

II. Manejo y disposición de los residuos sólidos no peligrosos en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Pedro Vera Toledo, Alejandro Mendoza Castañeda,
Juan José Villalobos Maldonado

Introducción

La degradación de la calidad del medio es algo innegable, tan sólo por el manejo inadecuado de los residuos sólidos catalogados como residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos de manejo especial (RME), considerados en México como residuos que no poseen características de peligrosidad^[10], se generan los siguientes problemas: bloqueo de corrientes de agua, deterioro de lugares de recreación, contaminación de acuíferos, contaminación de cuerpos de agua superficiales, salinización de suelos, proliferación de fauna nociva y generación de malos olores, emisiones contaminantes del aire, éstas últimas como consecuencia del desprendimiento de sustancias volátiles contenidas en los residuos; generación de gases como producto de la fermentación de los residuos orgánicos, o como consecuencia del arrastre por el viento de los residuos de distinta índole^[5].

A lo anterior, se suma la contaminación ocasionada cuando se incendian los sitios de disposición final llamados “basureros” emitiendo partículas y todo tipo de sustancias tóxicas liberadas en los procesos de combustión de distintos tipos de materiales, que incluyen a las dioxinas, compuestos clorados de gran toxicidad que han mostrado ser

capaces de causar una variedad de efectos negativos en animales expuestos, tales como pérdida de peso y problemas en el hígado (daño hepático) o alteraciones en la función reproductiva de una cantidad creciente de especies animales de la vida salvaje^[1 17]. En otros casos, se muestran alteraciones en la respuesta inmune (lo que los hace vulnerables a bacterias y virus) o bien, puede ocasionar acción nociva en el sistema reproductivo y en las crías. Las dioxinas ingresan al ambiente como subproductos no intencionales de procesos de combustión, entre los que sobresale la quema de basura por combustión de productos que contienen cloro, los bifenilos policlorados o el polivinilcloruro^[6], en este último los llamados termo-plásticos, sustancias sintéticas, de uso común en recubrimientos para cables eléctricos, tubería hidráulica-sanitaria, telefónica e industriales, cajas de distribución, perfiles para instalaciones, enchufes, clavijas, gabinetes y teclados para computadora.

Los subproductos de los RSU y RME una vez dispuestos, más agresivos para el ambiente son los lixiviados y el biogás. El biogás, producto de la digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos, es una mezcla de gases en cuya composición se reconocen un gran número de gases trazas, como: Monóxido de carbono, Nitrógeno, Oxígeno, compuestos orgánicos, Sulfuro de hidrógeno, Amoniac y saturado de agua, además de: dióxido de carbono CO_2 y metano CH_4 , se acepta que aproximadamente estos últimos son prácticamente el 100% del total^[14 26] además de ser de los principales gases de efecto invernadero que afectan las selvas neotropicales^[11].

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), el gas utilizado como unidad en potencial de calentamiento es el CO_2 , en esta escala el CH_4 posee un potencial de calentamiento 21 veces^[3], algunos autores reportan que por cada tonelada de basura se producen 200 hasta 370 m^3 de biogás^[2], si no es controlado por métodos apropiados, el biogás da origen a graves problemas de contaminación del aire, principalmente por emisiones de gas metano y su efecto de invernadero aunado al impacto a la salud humana, por las partículas aerotrasportables menores de 10 micras (gases, vapores, de sustancias potencialmente tóxicas; esporas, mohos, hongo, bacterias, virus potencialmente dañinos) y la incomodidad de los malos olores^[18].

Los lixiviados son un líquido que se forma por la reacción de arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que se infiltran en los suelos y escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos que contaminan el suelo y los cuerpos de agua, lo que representa un riesgo potencial a la salud humana y los demás organismos vivos ^[7 8].

En suma, de no contar con una sistema de manejo integral de residuos sólidos urbanos cualquier ciudad, está expuesta a todos los problemas señalados, sin embargo en el caso específico de Tuxtla Gutiérrez, se cuenta con un sistema que se encuentra integrado por las siguientes etapas: barrido, recolección domiciliaria y comercial, transporte, transferencia, traslado, disposición final, mantenimiento de posclausura del sitio de disposición final y la adquisición de terrenos en donde se construyó el relleno sanitario, y que de manera general cumple con su cometido y se ha trabajado para controlar, disminuir, mitigar y en algunos casos prevenir esta problemática.

Antecedentes

El crecimiento de la población de la capital chiapaneca ha sido exponencial y en igual proporción sus problemas, de forma tal que la generación de residuos ha tenido importantes sucesos.

Con una población cercana a 550 mil habitantes la ciudad de Tuxtla Gutiérrez^[4] requiere en promedio la recolección de parte del Servicio Integral de Manejo y Disposición de Residuos Sólidos Urbanos de 450 toneladas de residuos diarias, así también, los servicios particulares y privados generan una cantidad adicional no determinada hasta el momento de los mismos. Este volumen de residuos satura progresivamente al sitio de disposición final.

Por otra parte la separación de residuos sólidos en el municipio no está generalizada ni es obligatoria, lo que provoca que una gran parte de los materiales potencialmente reciclables se dispongan sin aprovecharse; de acuerdo con la Dirección de Limpia y Aseo Público (DLAP), los residuos potencialmente aprovechables representan el 40% del total generado en la ciudad. Según esta fuente únicamente son aprovechados, por

parte del ayuntamiento, entre el 1 y 2 % de lo que se genera diariamente por lo que el impulso al aprovechamiento de los materiales reciclables, representa una oportunidad económica y ecológica muy prometedora.

Hasta mediados del año 2006 el municipio de Tuxtla Gutiérrez había prestado el servicio de recolección de residuos sólidos en la ciudad, cambiando antes en algunos aspectos operativos menores, sin haber registrado en sí una modernización concreta en lo que a la calidad del servicio se refiere, que toca tangencialmente las etapas de transferencia y transporte de los residuos, amén que históricamente no se contemplaba la segregación, valoración, minimización y/o reciclaje de los productos susceptibles de ser aprovechados.

