileno, identificadas con el número y estrato correspondiente a la unidad maestra. Esta primera bolsa, que se recogería el día siguiente para fines de análisis estadístico no es utilizada, sin embargo es muy importante pues cumple con la finalidad de realizar una operación de limpieza (para fines del estudio), asegurando que el residuos generados después de la entrega de ésta, se colectarían en las bolsas que se entregaban diariamente y correspondieran a intervalos de tiempo de 24 hrs y durante 7 días.



Figura 10. Entrega de la primer bolsa de polietileno, para los residuos generados de días anteriores con la finalidad de realizar una operación de limpieza

4. A partir del segundo día y hasta el octavo, se recogieron las bolsas con residuos del día anterior. De esta manera los datos de las unidades muestrales corresponden a los residuos generados por día y durante una semana, y que se recogían en bolsas individuales perfectamente identificadas por el personal que realizó el muestreo de campo.



Figura 11. Recolección de las primeras muestras dejando una nueva bolsa.



Figura 12. Diariamente después de realizar la recolección de las muestras se proseguía a pesar cada una de ellas (al gramo más cercano) anotando el resultado en la cedula de encuesta.



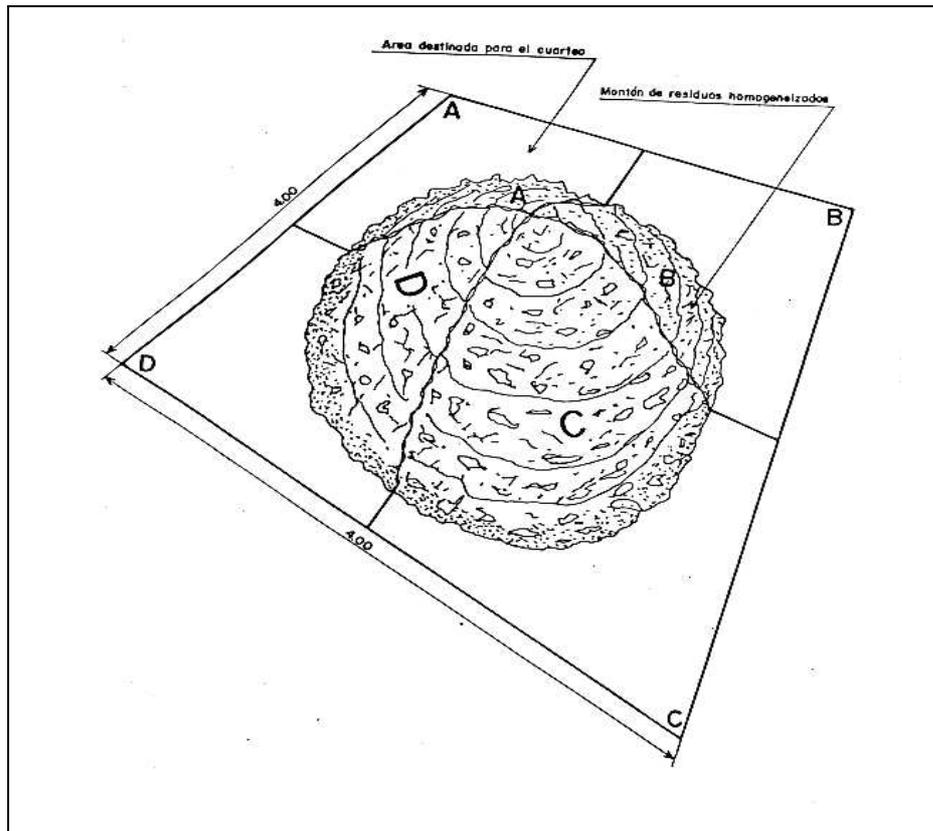


Figura 13. El método del cuarteo El volumen de basura producto del vaciado de las bolsas se traspalea con una pala o un bieldo, hasta homogeneizarlos. Posteriormente se divide en cuatro partes aproximadamente iguales ABCY D, y se eliminan las partes opuestas A y C o B y C.

VIII. PROCEDIMIENTOS DE CARACTERIZACIÓN

Para la caracterización de los residuos sólidos urbanos se utilizaron las Normas Mexicanas de Protección al Ambiente en materia de Residuos Sólidos. A continuación se presentan en forma sintetizada los puntos más relevantes del procedimiento utilizado.

NMX-AA-015-1985

Esta Norma, establece el método de cuarteo para residuos sólidos urbanos y la obtención de especímenes para los análisis en el laboratorio.

Para aquellos residuos sólidos de características homogéneas, no se requiere seguir el procedimiento descrito en esta norma.

Para el cuarteo, la muestra debe ser representativa de la zona o estrato socioeconómico del área en estudio, obtenida según Norma Oficial Mexicana NOM-AA-61.

NMX-AA-019-1985

Esta Norma Oficial Mexicana, establece un método para determinar el peso volumétrico de los residuos sólidos urbanos en el lugar donde se efectuó la operación de "cuarteo".

NMX-AA-022-1985

Esta Norma Mexicana establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los Residuos Sólidos Urbanos.

NMX-AA-061-1985

Esta Norma Oficial Mexicana especifica un método para determinar la generación de residuos sólidos urbanos a partir de un muestreo estadístico aleatorio. Para efectos de aplicación de esta norma los residuos sólidos urbanos se subdividen en domésticos (que son los generados en casas habitación) y en no domésticos (generados fuera de las casas habitación).

8.1 Procedimiento de almacenamiento y Cuarteo

Una vez teniendo almacenadas las muestras de cada estrato se realiza el cuarteo como lo indica la siguiente.

Se depositaban en el centro del área de cuarteo las muestras correspondientes a un estrato; se mezclaba perfectamente tratando de homogenizar las muestras,

dispersándose en toda el área. El total de material de las muestras se dividió en cuatro partes iguales, denominadas sectores A, B, C y D.

Se seleccionaban los sectores A y C o B y D, utilizando lo restante para la determinación del peso volumétrico; con lo que queda se efectuaba la homogenización y se repetía el cuarteo una vez más para realizar el peso volumétrico.

8.2. Obtención de la Generación Per cápita

La producción de residuos sólidos domésticos es una variable que depende básicamente del tamaño de la población, sus características socioeconómicas y la climatología general de la zona. Este parámetro asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; siendo la unidad de expresión el kilogramo por habitante por día (Kg./hab./día), En general la producción de residuos y su composición varía considerablemente de unos países a otros, y en México de una región a otra, está en función básicamente del grado de desarrollo y niveles de bienestar.

8.3 Peso volumétrico “in situ”

En esta determinación se utilizó un recipiente (tambo de plástico) con capacidad de 200 lts, el mismo que se pesó completamente vacío y seco, tomando este peso como tara del recipiente.

Este recipiente se llenó con los desechos sólidos homogenizados de los sectores A y C o B y D del cuarteo, acomodándolos perfectamente dentro del recipiente, teniendo cuidado de no presionar los desechos al colocarlos en el recipiente, con la finalidad de no alterar los datos de densidad que se obtendrían.

Finalmente se obtuvo el peso de la basura por diferencia, entre la tara y el peso del recipiente conteniendo a los desechos sólidos; calculándose después el peso

volumétrico *"in situ"* de los residuos. El procedimiento se realizó para cada uno de los estratos considerados en la muestra.

