



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,
Volumen 8, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4

**LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: UN ANÁLISIS
DE LOS MÉTODOS, RUTAS Y LA GENERACIÓN
DESDE UN ENFOQUE SOCIOECONÓMICO EN CD.
VICTORIA, TAMAULIPAS, MÉXICO**

URBAN SOLID WASTE: AN ANALYSIS OF METHODS, ROUTES,
AND GENERATION FROM A SOCIOECONOMIC PERSPECTIVE
IN CD. VICTORIA, TAMAULIPAS, MEXICO

Estefany Lizbeth Elizondo Posadas
Tecnológico Nacional de México Campus, México

Edgar Pérez Arriaga
Tecnológico Nacional de México Campus, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12416

Los Residuos Sólidos Urbanos: Un Análisis de los Métodos, Rutas y la Generación desde un Enfoque Socioeconómico en Cd. Victoria, Tamaulipas, México

Estefany Lizbeth Elizondo Posadas¹

fany-elizondo@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-0289-8921>

Tecnologico Nacional de Mexico Campus
Ciudad Victoria
México

Edgar Pérez Arriaga

edgar.pa@cdvictoria.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8874-6963>

Tecnologico Nacional de Mexico Campus
Ciudad Victoria
México

RESUMEN

Los residuos sólidos urbanos representan un problema significativo, especialmente cuando los recursos para su recolección y transporte son limitados. En 2020, México generó aproximadamente 44.7 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos, con un índice de generación per cápita de 1.21 kg por día. Este trabajo desarrolla un plan logístico de transporte para residuos sólidos urbanos en Cd. Victoria, Tamaulipas, México, mediante la gestión de flotas. Se espera obtener una herramienta metodológica para áreas urbanas en México que mejore la eficiencia de los vehículos recolectores, reduciendo su impacto económico y ambiental y promoviendo la sostenibilidad en el manejo integral de residuos sólidos urbanos.

Palabras clave: rutas, residuos sólidos urbanos, métodos

¹ Autor principal

Correspondencia: fany-elizondo@hotmail.com

Urban Solid Waste: An Analysis of Methods, Routes, and Generation from a Socioeconomic Perspective in Cd. Victoria, Tamaulipas, Mexico

ABSTRACT

Urban solid waste represents a significant issue, particularly when resources for their collection and transportation are limited. In 2020, Mexico generated approximately 44.7 million tons of urban solid waste, with a per capita generation rate of 1.21 kg per day. This study develops a transportation logistics plan for urban solid waste in Cd. Victoria, Tamaulipas, Mexico, using fleet management. The aim is to create a methodological tool for urban areas in Mexico that enhances the efficiency of waste collection vehicles, reducing their economic and environmental impact, and promoting sustainability in the comprehensive management of urban solid waste.

Keywords: routes, urban solid waste, methods

Artículo recibido 28 junio 2024

Aceptado para publicación: 15 julio 2024



INTRODUCCIÓN

La Problemática Ambiental

México al igual que muchos países del mundo enfrenta grandes retos en la prestación de los servicios básicos municipales y particularmente el manejo de sus desechos municipales. Durante la década de los '50, el índice de generación per-cápita promedio nacional se estimaba en 300 gr-día. (Informe analítico de México, 2002). Ver imagen 1

Debido al elevado índice de crecimiento demográfico e industrial del país y las costumbres de la población, orientadas al consumo de artículos desechables aumento a 880 gramos en promedio en año 2002; asimismo la población se incrementó en el mismo periodo de 30 millones a 97.3 millones según el "XXI Censo General de Población y Vivienda 2000", y a 132 millones en el Censo de Población 2010, llegando a una generación nacional estimada de 88,100 toneladas diarias (32 millones 156 mil toneladas anuales en 2002 y a 39 millones 55 mil toneladas en 2010). (Censo, INEGI, 2010)

Actualmente se estima que se recolecta únicamente el 86% del total de los residuos generados. Del total generado, casi el 60% se deposita en forma adecuada, esto es sitios controlados y rellenos sanitarios.