En la disposición final se planteaba un reto mayúsculo, puesto que en 2005 el ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, se enfrentó a la contingencia causada por el excesivo crecimiento de aves de rapiña que ponían en riesgo las operaciones del aeropuerto Francisco Sarabia^[29], a escasos 8 kilómetros del sitio, así como por los considerables riesgos sanitarios que representaba el sitio de disposición final de residuos sólidos, entre los que destacaban: generación totalmente incontrolada de lixiviados y emanaciones de biogás, existencia de fauna nociva, pepenadores, animales callejeros, entre otras causas, y por supuesto la falta de un plan concreto de operación del sitio.

Lo anterior dio origen a implementar un plan emergente de saneamiento y clausura del sitio y a iniciar el proceso para la licitación pública nacional de la Prestación del Servicio para la Operación del Sistema Integral de Manejo y Disposición de Residuos Sólidos Urbanos y Residuos de Manejo Especial ese mismo año, siendo ganadora de esta licitación la empresa Proactiva Medio Ambiente Tuxtla S.A. de C.V., contemplando para lo anterior las siguientes etapas del servicio: barrido mecánico, recolección, transporte, transferencia, traslado, disposición final y mantenimiento post clausura, quedando únicamente a cargo del ayuntamiento de los siguientes servicios: barrido manual, recolección y trituración de producto verde, recolección de animales muertos, recolección de pilas usadas y descacharramiento^[21].

Etapas del manejo de los residuos sólidos

Típicamente el manejo de los residuos sólidos comprende las operaciones: generación, separación-segregación en la fuente, almacenamiento, transporte, traslado, barrido, transferencia, tratamiento y disposición final; el sistema de manejo y disposición de residuos sólidos urbanos y de manejo especial del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas contempla: barrido, recolección domiciliaria y comercial, transporte, transferencia, traslado, disposición final, mantenimiento de posclausura del basurero actual y adquisición de terrenos, a continuación se describen cada una de las etapas.

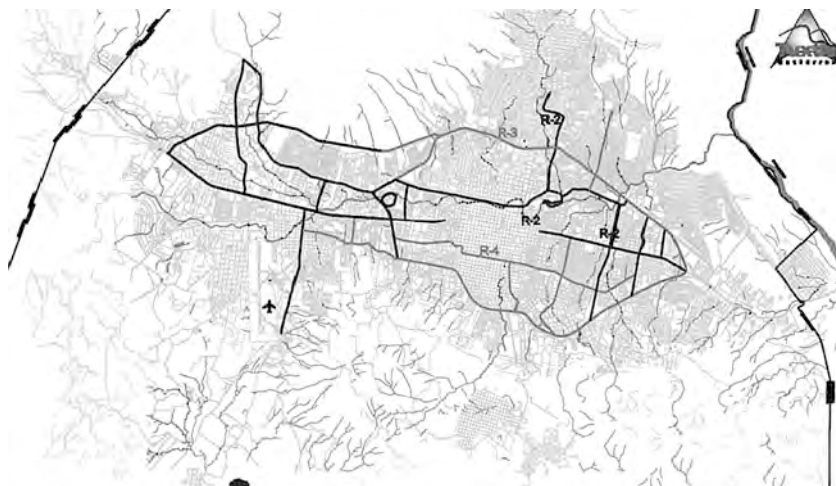


Figura 1. Rutas de barrido mecánico, en la ciudad.

Barrido: en la ciudad se practican dos tipos de barrido, el barrido manual, en el primer cuadro de la ciudad que abarca de la 13ª Oriente a la 13ª Poniente y de 9ª Sur a 9ª Norte, se barren diariamente 3 veces las principales calles, avenidas y parques, para años recientes se incluyen los miradores Los Amorosos y Copoya los dominigos. El barrido mecánico, se realiza con equipos barredoras mecánicas nuevas, sobre las principales calles y avenidas de la ciudad, ésta modalidad básicamente se realiza en el horario nocturno de lunes a sábado, las rutas se ilustran en la figura 1.

Recolección: para el año 2005 se contaba con una flota vehicular de 35 camiones de recolección, con una capacidad promedio de 5 toneladas por unidad (175 en conjunto) y 551 trabajadores operativos en distintas áreas, se proporciona la atención de recolección de residuos con una cobertura cercana al 100% de la población atendida, a partir del 2006 se cuentan con 38 unidades especializados en recolección con sistemas de compactación, 4 camionetas de supervisión, que de acuerdo con el convenio con la empresa Proactiva, son nuevos y no deben estar en operación por más de 7 años, para garantizar la calidad de la prestación del servicio y una cobertura permanente del 100 % de la ciudad.

Transporte: se conoce como transporte a la etapa del proceso del manejo de los residuos donde unidades de mayor capacidad realizan el recorrido desde un punto que generalmente es una estación de transferencia, hasta el sitio de disposición final y cuyo objetivo es el de minimizar costos bajo la premisa que es más económico realizar un viaje grande a muchos de menor capacidad, aunado a que los tiempos y movimientos en la recolección se eficientizan. Los 7 tractocamiones son las unidades destinadas para el trasiego de los residuos sólidos urbanos realizan en promedio 370 viajes mensuales, equivalentes a 4 mil 440 viajes al año, logrando con esto la transferencia de 88 mil 800 toneladas de residuos, aunado a esto se realizan en promedio 4 viajes diarios de tolvas particulares con capacidad de 7.5 toneladas en un periodo de 5 meses, lo que equivale a un total de 565 viajes durante el periodo transfiriendo un total de 4 mil 237.5 toneladas al sitio de disposición final^[22].

Para el caso de los vehículos particulares que llegan a depositar sus residuos tanto en la zona de transferencia como en el sitio de disposición final suman los 10 mil 700 viajes al año equivalentes a 7 mil 600 toneladas.