8.4 Cuantificación de Subproductos

Con 50 kg de residuos sólidos como mínimo de las porciones B y D del cuarteo, se realizaba la separación de treinta subproductos, depositándose en bolsas de polietileno para pesarlos posteriormente. Los sobrantes de la separación anterior se tamizaban con malla No. 10, obteniéndose así el residuo fino. Los pesos de cada subproducto eran registrados en la hoja de campo correspondiente. Igualmente el procedimiento se realizó para cada uno de los estratos considerados en la muestra.

IX. RESULTADOS

Para la caracterización de estos residuos siguiendo lo indicado por la Norma Mexicana de La Secretaria de Comercio y Fomento Industrial NMX-AA-61-1985, en Parras de la Fuente, se determinaron tres estratos socioeconómicos y zona centro de la población usando los criterios de estratificación por población y viviendas. Los resultados obtenidos se ilustran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Estratificación. Por nivel socioeconómico: alto, medio, bajo y zona centro, en donde se cuenta con los diferentes estratos.

Población	Total de viviendas	Densidad de viviendas Por estrato				% de viviendas por estrato			
		Alta	Medio	Bajo	Centro	Alta	Media	Bajo	Centro
Parras de la Fuente	11383	4973	3247	939	2224	43.69	28.52	8.25	19.54

9.1. Validación de la muestra y estimadores

En el área de estudio se identificaron 4 estratos en función de la densidad de viviendas y sectores considerando como unidades de la población las unidades habitacionales, las cuales se identificaron como ya se mencionó en el apartado 2.3 Inicialmente en gabinete, se determinó una muestra preliminar de 203 unidades distribuidas en cada estrato de manera proporcional al tamaño de éstas (Muestreo Estratificado Aleatorio con Distribución Proporcional), como se presenta en el cuadro 2.

El muestreo se realizó del 29 de Septiembre al 4 de octubre del 2010., y durante el transcurso del mismo 21 unidades de las seleccionadas abandonaron o desistieron de cooperar, no entregando de manera diaria sus residuos domiciliarios. De esta manera el muestreo realizado (n realizada) consistió de 182 viviendas.

Cuadro 2. Distribución de la muestra preliminar

Densidad de vivienda	Población (viviendas)	No.(premuestra)	No. (muestra) realizada
Alta	4973	88	78
Medio	3247	58	49
Bajo	939	17	17
Centro	2224	40	40
Total	11383	203	184

Obtenidos los datos de toda la muestra, se realizó la prueba de DIXON como se especifica en la norma **NMX-AA-61-1985** para la identificación de observaciones anómalas, identificándose 2 observaciones de este tipo en el estrato densidad alta, 2 en la de media, 1 en la de baja y 2 en la zona centro. Excluidas del análisis éstos datos, la muestra, distribución final y estimadores se muestran en el cuadro3.

La media estratificada se calcula a partir de la obtención de las medias muestrales de cada estrato y el conocimiento del tamaño de cada estrato (Ni) y de la Población (N), con la siguiente expresión:

$$\bar{X}_e = \frac{\sum_{i=1}^L N_i \bar{x}_i}{N}$$

Donde

L= número de estratos (4)

i = i-ésimo estrato

N = Tamaño de la población

\bar{x}_i = media muestral obtenida en el estrato i-ésimo

Cuadro 3. Estimadores estadísticos obtenidos con la muestra preliminar.

Densidad de vivienda	Ni (viviendas)	Ni	Media gr/hab/día	Varianza muestral S ² n _i	Desviación estándar muestral S n _i
Alta	4973	76	307.84	20361.41	142.69

Densidad de vivienda	Ni (viviendas)	Ni	Media gr/hab/día	Varianza muestral S ² n _i	Desviación estándar muestral S n _i
Medio	3247	47	355.32	42013.89	204.97
Bajo	939	16	314.6	25341.15	159.19
Centro	2224	38	378.57	57518.47	239.83
Total	11383	177	□ e = 335.76		

Como se puede observar el valor de la varianza y desviación estándar obtenido en cada uno de los estratos es muy diferente, lo cual condiciona que para obtener el tamaño de muestra definitivo se utilizó una distribución óptima, En la asignación óptima, las observaciones se distribuyen en los estratos, de tal manera que proporcionen el error estándar mínimo de un total de n observaciones.

En el presente estudio se utilizó una precisión **D** o máximo error permitido en la estimación del estimador (□_e) de 15 gr y una confiabilidad del 95% para la estimación de los intervalos de confianza.

Con el muestreo estratificado con distribución óptima, la expresión para obtenerla es la siguiente:

$$n = \frac{\left(\sum_{h=1}^L N_i S n_i \right)^2}{N^2 D^2 + \sum_{h=1}^L N_i S n_i^2} \quad n_i = \left(\frac{N_i S n_i}{\sum_{h=1}^L N_i S n_i} \right) n$$

Donde

D = Error permitido (precisión)

En el cuadro 4 se muestran los cálculos de los diferentes componentes de la expresión anterior, obteniéndose un valor de n sobre la base de la D especificada.

Cuadro 4. Secuela de cálculos para la obtención del tamaño de la muestra, considerando una distribución óptima.

Estrato	Ni	S ² ni(varianza)	Sin (desviación estándar)	Ni Sni	NiS ² ni
Alto	4973	20361.41	142.69	709614.34	101257291.93
Medio	3247	42013.89	204.97	665547.01	136419100.83
Bajo	939	25341.15	159.19	149478.51	23795339.85
Centro	2224	57518.47	239.83	533382.11	127921077.28
Sumatorias:	11383			2058021.97	389392809.89

$$n = \frac{(2058021.97)^2}{(11633^2)(15^2) + 389392809.89} = 143.4$$

El tamaño de muestra considerando un error de 15 gr es de 143 unidades, menor al realizado que fue de 177.

De acuerdo a la distribución Óptima, el tamaño de muestra que corresponde a cada uno de los estratos se obtiene con la siguiente expresión:

El tamaño de muestra para cada estrato obtenidos con la expresión anterior, y el realizado se presentan en el cuadro 5, en donde podemos observar que la muestra general y su distribución en cada uno de los estratos esta validada.

Cuadro 5. Comparación del tamaño de muestra y distribución realizada y la obtenida con un error absoluto de 15 gr. (d = 15)

Estrato	muestra realizada	muestra mínima	Validación
Bajo	76	50	Positiva
Media	47	47	Positiva
Alto	16	11	Positiva
Z. Centro	38	38	Positiva
n	177	146	Positiva

El intervalo de confianza para la media estratificada ($\bar{x}_e = 335.76$) se obtiene con la siguiente expresión:

$$IC_{1-\alpha} = \bar{x}_e \pm Z_{\alpha/2} S_{\bar{x}_e}$$

Donde:

$IC_{1-\alpha}$ = Intervalo de confianza (1-.05) = .95

\bar{x}_e = media estratificada

$Z_{\alpha/2}$ = Valor de la distribución normal $Z = 1.96 \sim 2$

$S_{\bar{x}_e}$ = Desviación estándar del estimador de la media estratificada.

$$S_{\bar{x}_e} = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{h=1}^L \left[\frac{N_i^2 S_{n_i}^2 \left(1 - \frac{n_i}{N_i} \right) \right]}$$

El valor de la desviación estándar de la media estratificada aplicando la expresión anterior es.

$$S_{\bar{x}_e} = \sqrt{\frac{1}{11383^2} [17604104241]} = 14.06$$

Finalmente el intervalo de confianza al 95% de confianza para la media estratificada obtenida es:

$$IC_{(95\%)} = 307.65 \text{ gr} \leq \bar{x}_e \leq 363.87$$

9.2. Estimación de la generación total de los residuos sólidos urbanos

9.2.1. Generación per cápita de R.S.U, domiciliaria.

De acuerdo a los volúmenes recolectados de basura en cada estrato y a los datos recopilados durante los siete días de muestreo obtenidos de cada vivienda, se calculó primero el promedio de generación de residuos por vivienda por día, y posteriormente el promedio de generación de residuos por persona. De acuerdo a la Norma NMX-AA-61-1985 obteniéndose la generación domiciliaria. Al no contar con

datos censales específicos del número de habitantes por estrato y/o sector de Parras de la Fuente, la generación en toneladas de RSU diarios por estrato y total se obtiene del conocimiento del número de viviendas por estrato y la generación de RSU obtenida de éstas. Los datos obtenidos se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Generación total de residuos sólidos domiciliarios.