Los impactos ambientales y en la salud humana debido al inadecuado manejo y disposición de los residuos sólidos, ha llevado a establecer estrategias nacionales las cuales incluyen la definición de un marco normativo que permita un control más eficiente de la contaminación al ambiente, el desarrollo de políticas para reducir su generación, estimular su reutilización y reciclado de materiales, el fortalecimiento a las instituciones involucradas con el manejo y operación de los residuos; y la búsqueda de esquemas de financiamiento adecuados a las capacidades de pago de los municipios.

Debido a la ubicación geográfica, se tienen ciudades que están integradas por dos o más municipios, que pueden asociarse para la prestación de uno o más servicios públicos municipales, de ahí que, en la política nacional, y con el fin de abatir costos por economías de escala, se tienen zonas metropolitanas (mayores de un millón de habitantes), agrupamientos (menores de un millón), y otras que forman parte del sistema urbano principal. Sin embargo, para la realización de este diagnóstico el grupo de trabajo, y dado que la administración y otros datos estadísticos (salud, por ejemplo), se tienen por municipio, se tomó la decisión de integrar el diagnóstico por municipios.

La generación de residuos sólidos en México varía de 0.350 a 1.400 kg/hab/día. Los valores inferiores corresponden a comunidades rurales y semirurales, mientras que los valores superiores, representan la generación de las zonas metropolitanas como el Distrito Federal.

La tendencia de incremento de generación se estima que puede variar de 1 a 3% anual dependiendo de la localidad. La zona centro junto con el Distrito Federal producen el 62 % de los residuos generados en el país. La cobertura de recolección en la población servida promedio a nivel nacional se estima en 83%. Para las zonas metropolitanas se ha calculado en 95%, mientras que para ciudades medias entre el 75 y 85%. En áreas urbanas pequeñas se ubica entre el 60 y 80%.

Problemática

Los métodos más utilizados son: el de campaneo, parada en esquina y el de acera. Los porcentajes de cobertura se explican debido a que generalmente la recolección se efectúa en la propia ciudad, conocida como la cabecera municipal y en las comunidades que no pertenecen a esta cabecera municipal por lo general no se hace la recolección salvo en casos muy aislados.

La recolección por lo general se realiza en dos turnos y ocupa entre 2 y 5 trabajadores por camión incluyendo chofer, macheteros y voluntarios (pre-pepenadores), esto depende de factores como la generación por zona o sector, la concentración urbana, el grado de dificultad de la ruta así como las condiciones climáticas y topográficas de la localidad y sobre todo de las actividades de pre pepena.

Los impactos ambientales han repercutido en la salud humana, debido al inadecuado manejo de la recolección y disposición final de los residuos sólidos, ha llevado a establecer estrategias nacionales las cuales incluyen la clausura de sitios no controlados (a cielo abierto), para lo que se requiere sitios con una disposición sanitaria eficaz, la definición de un marco normativo que permita un control más eficiente de la contaminación al ambiente, el desarrollo de políticas para reducir su generación, estimular su reutilización y reciclado de materiales.

Los residuos sólidos pueden tener varios efectos ambientales negativos. Cuando son vertidos en cuerpos de agua superficiales alteran la estructura física del hábitat e impactan negativamente la calidad del agua; el agua subterránea de los acuíferos puede contaminarse por la infiltración de los lixiviados derivados de los residuos que contienen materiales tóxicos depositados sobre ellos (Semarnat-INE, 2001 y 2004). Los residuos también afectan la calidad del aire, ya que están asociados frecuentemente

a la generación de malos olores, así como a la producción de humos, gases y partículas en suspensión por la quema intencional o espontánea de la basura. Por otro lado, la presencia de ratas, cucarachas e insectos asociados a los tiraderos puede provocar la transmisión de enfermedades como el cólera, disentería, leptospirosis y amebiasis, entre otras.

Actualmente en Cd. Victoria se mantiene una flotilla de 34 camiones de recolección en operación, los cuales se utilizan para dar el servicio de recolección de residuos sólidos urbanos en el municipio.

Imagen 2. Camión recolector-compactador

El ayuntamiento cuenta con un campamento base de donde se planifican y parten sus rutas de recolección. El cual se ubica dentro de zona urbana del municipio de Victoria, lo cual facilita logísticamente las operaciones del servicio de recolección.