Estación de transferencia: se define como la o las instalaciones que, con el equipamiento necesario, permite el cambio del medio de transporte de los residuos sólidos no peligrosos, de las unidades de recolección a vehículos de mayor capacidad para su transporte al sitio de disposición final; en la ciudad capital se cuenta con una instalación de esta naturaleza.

Disposición final

La disposición final constituye la última etapa del ciclo de vida de los RSU. La aplicación de todas las medidas de reuso y reciclaje permiten depositar los restos económicamente no reaprovechables. La cuestión entonces no es de evitar el elemento de disposición en el ciclo de manejo de RSU, sino reducir su cantidad y el impacto al ambiente.

a) Tiradero a cielo abierto

Durante décadas, esta actividad no fue vista como un problema serio para los encargados del Servicio de Limpia, ya que bastaba con llevar los RSU fuera de los núcleos urbanos para evitar el impacto visual y las molestias que pudieran causar a la población. Además, la cantidad en que eran producidos y las características de composición permitían su reintegración a la naturaleza sin daños aparentes¹³. Ante esto y con la persistencia de las prácticas tradicionales en la disposición final de los RSU, aparecen grandes tiraderos a cielo abierto, los cuales presentan un foco de contaminación ambiental (en agua, aire y suelo) aunado al riesgo para la salud pública de la población circundante. Los tiraderos a cielo abierto pueden ser grandes y estar tolerados por la autoridad, pero también existen aquellos pequeños en barracas y ríos o en las esquinas de las ciudades.

En el caso de Tuxtla Gutiérrez, el basurero funcionó en 15 hectáreas del predio San Francisco Tucutzano a partir de principios de 1995 y fue hasta abril de 2008 que dejó de funcionar^[12].

b) Relleno sanitario

El 19 de diciembre de 2004 entró en vigor la NOM-083-SEMAR-NAT-2003, para que los municipios regulen sus sitios de disposición final de RSU. Un relleno sanitario es una obra de infraestructura que aplica métodos de ingeniería para la disposición final de los RSU sobre el suelo, esparciéndolos y compactándolos al menor volumen posible, para cubrirlos con material natural y/o sintético. Además debe consi-

derar los mecanismos para el control de impactos ambientales y debe estar de acuerdo con los requisitos normativos vigentes.

La construcción de un relleno sanitario generalmente es más cara que un tiradero a cielo abierto, pero si se consideran los costos causados por los impactos ambientales, los daños a la salud, y la restauración de estos sitios contaminados por la inadecuada disposición final, estos resultan ser mucho más caros que la medida preventiva de un relleno sanitario. Con el objetivo de reducir costos, se puede estudiar la estrategia de emplazar rellenos sanitarios de tipo regional y en este contexto, es menos relevante el costo total que el costo específico.

En el caso de la ciudad, el proyecto del sistema integral de limpia, consideró la construcción del relleno sanitario en varias etapas dentro del mismo predio, ya que éste abarca 180 hectáreas, de las que sólo se habían utilizado menos de 15 en la remediación y clausura del tiradero anterior. Estas etapas contemplan la construcción de 7 celdas a lo largo del convenio, más la construcción de una celda de emergencia. La primera de 7 celdas, entro en funcionamiento en mayo del 2008 y tiene una capacidad de 770 mil m³ de residuos, actualmente y ante la saturación de la misma, se encuentra en construcción la segunda celda.

El relleno sanitario en su conjunto tiene una capacidad proyectada para disponer de aproximadamente 4 millones de m³ de residuos sólidos, que de acuerdo con los cálculos, abarcaría los 20 años que tiene de vigencia el contrato de prestaciones con la empresa.

Mantenimiento de posclausura del basurero

A partir de abril del 2008 la empresa PROACTIVA se hace cargo del mantenimiento y conservación del basurero clausurado, con acciones de recirculación de lixiviados, mantenimiento de la cubierta, construcción de bermas y atención a los asentamientos de la cubierta final, así también con la inducción de arbolado nativo en cumplimiento a las autorizaciones ambientales. Todo esto durante los 20 años que dura la concesión.

Otro aspecto importante de la concesión son los costos, estos se publicaron en “La Ley de ingresos 2010” para el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Periódico Oficial No. 208-2a tomo III, del 31 de diciembre

del 2009; con 3.7 salarios mínimos por disposición en la zona de transferencia y 3.1 salarios mínimos por disposición en el relleno sanitario.

Generación de residuos sólidos en Tuxtla Gutiérrez

Actualmente, la SEMARNAT lleva a cabo estudios cuyo objetivo es el establecimiento de metodologías que permitan la validación y una transparencia para definir indicadores de generación de residuos en México. Para los RSU, y según datos reportados por la misma secretaria en 2004 la generación de este tipo de residuos en todo el país fue de 94 mil 800 toneladas ^[25].

En la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, en lo relacionado con la generación y composición de los RSU, al 2001 se tenía una generación per cápita de 0.974 kg/hab.-día ^[9], basados en esos datos se realizó la siguiente proyección de generación de residuos estimada, se presenta en la tabla 1 que hace el cálculo en referencia a la población en un lapso de 22 años, a partir del 2005:

Tabla 1. Estimación de la generación de residuos sólidos

Año	Población Estimada*	Generación Per cápita RSU kg/hab-día	Generación Diaria de RSU ton-día	Generación Anual de RSU ton - año
2005**	503,750	0.974	490.65	179,088.16
2006	515,412	0.98374	507.03	185,066.46
2007	523,831	0.99358	520.47	189,970.32
2008	531,972	1.00351	533.84	194,851.93
2009	539,849	1.01355	547.16	199,714.51
2010	547,464	1.02368	560.43	204,556.96
2011	554,824	1.03392	573.64	209,380.05
2012	561,936	1.04426	586.81	214,184.63
2013	568,802	1.05470	599.92	218,969.65
2014	575,423	1.06525	612.97	223,733.70
2015	581,805	1.07590	625.97	228,477.27