Estrato	Densidad de viviendas	Total De Viviendas	kg/vivienda/día	kg/hab/día	RSU kg/día/estrato
Bajo	Alta	4,973	1.56	0.308	7757.88
Medio	Media	3,247	1.34	0.355	4350.98
Alto	Baja	939	1.18	0.315	1108.02
z. centro	Centro	2,224	1.54	0.400	3424.96
	Total	11,383	1.462*	0.340*	16641.84

La generación per cápita de RSU es mayor en el estrato de la zona centro, seguido por el estrato de densidad media, luego por densidad baja y por último de densidad alta, mismo comportamiento se observa en la generación de RSU por vivienda. Si trasladamos lo anterior a niveles socioeconómicos, se puede decir que la generación de RSU es mayor en el nivel socioeconómico medio, seguido por el alto y el que menos RSU genera sería el nivel bajo. Lo anterior puede tener su explicación en que el periodo que se levantó la muestra, coincidió con el descascarado de la nuez, que en la localidad se realiza de manera manual y que muchos hogares aprovechan esta actividad para generar un ingreso económico extra, razón por la cual el RSU se incrementó en el componente orgánico como se trata en un apartado posterior.

Por otro lado los valores de generación *per cápita* por estrato y la media general estratificada (.340 kg) se consideran bajos y propios de una localidad urbana pequeña con un contexto rural (localidad rural – urbana).

Finalmente La generación de RSU domiciliarios en Parras de la Fuente obtenida es de 16.642 toneladas por día.

9.3. Generación per cápita de Residuos Sólidos Urbanos, no domiciliarios

Se consideran residuos no domiciliarios, aquellos que se generan de las actividades comerciales y de servicios. En el presente estudio se consideraron empresas medianas y pequeñas del tipo de hoteles, restaurantes, etc. No se consideran Centros comerciales, hospitales industrias, clínicas, laboratorios y Hoteles grandes tipo *resort* porque por norma deben contratar servicios privados de acuerdo al tipo de residuo que generen.

Todos los comercios de la muestra están ubicados en la zona centro y la formaron 2 hoteles, 3 restaurantes, 1 heladería, 1 peletería, 1 farmacia, 1 “mini súper” – expendio de vinos y licores, en total 9 unidades de este tipo constituyeron la muestra. Del directorio de establecimientos se obtiene que existan aproximadamente 45 establecimientos comerciales y de servicios en la zona centro.

Para fines de este estudio, se consideraron como un estrato aparte de la muestra a los cuales se les aplicó el mismo procedimiento para la colecta de los residuos generados por día, sin embargo, no es posible obtener un resultado de generación diaria *per cápita* porque no se les puede asignar un número fijo de habitantes, pero si generan residuos y utilizan los servicios urbanos. Los resultados de la muestra presentan una variabilidad amplia, y se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Estimadores muestrales obtenidos para establecimientos comerciales y de servicios.

n	□ kg/diarios/comercio	Sn ²	Sn
9	9.004	158.86	4.97

La imposibilidad de contar de manera previa con un inventario de los establecimientos comerciales y de servicios, tipología, ubicación y lo más importante, por su heterogeneidad, además de las limitaciones de tiempo y recursos, impidieron aplicar un diseño y estratificación específico para estos generadores de RSU.

9.4. Generación de R.S.U, diarios.

A pesar de las limitaciones de la muestra para el caso de los establecimientos comerciales y de servicios, sus resultados se consideraron en la generación global de los RSU de Parras de la Fuente. Partiendo de un número global de 1505 establecimientos de este tipo (INEGI, 2010), el RSU generados por día por los establecimientos comerciales y de servicios es:

Número de establecimiento (1505) * RSU promedio/establecimiento (9.004 kg) = 13551.02

La cantidad de RSU por día se muestra en la cuadro 8, del resultado, se calculó otro valor de generación

Cuadro 8. Generación total de Residuos Sólidos Urbanos.

Generación de residuos sólidos (Ton/día)		
R.S.U Domiciliaria	R.S.U No domiciliaria	Total
16.642	13.551	30.193

9.5. Proyección de los RSU para 25 años.

Resulta de suma importancia estimar la población futura que tendrá la comunidad por lo menos entre los próximos 10 a 25 años, a fin de calcular la cantidad de RSU que se deberá disponer diaria y anualmente. La estimación de la generación para los próximos 25 años, se realizó con los siguientes supuestos:

- Una tasa de crecimiento medio anual de la población (TCMA) de 1.3%, obtenido de los datos reportados para Parras de la Fuente del Censo de población y Vivienda 2000 y el Censo General de Población 2005.
- La proyección es sobre la base de generación de RSU por día totales (domiciliarios + no domiciliarios) con una generación *per cápita* de .912 kg (obtenido de la razón de lo reportado en cuadro 8 y la población al año 2005).

- Que la generación *per cápita* se mantiene constante en todo el período de la proyección, sin tomar en cuenta tasa de incremento que pudiera derivarse de un incremento del nivel de ingreso y bienestar general.

Los resultados de la proyección se muestra en la cuadro 9, en donde podemos observar que la generación acumulada al año 2030 será de 338,407.282 toneladas de RSU La generación promedio diaria en los 25 años es de 35.659 toneladas diarias con un promedio anual de 13, 015.665 toneladas.

Cuadro 9. Generación de los Residuos Sólidos Urbanos para los próximos 25 años.