Imagen 3. Campamento base de recolección

Diariamente se recolecta en Cd. Victoria un promedio de 247 Toneladas de RSU. En 64 rutas que se realizan en turnos matutinos, vespertinos y nocturnos de lunes a sábado.

Durante el año 2013 se recolectó un estimado de 67431 toneladas de RSU, esto representa un crecimiento 2% anual. (Ayuntamiento de Victoria 2011-2013)

Cabe agregar que se les da servicio a 246 empresas y/o comercios. Brindando el apoyo también a más de 67 escuelas.

En el relleno sanitario con que cuenta el municipio de Victoria, se reciben diariamente 335 toneladas estimadas de RSU (ayuntamiento de Victoria 2011-2013.)

Imagen 4. Relleno sanitario de cd. Victoria

La ley general para la prevención y gestión integral de los residuos en su capítulo II Planes de manejo, Artículo 27, apartado I (mayo 2012). Promover la prevención de la generación y la valorización de los residuos, así como su manejo integral, a través de medidas que reduzcan los costos de su administración, faciliten y hagan más efectivos, desde la perspectiva ambiental, tecnológica, económica y social, los procedimientos para su manejo.

Tanto la capacidad de los camiones recolectores, las distancias, el crecimiento acelerado de nuevos centros de población, aunado al mal diseño de las rutas contribuye a que el servicio de recolección no cumpla con las expectativas esperadas de este servicio.

En el caso del Municipio de Cd. Victoria, las rutas se diseñan de forma intuitiva. En vez de ser creadas a partir de un estudio técnico (Servicios de Limpieza-Ayuntamiento Victoria 2011-2013)

De ahí que los tiempos y gastos en combustible de los vehículos se vean incrementados. Siendo necesario desarrollar una logística del transporte que sea eficiente y sostenible.

La problemática en Cd. Victoria se da principalmente en las áreas de mayor población, donde la insuficiente capacidad para recoger los residuos conduce a la aparición de tiraderos clandestinos, que se convierten en potenciales focos de infección en las ciudades.

Figura 1. Mapa de Densidad de Población.

Alcances y Limitaciones

El presente trabajo de investigación se realizará en la zona urbana de Cd. Victoria; La cual abarcara un periodo de realización que comprende de enero de 2011 a diciembre de 2013

Esta contemplara dos sectores de los seis en que está dividida la ciudad y cuatro rutas de las 64 que operan actualmente. Donde se desarrollará el caso previsto en la metodología.

Las actividades de investigación Se limitan únicamente al diseño, costos y eficiencia de las rutas de recolección de residuos sólidos urbanos en los sectores seleccionados.

La selección de los sectores se realizó en base a factores socioeconómicos, determinados como estratos sociales.

Cd. Victoria cuenta con una población total de 262,686 habitantes y 64,468 viviendas. La cantidad de habitantes y viviendas que corresponde a cada estrato socio económico es la siguiente: para el estrato alto 8,532 habitantes con 5,227 viviendas, estrato medio alto 34,951 habitantes con 10,454 viviendas, estrato medio bajo 186,668 habitantes con 32,669 viviendas y por último el estrato socioeconómico bajo 32,535 habitantes con 32,669 viviendas (INEGI, 2010).

METODOLOGÍA

Utilizando el software ArcGiS que utiliza sistemas posicionamiento geográfico (SIG) se Mapeo la zona de estudio, siendo para México las Coordenadas. WGS_1984_UTM_Zone_14N.

Se identificó la vialidad de la zona de estudio mediante el ArcGiS, con la opción de mapa OpenStreetMap.

Se determinaron los estratos socioeconómicos de la zona de estudio utilizando las bases de datos del censo económico INEGI, 2010 y se cargaron al software ArcGiS para su mapeo en la zona. Ubicando 4 estratos socioeconómicos:

- Alto
- Medio Alto
- Medio Bajo
- Bajo

Clasificación de los Estratos Socioeconómicos

Para la clasificación del nivel socioeconómico en México, la Asociación Mexicana de Agencias de Investigación y Opinión Pública A.C. (AMAI), definió 13 variables establecidas por el Comité de Niveles Socioeconómicos de la AMAI en Agosto de 1998.