Año	Población Estimada*	Generación Per cápita RSU kg/hab-día	Generación Diaria de RSU ton-día	Generación Anual de RSU ton - año
2016	587,955	1.08666	638.91	233,201.33
2017	593,862	1.09753	651.78	237,899.67
2018	599,520	1.10850	664.57	242,567.92
2019	604,924	1.11959	677.27	247,201.94
2020	610,073	1.13078	689.86	251,799.13
2021	614,963	1.14209	702.34	256,355.59
2022	619,581	1.15351	714.69	260,863.47
2023	623,911	1.16505	726.89	265,313.40
2024	627,942	1.17670	738.90	269,697.83
2025	631,668	1.18847	750.72	274,011.11
2026	635,088	1.20035	762.33	278,249.62
2027	638,195	1.21235	773.72	282,406.99

*Conapo “Proyecciones de la Población en México 2005-2050” por municipio así como los informes de la Dirección de Limpia.

**La Generación per cápita se tomó de Manejo de los residuos sólidos domiciliarios, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (Escamirosa et al., 2001)

Composición

Como se observa en la tabla 1, y de acuerdo a lo obtenido en la tabla 2, la composición de los residuos y el volumen de residuos reciclables corresponden aproximadamente a la mitad de la totalidad de los residuos sólidos urbanos.

Tabla 2. Comparación: Residuos sólidos orgánicos vs residuos sólidos inorgánicos

Tipo de Residuo	% en peso	% en volumen
Residuos sólidos inorgánicos	39.40	65.06
Residuos sólidos orgánicos	60.60	34.94

(Ajustado de acuerdo a Tchobanoglous, 1994 y Escamirosa, 2001)

La composición de los residuos inorgánicos que se presumen en su mayoría potencialmente reciclables, aunque a partir de un análisis más detallado representan un porcentaje menor en peso que los residuos orgánicos, si representa en volumen una cantidad superior, lo que puede representar una significativa reducción de los residuos que finalmente van a depositarse en el sitio de disposición final, extendiendo la vida útil de éste y en consecuencia, una reducción en los costos erogados por el ayuntamiento en el pago del servicio concesionado. De ahí la importancia de promover la separación y posible venta de componentes de los residuos, en la tabla 3, se presentan la composición porcentual de subproductos de los residuos sólidos domiciliarios por estrato social en la ciudad capital de Chiapas.

Tabla 3. Composición porcentual de subproductos por estrato social

Subproductos	% Relativo por estrato económico		
	Alto	Medio	Bajo
Algodón	0.14	0.00	0.06
Aluminio	0.31	0.32	0.26
Cartón y papel	10.34	8.83	11.91
Material ferroso	1.82	3.20	3.46
Materia orgánica	63.68	46.33	60.03
Cuero	1.89	0.42	0.82
Hule	0.79	1.19	1.37
Material de construcción	1.57	0.00	2.79
Pañal desechable	3.00	4.56	3.40
Plástico de película	4.38	3.88	5.51
Plástico flexible	0.71	0.26	1.33
Plástico rígido	2.44	2.57	2.72
Poliestireno expandido	0.11	0.06	0.10
Tetrapak	0.69	0.71	0.73
Textil	1.33	1.13	1.49

Subproductos	% Relativo por estrato económico		
	Alto	Medio	Bajo
Toallas Femeninas	0.11	0.15	0.33
Vidrio	3.56	4.15	2.35
Otros	3.11	22.24	1.35
Total (%)	100	100	100

FUENTE: Consejo Estatal de Población, 1998, Situación Demográfica del Estado de Chiapas, 1998. Escamirosa *et al.*, 2001. Manejo de los Residuos Sólidos Domiciliarios en la Cd. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Reducción y separación en la fuente de los residuos sólidos en la cabecera municipal

El Ayuntamiento consiente de la necesidad de inculcar en la ciudadanía una nueva cultura en el manejo de sus residuos sólidos y en aras de innovar nuevos métodos de recolección, diseño y puso en marcha el programa “Separa y Directo al Camión”, en colonias y fraccionamientos previamente seleccionados de la ciudad, con la firme convicción de proponer alternativas de mejoramiento de imagen y sobre todo fomentar entre los habitantes de la ciudad el hábito de separar sus residuos de acuerdo a la clasificación de orgánica e inorgánica.

Residuos orgánicos

Son todos aquellos residuos susceptibles de descomposición, sin alterar el medio ambiente, como son: cáscaras de frutas y verduras, papel, cartón, restos de comida, entre otros.

Residuos inorgánicos

Son aquellos que no se degradan tan fácilmente y que requieren de mucho tiempo para su incorporación al medio ambiente, tales como botellas de vidrio, botellas de plásticos (PET), material ferroso, plásticos (nylon) entre otros. El programa “Separa y Directo al Camión”, tiene como finalidad:

- Separar los residuos (basura) en orgánico (bolsas blancas) e inorgánico (bolsas negras).
- Establecer horarios de recolección, esperando el toque de la campana.
- Depositar la basura directamente al camión recolector, evitando el depósito de basura en calles y cruceros, eliminando de esta manera los centros de acopio en las esquinas.
- Mejorar la imagen de las colonias, así como la contaminación ambiental.

Este programa inició en octubre de 2008, abarcando hasta el momento un total de 24 colonias y fraccionamientos (Campanario, La Herradura, La Gloria, Terán, San José Terán, Plan de Ayala ampliación Sur, entre otras). Actualmente se atiende el primer cuadro de la ciudad (lado norte oriente y poniente).