Año	Población total	Generación per cápita kg/hab/día	Generación Ton/día	Generación Ton/año	Generación Anual Acumulada Ton.
2005	33115	0.9120	30.201	11023.321	11023.321
2006	33545	0.9120	30.593	11166.624	22189.946
2007	33982	0.9120	30.991	11311.790	33501.736
2008	34423	0.9120	31.394	11458.844	44960.580
2009	34871	0.9120	31.802	11607.809	56568.389
2010	35324	0.9120	32.216	11758.710	68327.099
2011	35783	0.9120	32.634	11911.573	80238.672
2012	36249	0.9120	33.059	12066.424	92305.096
2013	36720	0.9120	33.488	12223.287	104528.384
2014	37197	0.9120	33.924	12382.190	116910.574
2015	37681	0.9120	34.365	12543.159	129453.733
2016	38171	0.9120	34.812	12706.220	142159.952
2017	38667	0.9120	35.264	12871.401	155031.353
2018	39169	0.9120	35.723	13038.729	168070.082
2019	39679	0.9120	36.187	13208.232	181278.314
2020	40194	0.9120	36.657	13379.939	194658.253
2021	40717	0.9120	37.134	13553.878	208212.132
2022	41246	0.9120	37.617	13730.079	221942.211
2023	41783	0.9120	38.106	13908.570	235850.781
2024	42326	0.9120	38.601	14089.381	249940.162
2025	42876	0.9120	39.103	14272.543	264212.705
2026	43433	0.9120	39.611	14458.086	278670.792
2027	43998	0.9120	40.126	14646.041	293316.833
2028	44570	0.9120	40.648	14836.440	308153.273
2029	45149	0.9120	41.176	15029.314	323182.587
2030	45736	0.9120	41.711	15224.695	338407.282

9.6. Peso Volumétrico

El peso volumétrico (cuadro 10) de los residuos sólidos muestra que los residuos más densos se generan en la zona de densidad de vivienda alta (clase socioeconómica baja), y los de menor densidad en las de densidad baja (clase alta), lo que se puede traducir en que las clase de nivel socioeconómico bajo en sus residuos muestran mayor cantidad de cartón y plásticos, muy comunes en productos desechables, y que generan menor cantidad de residuos de tipo orgánico,

generalmente resultantes de residuos en la elaboración de alimentos o sobrantes de éstos. Por el contrario en la clase alta o en los comercios, los residuos muestran mayor cantidad de orgánicos resultantes de la elaboración de alimentos o sobrantes de éstos, y menor cantidad de cartón y plásticos.

Cuadro 10. Peso volumétrico de los residuos sólidos urbanos.

Estrato	Densidad de vivienda	Peso Volumétrico (kg/m ³)
bajo	Alta	143.51
medio	Media	181.73
alto	Baja	230.95
medio	Centro	182.40
alto	Comercios	270.92
	PROMEDIO	201.902

Dentro de la estratificación los comercios fueron los que registraron mayor peso volumétrico debido a que los residuos de cocina tienen por lo general poco volumen pero más peso, a diferencia, en el estrato socioeconómico bajo en el que este tipo de residuos alimenticios son menores al 6% y se registra mayor presencia de bolsas papel y desechables que registran un volumen alto y un peso bajo (ver figura 14).

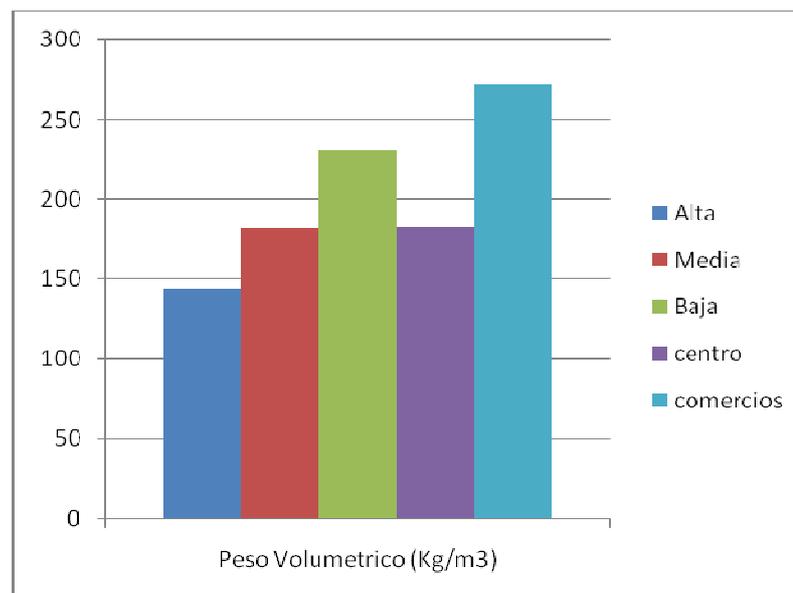


Figura 14. Peso volumétrico de los RSU por estrato, densidad de vivienda y sector

La determinación del peso volumétrico es de gran importancia, ya que con este dato se determina el número de unidades para el transporte en función de la capacidad de éstas, además sirve de base para proyectar las necesidades de espacio para el diseño del relleno sanitario. Con esta perspectiva, y con los datos obtenidos de la generación diaria y anual de RSU, las necesidades de transporte y volumen para confinarlo se muestran en el cuadro 11.

Cuadro 11. Generación de R.S.U (ton) y volúmenes estimados (m³)

Generación de RSU		Volúmenes de RSU	
kg/m ³	201.902	ton/m ³	0.202
ton/día	30.193	m ³ /día	149.470297
Ton/año	11020.445	m ³ /año	54556.6584

9.7. Composición de los RSU

La caracterización de los residuos en cuanto a su composición de acuerdo a la metodología, consistió en identificar y clasificar los residuos en 16 subproductos y posteriormente pesarlos. El procedimiento se realizó en cada uno de los estratos considerados y los resultados se muestran en el cuadro 12. De manera global en Parras de la Fuente el principal subproducto de los residuos domésticos, son los residuos orgánicos y los residuos alimenticios, lo restante está compuesto por materiales como: papel y cartón, vidrio, metal, plásticos y residuos tóxicos, entre otros.

Es notable observar que en el estrato de densidad media (estrato medio) y la zona centro, son los que presentan mayor porcentaje de este componente. Es importante conocer estos porcentajes ya que esto permite determinar de manera inmediata las alternativas de solución para el manejo y disposición final de estos residuos, entre los que sin duda se debe contemplar gestión de residuos orgánicos como es el

componteó, o como la selección y acopio de materiales reciclables como el plástico, cartón y papel.

Los pañales desechables también presentan un porcentaje importante en todos los estratos de la muestra, de alrededor del 10%, lo que puede indicar un incremento en el estrato de menores de 2 años en el estrato de la población, información se aclarará en los resultados del CGPV 2010.

Cuadro 12. Cantidades y porcentajes promedio de subproductos que componen a los residuos sólidos domiciliarios.

Clasificación	Alta		Media		Baja		Centro		% promedio
	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%
Cartón	2.73	1.302	2.36	1.351	3.31	1.715	2.5	1.554	2.725
Residuo fino(todo material que pase la criba 2.00)	2.7	1.288	3	1.715	4.15	2.149	2.16	1.344	3.003
Envase de cartón encerado	1.81	0.861	2.31	1.323	3.47	1.792	1.88	1.169	2.368
Hueso	1.06	0.504	1	0.574	2	1.036	1	0.623	1.265
Hule	6.93	3.304	5.96	3.409	7.04	3.64	8.32	5.173	7.063
Metales	2.42	1.155	2.97	1.701	3.39	1.757	2.71	1.687	2.873
Papel	8.13	3.878	8.34	4.767	4.98	2.576	14.11	8.771	8.89
Pañal desechable	13	6.195	10.59	6.055	11.68	6.041	9.3	5.782	11.143
Plástico rígido y de película	6.53	3.115	6.75	3.857	7.08	3.661	7.74	4.809	7.025
Poliestireno expandido	1.36	0.651	1.51	0.861	2.48	1.281	1.24	0.77	1.648
Residuos alimenticios	9.87	4.704	18.95	10.836	9.23	4.774	17.06	10.605	13.778
Residuos de jardinería	3.31	1.575	1	0.574	2	1.036	1	0.623	1.828
Trapo	4.32	2.058	1.89	1.078	3.28	1.694	2.62	1.631	3.028
Vidrios	6.25	2.982	5.86	3.353	4.01	2.072	5.46	3.395	5.395
Materia Orgánica	17	8.106	16	9.149	17.23	8.911	16.25	10.101	16.62
Otros	12.58	5.999	11.51	6.58	14.67	7.588	6.65	4.137	11.353
TOTAL	100	47.68	100	57.183	100	51.723	100	62.174	100

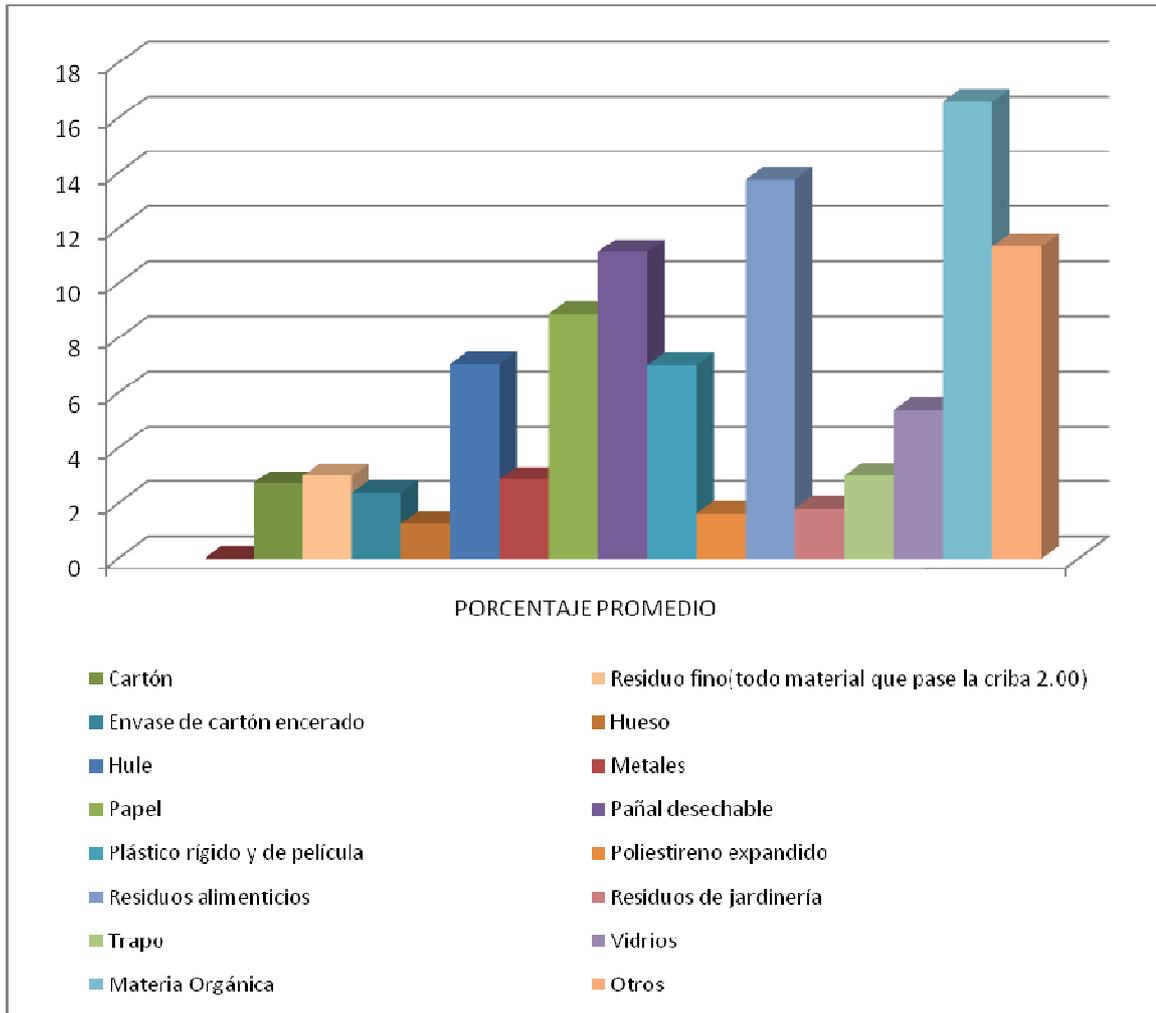


Figura 15. Composición de los RSU en Parras de la Fuente, Coahuila.

9.8. Estrado socioeconómico bajo densidad de vivienda Alta.

En el estrato de densidad alta de vivienda alto los subproductos más representados en los RSU son la materia orgánica, pañales desechables, residuos alimenticios y papel, además de la categoría de “otros”. Los menos representados son el hueso, envases de cartón encerado y el poliestireno expandido (ver figura 16).