Dentro del mismo, se encuentra también la recolección de residuos sólidos a través del “Sistema de levante hidráulico”, este consiste en depositar los RSU en contenedores instalados sobre el Boulevard Belisario Domínguez, con la finalidad de que estos residuos no sean depositados en la vía pública, evitando contaminación y mala imagen para la ciudad, en tan importante zona comercial. Los residuos pueden ser depositados de manera diaria en el horario de 20:00 a 22:00 hrs, en los contenedores correspondientes, mismos que son recolectados posteriormente por personal de la empresa Proactiva Tuxtla S. A. de C.V.



Figura 2. Propaganda de la campaña de separación de residuos orgánicos e inorgánicos. Fuente: Dirección de limpia y aseo público (2009)

Recolección

Una justificación más importante del capítulo, lo relevante que resulta desde la perspectiva de los servicios, las implicaciones derivadas de la nueva clasificación de los residuos por la entrada en vigor de la “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos” (LGPGIR) en sólidos urbanos, de manejo especial y peligroso.

Desde hace muchos años, las autoridades desarrollan acciones tendientes a controlar los residuos, pero en muchos casos no han sido las más adecuadas y el problema ambiental y posiblemente de salud persiste en varios lugares con una tendencia a su agravamiento. 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 sesentas y principios de los setentas, alcanzando niveles de cobertura del servicio de recolección formal en un 80%^[10].

Para el año 2005 se contaba con una flota vehicular de 35 camiones de recolección con una capacidad promedio de 5 toneladas por unidad (175 en conjunto) y 551 trabajadores operativos en distintas áreas, se proporciona la atención de recolección de residuos de acuerdo a la tabla 4 donde se presenta el catálogo de atención proporcionado por el servicio de limpia.

Tabla 4. Catálogo de atención de servicio de limpia, año 2005

Categoría	Número
Barrios	29
Colonias	223
Fraccionamientos	159
Aeropuertos	1
Centros de convenciones	1
Estadios	2
Ferías	1

Categoría	Número
Hospitales	2
Instituciones	12
Mercados	16
Oficinas de gobierno	6
Panteones	4
Parques	19
Plazas	2
Quintas	4
Otros	1
Total	482

Para el servicio de recolección de RSU y RME en la ciudad se puede clasificar en 5 demandas de recolección que aportan la mayor cantidad de residuos:

1) Recolección comercial: se atienden a 160 comercios con servicio de lunes a sábado.

2) Mercados y panteones: este servicio se proporciona a 16 mercados municipales y 4 panteones, dándoles el servicio integral. Lo que representa laborar los siete días de la semana, especialmente por ser zonas de gran acumulación de personas y por consiguiente centros de fuentes de alta generación, donde se producen importantes cantidades de residuos.

3) Barrido manual: en la ciudad se cuenta con el servicio de barrido, que simultáneamente recolecta los residuos que se barren, esta operación se realiza hasta tres veces por día a las principales calles, avenidas y parques.

4) Sección de atención a instituciones y lotes baldíos: en este rubro entra la recolección de los residuos sólidos de las escuelas públicas e instituciones gubernamentales, además de dar servicio de limpia a predios propiedad del Ayuntamiento, así como de propiedades privadas que ocasionan problemas a la ciudadanía.

5) Recolección Regular: el servicio prestado regularmente por el ayuntamiento en los días y rutas preestablecidas a barrios, colonias y fraccionamientos.

Sistemas de recolección

En ese marco se tienen los siguientes 5 sistemas de recolección que son variaciones de los tradicionales métodos de recolección que regularmente se implementan para el servicio:

1. Recolección puerta en puerta: una variación del conocido método de acera, se hace de forma que los habitantes de ciertas colonias asignadas previamente, disponen los residuos inmediatamente afuera de sus hogares generalmente en bolsas de plástico, a la hora que la unidad realiza el recorrido de su ruta. En este método que incluye la recolección de residuos casa por casa y de compactadores, las unidades recolectoras recorren una calle de una cuadra completa, a una velocidad aproximada de 10 km/hr mientras que los recolectores introducen la basura dentro de la unidad.

2. Recolección en esquinas: este es el método de esquina o también conocido como de parada fija, se realiza en centros de acopio, utilizando compactadores, cañeros y semicompactadores, también se hace en colonias previamente asignadas, los habitantes disponen los residuos sólidos en las esquinas de las cuadras y las calles, para que así los recolectores lleguen e introduzcan los residuos sólidos dentro de las unidades. Dependiendo el horario previamente asignado al centro poblacional, después de las 8:00 pm los usuarios colocan los residuos en las esquinas sin toque de campana, mientras que en horario diurno los colocan al toque de la campana).

3. Recolección domiciliaria: mezcla de varios métodos, se toman elementos de método de “llevar y traer” o intradomiciliario, de contenedores y de esquina, La tercer manera (recolección domiciliaria, realizada con camiones levanta caja contenedora) en fraccionamientos residenciales (costo de 60 pesos/mes) de recolección se lleva a cabo a colonias que tienen contenedores en sitios específicos, los habitantes sacan la basura a la puerta de su casa, la cual es posteriormente recolectada generalmente a través de carritos manuales y depositada en contenedores

para posteriormente los camiones levanta cajas contenedoras, introduzcan los residuos en sus camiones.

4. Recolección al toque: la cuarta manera (recolección al toque de campana directo al camión) se realiza en el centro de la ciudad únicamente y consiste en que el camión se estaciona, un operario o recolector hace sonar la campana y los habitantes sacan la basura depositándola directamente al camión.

5. Método de recolección de contenedores: método similar a la recolección domiciliaria, pero se lleva a cabo en partes de difícil acceso, con contenedores y camiones levanta cajas contenedoras o del tipo Roll-on, adicionalmente se cobra el servicio.

En el caso de la disposición de los residuos sólidos estos se envían al sitio destinado y se tienen implementadas dos formas de operar el sistema de traslado de residuos que se usa de acuerdo a los tiempos y necesidades del sistema de recolección:

Los vehículos recolectores llenos se dirigen a la zona de transferencia a descargar en tolvas que posteriormente se dirigen al sitio de disposición final, cabe señalar que las tolvas tienen una capacidad de 72 m³ o 20 toneladas (277 kgs/m³).

Los vehículos recolectores llenos que por su ubicación o ruta se facilite se dirigen directamente al sitio de disposición final.

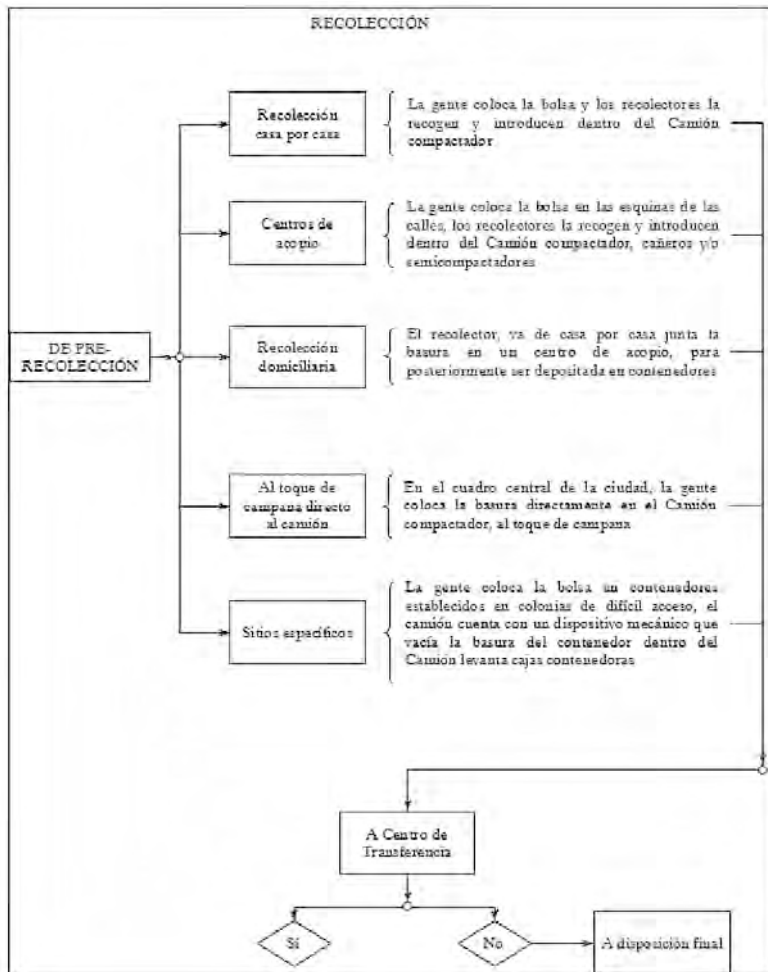


Figura 3. Diagrama del sistema de recolección.

Actualmente los vehículos oficiales del H. Ayuntamiento suman 50 mil viajes anuales con un total de 157 mil toneladas al año, equivalentes a 915 mil 110 m³ de residuos [21].

En este marco, la frecuencia de viajes en estas alternativas se ha registrado de la siguiente manera para los años 2004 y 2005, se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Frecuencia de viajes hacia el destino final y hacia la zona de transferencia por parte de los vehículos recolectores, en años 2004-2005.

Destino de los vehículos	% de los viajes realizados	
	2004	2005
Sitio de disposición final	16%	24 %
Zona de transferencia	84%	76%

Representando, en el caso de los volúmenes generados, los siguientes porcentajes:

Tabla 6. Proporción del volumen desplazado hacia los sitios de transferencia y disposición final

Destino de los vehículos	% del volumen desplazado	
	2004	2005
Sitio de disposición final	29 %	41 %
Zona de transferencia	71 %	59 %

En la zona de transferencia, las unidades destinadas para el trasiego de los residuos sólidos urbanos realizan en promedio 370 viajes mensuales, equivalentes a 4 mil 440 viajes al año, logrando con esto la transferencia de 88 mil 800 toneladas de residuos.

También se realizan en promedio 4 viajes diarios de tolvas particulares con capacidad e 7.5 toneladas en un período de 5 meses debido a que las tolvas del ayuntamiento sufrieron diversas reparaciones. Esto equivale a un total de 565 viajes durante el período transfiriendo un total de 4 mil 237.5 toneladas al sitio de disposición final.

Para el caso de los vehículos particulares que llegan a depositar sus residuos tanto en la zona de transferencia como en el sitio de disposición final suman los 10 mil 700 viajes al año equivalentes a 7 mil 600 toneladas que se distribuyeron de la siguiente manera:

Tabla 7. Promedio diario de viajes y toneladas depositadas por vehículos particulares

	Promedio/Día
Número de viajes	30
Toneladas depositadas por particulares	21

Tabla 8. Distribución de la disposición por vehículos particulares

Destino de los vehículos particulares	Viajes	Volumen
Sitio de disposición final	83 %	91 %
Zona de transferencia	17 %	9 %

Rutas de recolección

Para proveer de los servicios de limpia y aseo público, a los 482 usuarios (Entre los que sobresalen por su número; colonias, fraccionamientos y barrios) con una cobertura cercana al 100% de la recolección de los residuos sólidos urbanos y de manejo, especial generados en la ciudad se requiere de 100 rutas, que para mayor facilidad en la administración se dividió la mancha urbana por zonas, que a su vez contienen diferente número de rutas, con distintas frecuencias, horarios, personal y maquinaria. La zona sur se divide en cuatro sub zonas, mientras que la zona norte en tres, existen rutas que por la naturaleza del servicio pueden ubicarse geográficamente en cualquier zona de la ciudad y que pertenecen a una ruta diferente de las establecidas, el concentrado de rutas, horarios y frecuencias se presenta en la tabla 9.