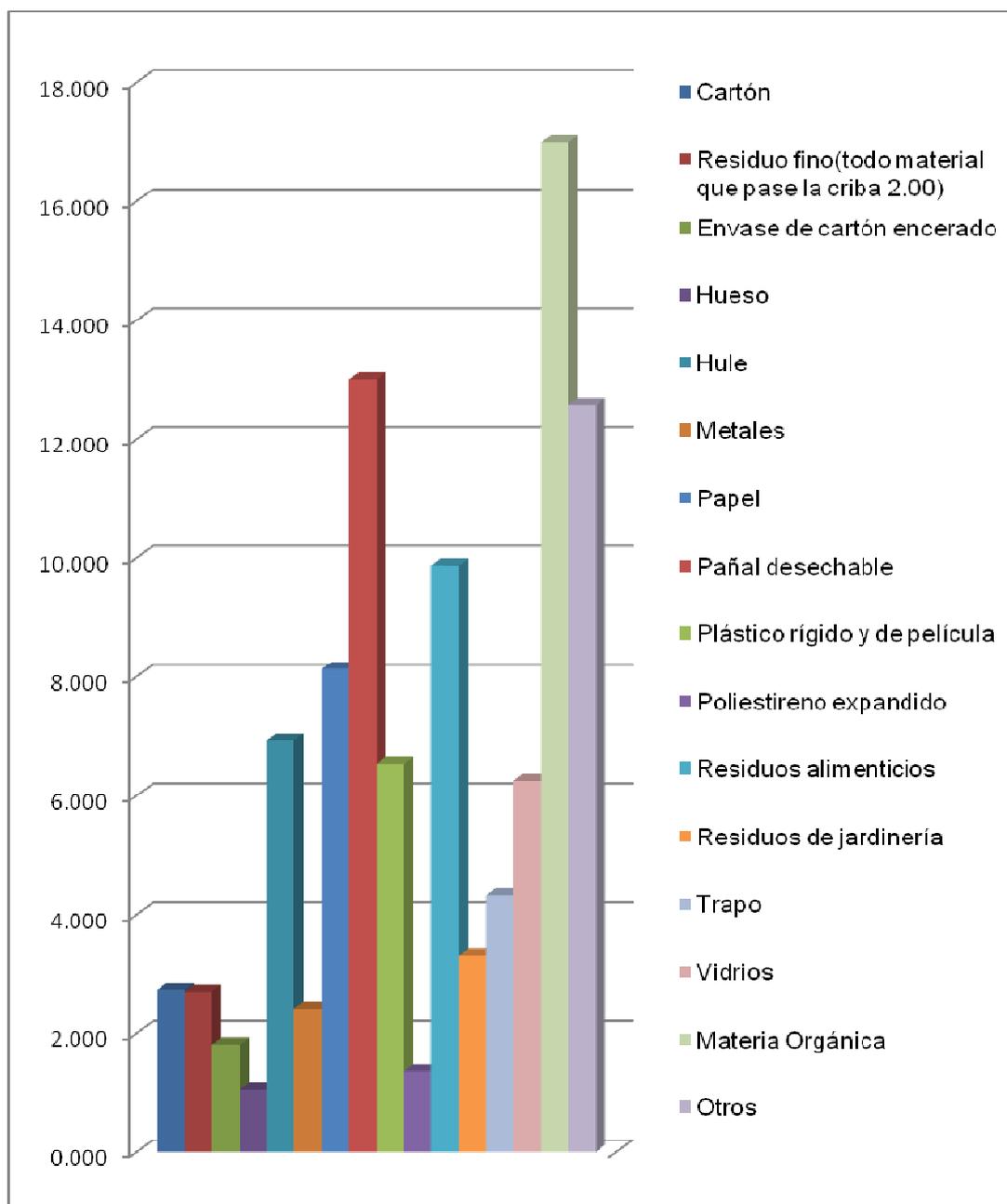


Figura 16. Composición de los RSU domiciliarios densidad alta.

9.9. Estrato socioeconómico medio Densidad de vivienda Media

En el estrato de densidad de vivienda media, los principales subproductos generados están representados por los residuos alimenticios, materia orgánica y en menor

medida por los pañales desechables. Por otro lado los menos representados son el hueso, los residuos de jardinería y trapos. (Ver figura 17)

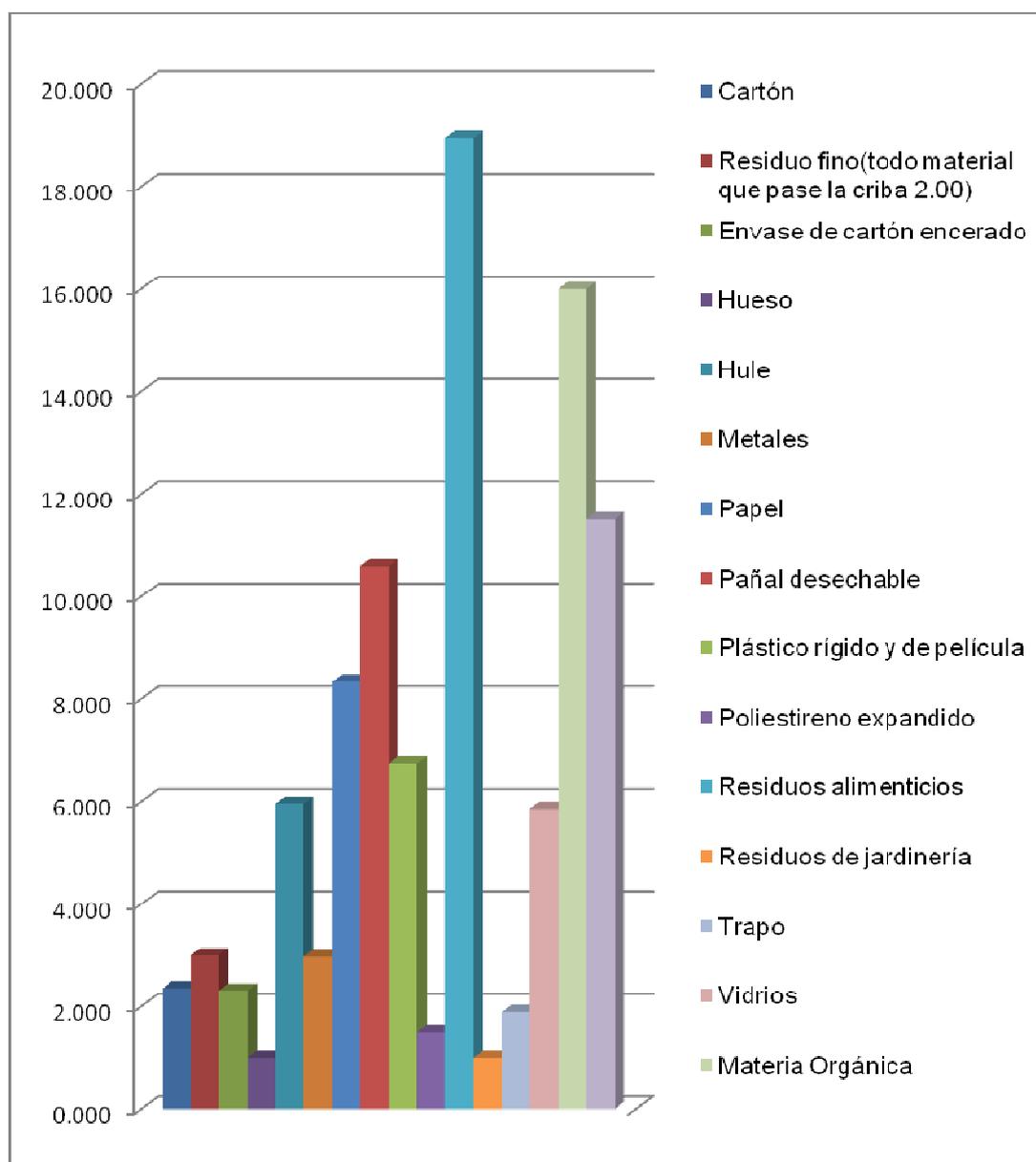


Figura 17. Composición de los RSU domiciliarios densidad media.

9.10. Estrato socioeconómico alto de densidad de vivienda baja

En el estrato de densidad de vivienda bajo, los tipos de residuos más representados son la materia orgánica, residuos alimenticios y el pañal desechable y aparecen en

mayores porcentajes los plásticos, hule, cartón, papel y el cartón encerado. Por otro lado los menos representados son el hueso y los residuos de jardinería (ver figura 18).