Tabla 9. Rutas, frecuencias y horarios de atención de las diferentes rutas de la ciudad

Ruta	Frecuencia	Horario de atención	Rutas atendidas
Primer cuadro	Diario	Nocturno	39,40,41,42,45,46,51,54,55,56,57, 58,61, 63, 64,65,
Bulevares	Diario	Nocturno	51, 52 60, 67
Centro Norte	Lunes-Miércoles-Viernes	Nocturno	39,40,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52 y 53
Norte extremo	Lunes-Miércoles-Viernes	Diurno	20,21,22,23,24,25,26,27,38,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38
Norte extremo	Lunes-Miércoles-Viernes	Nocturno	54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68 y 69
Centro Sur	Martes-Jueves-Sábado	Nocturno	54, 55, 56,57, 58,61, 63, 64,65
Sur Extremo	Martes-Jueves-Sábado	Diurno	De la 1 a la 19
Comercial Contenedor	Miércoles, Jueves	Diurno	86-89, 90-92
Comercial	Miércoles	Diurno	93-96
Comercial	Jueves	Diurno	97-100
Mercados	Diario	Diurno	83,85
Otros**	Variable	Variable	70-78, con contenedores 79-82

Estación de transferencia (ET), transporte y traslado

La estación de transferencia con que cuenta el sistema de manejo de residuos es la conocida como tipo de descarga directa con dos tolvas de compactación con capacidad de descarga simultanea de cuatro camiones, caseta de vigilancia, báscula, oficinas, taller de reparaciones, cuarto de control de máquina de compactación, así como 7 tractocamiones con cajas tranfer, los cuales son utilizados para recepcionar los residuos de las unidades recolectoras para posteriormente sean trasladados al relleno sanitario, esta opera desde el 2006.

Tratamiento y recuperación

El sistema de manejo de la ciudad contempla básicamente el tratamiento de trituración para dos tipos de residuos las llantas y los residuos de podas, se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Tratamiento por residuo y objetivo perseguido

Residuo	Tratamiento	Objetivo
Llantas	Trituración	Disminución del volumen al convertir las llantas en pedazos pequeños
Residuos de poda y producto verde de mantenimiento de jardinería, troncos de hasta 12 cm de diámetro.	Trituración	Composteo

Adicionalmente se cuenta con dos bandas de separación de residuos. La primera opera desde junio del 2008, con una capacidad de recepción de 80 toneladas de basura en una jornada de 8 horas diarias de trabajo, con 28 trabajadores en línea. La segunda banda quedo instalada en el mes de noviembre del 2010 y está planeada para operar en el segundo trimestre del 2011 duplicando con esto la capacidad de recepción de desechos.

Dentro de los materiales que se pueden reciclar encontramos, botellas de vidrio, PET, PEAD, papel, cartón, material ferroso, aluminio y cobre.

Es importante difundir en la ciudadanía una cultura del reciclaje y revalorización de residuos, a fin de permitir:

- Disminuir la cantidad de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que llegan al relleno sanitario.
- Prolongar la vida útil del mismo.
- Aprovechar los materiales susceptibles de reutilización.
- Generar ingresos por la comercialización de los materiales reciclados.

Finalmente, es importante señalar que las personas que se dedicaban a la pepena en el antiguo basurero municipal, son los mismos que

actualmente laboran en la planta de selección, en condiciones más dignas para su integridad.

Tabla II. Concentrado general detallado de kilogramos ingresados

Material	2008	2009	Totales
Ingresado	7,826,790	8,688,265	16,515,055
Bote aluminio	3,880	5,735	9,615
Aluminio macizo	1,180	-	1,180
Chatarra	16,230	53,635	69,865
Bote ferroso	28,790	-	28,790
PET	139,650	151,835	291,485
Archivo blanco	102,170	144,625	246,795
Archivo revuelto	19,410	-	19,410
Vidrio	61,935	78,190	140,125
Cartón	169,885	252,865	422,750
PEAD	49,505	72,910	122,415
Tetrapak	2,290	-	2,290
Bolsas	-	12,335	12,335
Filtros	-	2,640	2,640
Motores	-	2,535	2,535
Cables	-	1,280	1,280
Total	594,925	778,585	1,373,510
Días trabajados	169	196	365
Promedio por día	3,520	3,972	3,763
% Separado total	7.6	9.0	8.3

Disposición final

De manera general se puede distinguir varios métodos para disponer los residuos, sin que, esto quiera decir que son los más adecuados, se conocen por lo menos: el vertido a corrientes de agua o al mar, los tiraderos a cielo abierto y el relleno sanitario.

Actualmente el relleno sanitario es la tecnología más utilizada para la disposición final de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial en México y el mundo, lo anterior debido a que ha demostrado ser un método relativamente económico, de fácil ejecución y eficaz en la prevención y protección de riesgos sanitarios. Por esa razón la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, en su numeral 5.1, establece que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que no sean aprovechados o tratados, deben disponerse en sitios de disposición final con apego a la presente Norma, la cual incluye elementos que hacen referencia a los rellenos sanitarios.

El Relleno Sanitario de Tuxtla Gutiérrez ubicado en el predio San Francisco Tucutzano, se encuentra diseñado para una vida útil de 20 años, operando a través de 7 celdas de confinamiento que serán construidas de manera paulatina; además se encuentra equipado con una celda de emergencia, tubería para la conducción de lixiviados, cárcamos de captación y bombeo de lixiviados, pozos para la ventilación de biogás, laguna para el almacenamiento y evaporación de lixiviados, maquinaria pesada especial para el manejo de los residuos sólidos, planta generadora de energía eléctrica, camión pipa y unidades tipo volteo, entre otros.

Comentarios finales

En las administraciones 2002-2004 y 2005 -2007, el ayuntamiento se enfrentó a diversos procesos administrativos, instaurados por distintas instancias ambientales, por los considerables riesgos sanitarios que representaba el sitio de disposición final de residuos sólidos causado entre otros por la falta de un plan de operación del sitio así como por una larga y constante falta de interés en mejorar las condiciones del sitio de disposición final.

El Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (PMPGIRSU) es un instrumento estratégico y dinámico para la implementación de una política municipal en el sector, basado en un diagnóstico de la situación actual y bajo los prin-

cipios de responsabilidad compartida o corresponsabilidad de: municipio, entidades federativas, federación, sector privado y la ciudadanía en el sector de acuerdo a los siguientes objetivos:

- Asegurar la prestación del servicio público de manejo integral de los RSU
- Limitar los impactos a la salud de corto, mediano y largo plazo
- Limitar la afectación ambiental
- Dar prioridad a la prevención y valorización de los RSU
- Dar viabilidad operacional y económica
- Considerar la situación socio-económica
- Brindar flexibilidad para la actualización del programa.

Así que entre las acciones necesarias y atinadas, se buscó a través del PMPGIRSU para fortalecer la prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, a través de un conjunto de estrategias consensuadas, evaluadas y reales que permitan establecer un sistema técnico y económicamente factible, socialmente aceptable y ambientalmente sustentable, que en cierta medida han permitido modernizar, en términos generales la gestión de los residuos sólidos no peligrosos.

Referencias Bibliográficas

1. Argemi F., N. Cianni, A. Porta, 2005, “Disrupción endocrina: perspectivas ambientales y salud pública”, en *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana* 39 (3): 291-300
2. Bitrán y Asociados, 2003, “Estudio de políticas de abatimiento de gas de efecto invernadero y desarrollo económico: sinergias y desafíos en el sector de los rellenos sanitarios en el caso de Chile”, en *Economía de los recursos naturales y el medio ambiente*, Chile.
3. Comisión intersecretarial de cambio climático, 2007, *Estrategia nacional de cambio climático*, México.
4. CONAPO, 2005, *Proyección de la Población total de los municipios a mitad de año, 2005-2030*, México.
5. Cortinas, de N., C., 2001, *Hacia un México sin basura, bases e implicaciones de las legislaciones sobre residuos*, Talleres Gráficos de la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México D. F.
6. Cortinas, de N., C., 2003, *Los contaminantes orgánicos persistentes: una visión regional*, Talleres Gráficos de la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México, D. F.
7. Cossu R, Haarstad, Lavagnolo M. y Littaru P., 2001, *Removal of municipal solid waste COD and NH₄-N by phyto-reduction: A laboratory-scale*

- comparison of terrestrial and aquatic species at different organics loads*, Elsevier Science Ltd.
8. Ding A., Zhang Z., Fu J. y Chen L., 2001, *Biological control leachate from municipal landfill*, Elsevier Science Ltd.
 9. Escamirosa Franco *et al.*, 2001, *Manejo de los residuos sólidos domiciliarios*, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
 10. INE, 1997, *Estadísticas e indicadores de inversión sobre residuos sólidos municipales en los principales centros urbanos de México*, Talleres de Desarrollo Gráfico Editorial S.A. de C.V., México D.F.
 11. Granados J., 2006, *Las selvas tropicales y el cambio climático*, Mérida, Yucatán México.
 12. Instituto de Historia Natural y Ecología del Estado de Chiapas, 2008, *Situación de los sitios de disposición final de residuos sólidos en Chiapas*, Tercer ciclo de seminarios, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Instituto Historia Natural y Ecología del Estado de Chiapas (No publicado).
 13. Instituto de Historia Natural y Ecología del Estado de Chiapas, Secretaría de Salubridad y Asistencia, Secretaría de Turismo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003, *Manual de manejo adecuado de los residuos sólidos municipales*, Chiapas, México.
 14. Instituto de Ingeniería UNAM, 2006, *Manejo de lixiviados y biogás generados en un relleno sanitario (generación, control, tratamiento y aprovechamiento)* México, D.F.
 15. Najera A. H., Vera P., 2006, *Diagnóstico Ambiental del sitio de disposición final de residuos sólidos de Tuxtla Gutiérrez*. Con clave: CHIS-2005-C03-070, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas, No publicado.

16. Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, *Que contiene 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*, México.
17. Olea N., M. F. Fernández, P. Araque, F. Olea-Serrano, 2002, *Perspectivas en disrupción endocrina*, Laboratorio de Investigaciones Médicas. Hospital Clínico, Universidad de Granada, Gac Sanit; 16(3): 250-6
18. Peter Orris, Lin Kaatz Chary, Karen Perry, 2000, *Persistent Organic Pollutants and Human Health*. Persistent Organic Pollutants Project, World Federation of Public Health Association.
19. Gobierno del estado de Chiapas, 2007, *Plan de Desarrollo Chiapas Solidario 2007-2012*, Talleres Gráficos del gobierno del estado.
20. Ayuntamiento Constitucional de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 2005-2007, 2006, *Plan de Gestión Segregada de Residuos Sólidos en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*.
21. Ayuntamiento Constitucional de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 2008-2010, 2009, *Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos del Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*.
22. Secretaría de Desarrollo Social, 2001, *Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos*, Primera reedición. México.
23. Secretaría de Desarrollo Social, 2007, *Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas*. Rellenos sanitarios, México D. F.
24. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1999. *Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos*, México, D. F.

25. Sancho y Cervera, J. – Rosiles, G, 2005, *El manejo de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en México*, SEDESOL.
26. Tchobanoglous G; Thaisen H, Vigil S., 1997. *Gestión integral de residuos sólidos*, Editorial McGraw hill Vol. I. pg. 130.
27. Volke-Sepúlveda, T. y J. A. Velasco-Trejo, 2002, *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
28. <http://www.semarnat.gob.mx/estados/chiapas/temas/Paginas/ManejoIntegraldeContaminantes.aspx>
29. <http://www.senado.gob.mx/gace2.php?sesion=2005/06/01/1&documento=56>