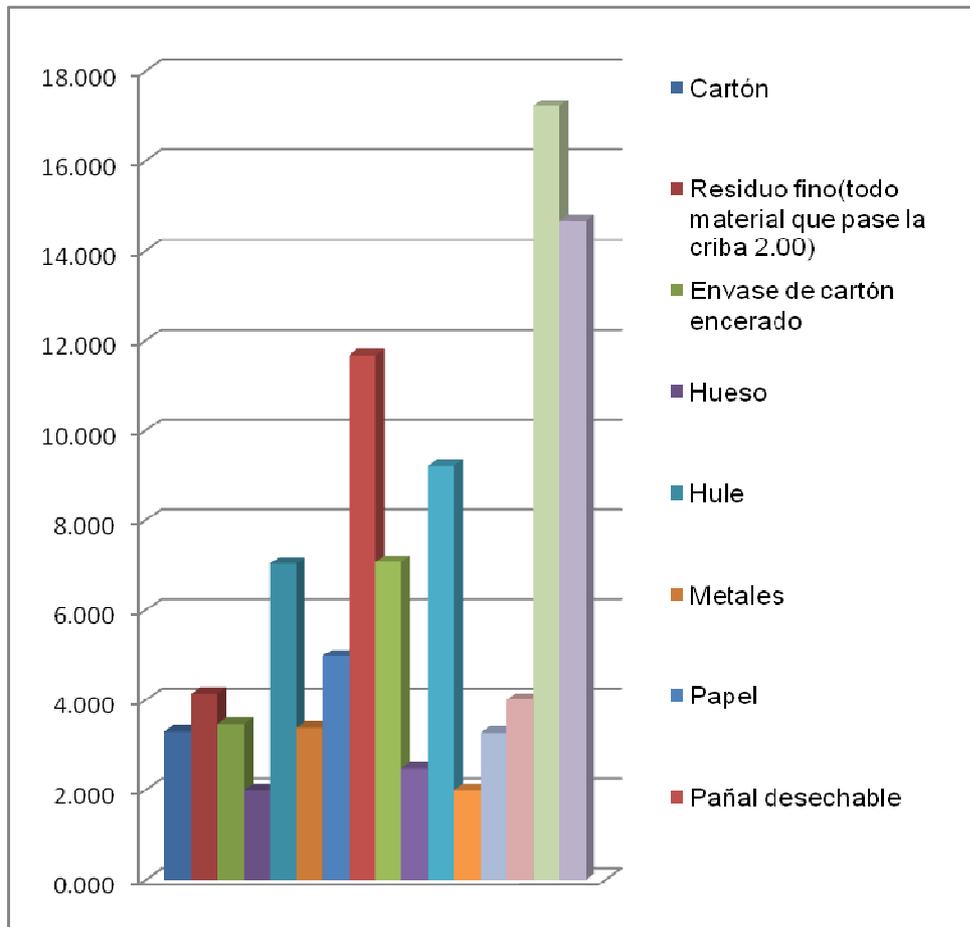


Figura 18 Composición de los RSU domiciliarios densidad baja.

9.11. Estrado de Zona Centro

En la zona centro donde se encuentran los tres estratos socioeconómicos alto, medio y bajo, los subproductos con mayor presencia son: materia orgánica, residuos alimenticios, pañales desechables y papel. Con menor proporción pero significativos, el hule, los plásticos y el vidrio (ver figura 19).

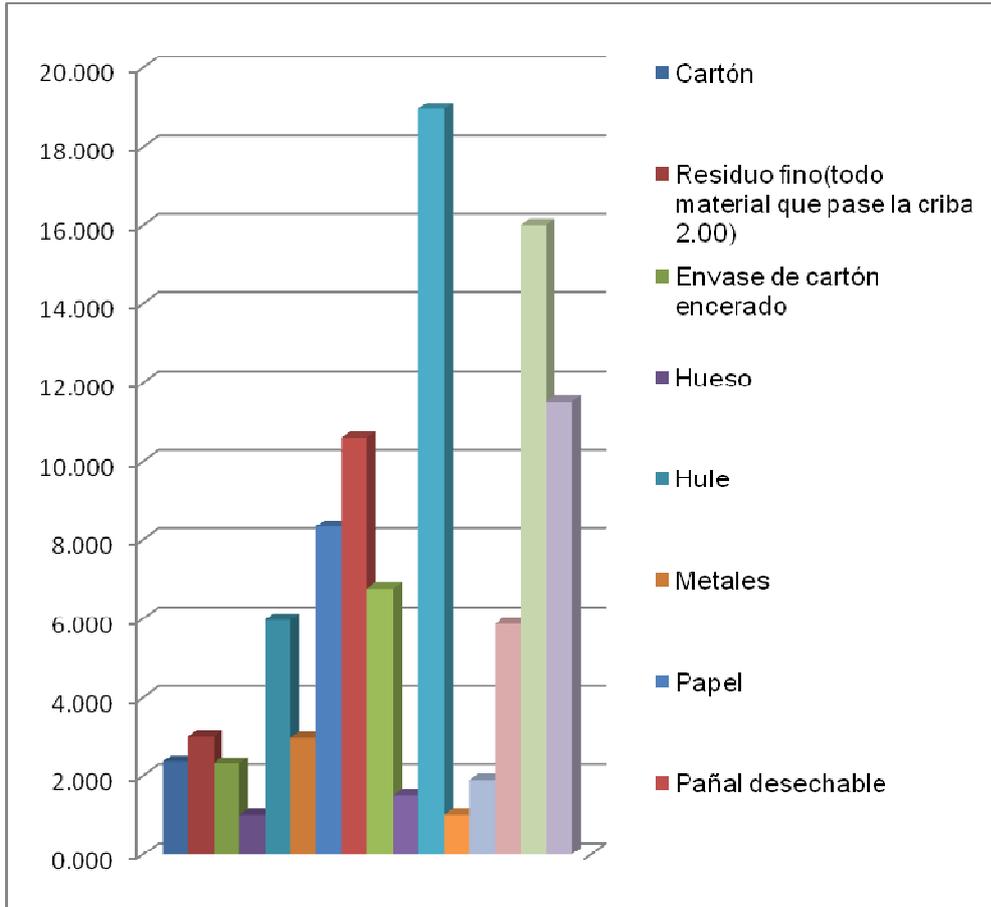


Figura 19 composición promedio de los RSU zona centro.

9.12. Composición de los RSU de Establecimientos Comerciales y de Servicios

Para el caso de los RSU no domiciliarios, se procedió de la misma manera en el procedimiento de cuarteo, y clasificación de los residuos para conocer su composición. Los resultados se muestran en el cuadro 13 y figura 18, en donde sobresalen por su participación los residuos alimenticios, y en menor proporción pero significativa el papel y hule.

Cuadro 13. Clasificación de R.S.U en establecimientos comerciales y de servicios.

CLASIFICACION	CENTROS COMERCIALES	
	%	Kg
Algodón	1.23	0.10
Cartón	2.20	0.18
Hueso	1.49	0.12
Hule	9.14	0.75
Lata	1.52	0.13
Papel	9.24	0.76
Plástico rígido y de película	5.07	0.42
Poliestireno expandido	0.66	0.05
Residuos alimenticios	60.51	4.99
Vidrio transparente	5.04	0.42
Otros	3.91	0.32
TOTAL	100.00	8.25

Parras de la Fuente, por la atracción de su tradición vitivinícola y dulces artesanales, es un lugar de turismo de temporada y de fines de semana, y es la razón de la gran generación de residuos alimenticios.

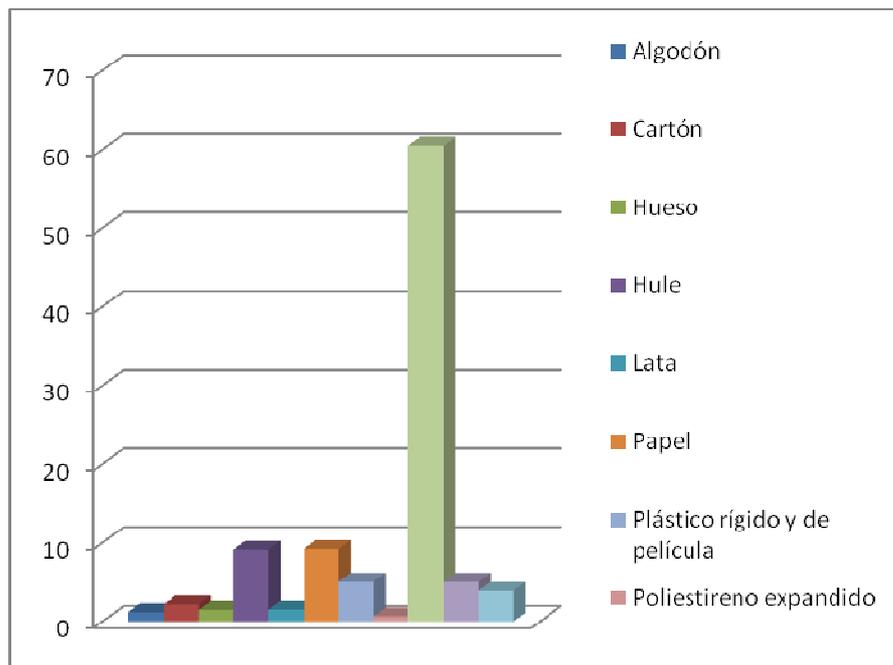


Figura 20. Composición de los RSU no domiciliarios (centros comerciales)

X. CONCLUSIONES

La generación per cápita de Residuos Sólidos Urbanos generados en las viviendas de Parras de la Fuente es de 0.340 kg/hab/día y el de los establecimientos comerciales es de 9.004 kg/establecimiento/día, que en conjunto generan 30.193 toneladas diarias de RSU, que de acuerdo al peso volumétrico obtenido (202 kg/m^3) representan un volumen de 149.5 m^3 de RSU que requieren su colecta, transporte y confinamiento adecuado.

Los subproductos más representados en la composición de los RSU, son la materia orgánica y los residuos alimenticios que representan más del 30%, en menor proporción pero muy significativa los pañales desechables (11%) lo que indica un estrato grande de población que son menor de 2 años.

Los resultados de la composición de los RSU, señalan sin duda el potencial de reutilización de los residuos orgánicos y alimenticios para compostaje en los mismos hogares y/o en el sitio de disposición final. También es factible la separación domiciliaria, con lo cual se reducirían gastos en los servicios municipales. Sin embargo, en los sectores de densidad alta de viviendas y zona centro, la poca disponibilidad de espacio y la educación ambiental son un obstáculo para este objetivo.

El peso volumétrico de los RSU generados en Parras de la Fuente es ligero (202 kg/m^3), lo que brinda la oportunidad de su prensado para eficientar el espacio en camiones recolectores y sitio de disposición final (relleno sanitario). Por lo cual para este fin, es recomendable que los camiones recolectores cuenten con sistema de prensado hidráulico.

No se encontraron grandes diferencias en cuanto a la composición de los RSU domiciliarios generados en cada uno de los estratos, y tampoco en su generación *per*

cápita, sin embargo es la zona centro la que muestra la mayor tasa de generación (400 gr/hab/día).

La generación de los RSU generados por establecimientos comerciales y de servicios, aporta casi el 45% de los RSU totales generados en Parras de la Fuente (13.551 ton/día), lo cual debe considerarse en la operación del servicio de recolección en los servicios municipales, ya que se a diferencia del número de unidades habitacionales (11,383 viviendas), los establecimientos son 1505, entonces esta generación es más concentrada en menos localizaciones urbanas.

Las proyecciones de la generación de residuos al año 2030, presentan una generación promedio diaria de 35,659 toneladas/diarias de RSU, con un acumulado promedio por año de 13, 016 toneladas.

XI. BIBLIOGRAFIA

- Acurio, G., A. Rossin, P. F. Teixeira, and F. Zepeda. Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Julio de 1997.
- Bruner, 2003. Sanitary landfill Design and Operation
- DGSU, 1992. Dirección General de Servicios Urbanos.
- Franke, 1999. Memorias del Seminario Internacional sobre Manejo Integral de Residuos Sólidos.
- Freese, F. 1969. Muestreo forestal elemental. Boletín de Agricultura No. 232. Estación Experimental del Sur, Servicio Forestal, Departamento de Agricultura de los E. U. A. Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional. México/ Buenos Aires. 96 p.
- Hernández, 1998. Manual del manejo de residuos sólidos.
- Jaramillo y Zepeda, 2001. Guía de diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios, manuales de la organización Panamericana de la salud.
- Rosiles G, 1999, manejo de los residuos sólidos en México. En memorias del seminario internacional sobre manejo integral de residuos sólidos. Sustenta SEMARNAP-INE.
- Méndez, 2006. Tratamiento fisicoquímico de los lixiviados de un relleno sanitario, México: red de ingeniería revista académica, 2006.
- Tchbanougous, 1993. Engineering principles and management issues.
- Villa S., A., M. Caballero D. 1977. Técnicas de muestreo usadas en México en inventarios forestales, desarrollo histórico. Ciencia Forestal. 2(10):3-30.

Young y Parker, 1984, mejoramiento del sistema de extracción de gases en el Antiguo vertedero de cosmito.

CITAS CONSULTADAS EN INTERNET

<http://www.iiap.org>

<http://www.revistabuenviaje.com>.

<http://www.ine.gob.mx>

<http://www.ambientum.com>

<http://www.eumed.net>

<http://www.infored.com>.

<http://www.semarnat.gob.mx>

<http://www.ambienteecologico.com>

<http://www.semarnat.gob.mx>

ANEXOS

NMX-AA-015-1985

CEDULA DE INFORME DE CAMPO PARA EL CUARTEO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.	
No de Folio:	Localidad:
Municipio:	Estado:
Fecha y hora del cuarteo:	
Procedencia de la Muestra:	
Condiciones Climatológicas	
Imperantes Durante el Cuarteo (describa):	
Cantidad de Residuos Sólidos para el Cuarteo:	
Cantidad de Residuos Sólidos para la Selección de Subproductos:	
Cantidad de Residuos Sólidos para los Análisis Físicos, Químicos y Biológicos	
Responsable del Cuarteo:	
Nombre:	Cargo:
Dependencia o Institución:	
Observaciones:	

NMX-AA-019-198

CEDULA DE INFORME DE CAMPO PARA LA DETERMINACION DE PESO VOLUMETRICO "IN SITU" DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.	
No de Folio:	Localidad:
Municipio:	Estado:
Fecha y hora de la determinación:	
Procedencia de la Muestra:	
Estrato socio-económico muestreado	
Condiciones climatológicas imperantes durante la determinación:	
Capacidad del recipiente:	
Tara del recipiente:	
Capacidad del recipiente tomada para la determinación:	
Peso bruto(peso del recipiente con residuos sólidos):	
Peso neto de los residuos sólidos(peso bruto de la tara):	
peso volumétrico "in situ" de los residuos sólidos:	
Responsable de la determinación:	
Nombre:	
Cargo:	
Dependencia o institución:	
Observaciones:	

NMX-AA-022-1985

CEDULA DE INFORME DE CAMPO PARA LA SELECCIÓN Y CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS	
No de Folio:	Localidad:
Municipio:	Estado:
Fecha y hora del análisis:	
Procedencia de la Muestra:	
Estrato socio-económico muestreado:	
Peso de la muestra:	
Capacidad del recipiente:	
Tara de las bolsas:	
Responsable del análisis:	
Cargo:	
Dependencia o institución:	
Observaciones:	

NMX-AA-61-1985

CEDULA DE INFORME DE CAMPO PARA EL MUESTREO DE GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS	
No de muestra:	No. Aleatorio:
Municipio:	Estado:
Calle:	No.
Colonia:	
Estrato socio-económico muestreado	
Habitante/ casa:	kg
Tipo de recipiente:	
Que hace con los residuos si no pasa el camión:	
Opinión sobre el servicio de recolección:	buena Mala regular
Nombre del encuestado:	
Cargo:	
Dependencia o institución:	
Observaciones:	