Las variables son las siguientes:

1. Último año de estudios del jefe de familia.
2. Número de focos en el hogar.
3. Número de habitaciones sin contar baños.
4. Número de baños con regadera dentro del hogar.

Posesión de:

5. Autos (ya sean de su propiedad o no).
6. Calentador de agua / Boiler.
7. Tipo de piso (solamente de cemento o de otro material).
8. Aspiradora.
9. Computadora (PC).
10. Horno de microondas.
11. Lavadora de ropa.
12. Tostador de Pan.
13. Videocasetera.

Con estas 13 variables se asignaron 6 niveles socioeconómicos diferentes.

A/B: Clase Alta – Es el segmento con el más alto nivel de vida. El perfil del jefe de familia de estos

hogares está formado básicamente por individuos con un nivel educativo de Licenciatura o mayor. Viven en casas o departamentos de lujo con todas las comodidades.

C+: Clase Media Alta – Este segmento incluye a aquellos que sus ingresos y/o estilo de vida es ligeramente superior a los de clase media. El perfil del jefe de familia de estos hogares está formado por individuos con un nivel educativo de Licenciatura. Generalmente viven en casas o departamentos propios algunos de lujo y cuentan con todas las comodidades.

C: Clase Media – Este segmento contiene a lo que típicamente se denomina clase media. El perfil del jefe de familia de estos hogares está formado por individuos con un nivel educativo de preparatoria principalmente. Los hogares pertenecientes a este segmento son casas o departamentos propios o rentados con algunas comodidades.

D+: Clase Media Baja – Este segmento incluye a aquellos hogares que sus ingresos y/o estilos de vida son ligeramente menores a los de la clase media. Esto quiere decir, que son los que llevan un mejor estilo de vida dentro de la clase baja. El perfil del jefe de familia de estos hogares está formado por individuos con un nivel educativo de secundaria o primaria completa. Los hogares pertenecientes a este segmento son, en su mayoría, de su propiedad; aunque algunas personas rentan el inmueble y algunas viviendas son de interés social.

D: Clase Baja – Este es el segmento medio de las clases bajas. El perfil del jefe de familia de estos hogares está formado por individuos con un nivel educativo de primaria en promedio (completa en la mayoría de los casos). Los hogares pertenecientes a este segmento son propios o rentados (es fácil encontrar tipo vecindades), los cuales son en su mayoría de interés social o de rentas congeladas.

E: Clase más Baja – Es el segmento más bajo de la población. Se le incluye poco en la segmentación de mercados. El perfil del jefe de familia de estos hogares está formado por individuos con un nivel educativo de primaria sin completarla. Estas personas no poseen un lugar propio teniendo que rentar o utilizar otros recursos para conseguirlo. En un solo hogar suele vivir más de una generación y son totalmente austeros.

Para efectos prácticos del estudio se seleccionaron las siguientes clases y se les asignó un color para su fácil identificación.



Generación de Residuos Sólidos Urbanos por Estratos Socioeconómicos.

Tamaño de la Muestra

Basándose en la NMX-AA-61-1985 se tomaron 115 muestras (casa habitación) por estrato económico, esto mediante una numeración aleatoria, seleccionando la casa, ubicando el domicilio, en una hoja de campo, con su respectivo número aleatorio, se platicó con el jefe de cada familia sobre el estudio y se les hizo la invitación a participar en el mismo, explicándoles que pasaríamos a diario durante 8 días por sus residuos sólidos, y diciéndoles que se les proporcionarían las bolsas de polietileno para que depositaran los mismos.

Recolección de las Muestras

Para la recolección de las muestras se trazó un itinerario, recogiendo cada bolsa en una camioneta, trasladándola a un lugar cerrado, con techo y piso plano de concreto, donde se pesaron cada una utilizando una báscula de piso, registrando la cantidad en hojas de campo. Pesada cada muestra se vació su contenido en el piso, haciendo un montículo con los residuos sólidos de las 115 muestras de cada estrato.

Muestreo-Método de cuarteo (NMX-AA-015-1985)

Para la determinación y clasificación de los residuos sólidos se utilizó el método del cuarteo que señala la Norma Mexicana NMX-AA-015-1985. Mediante este método se registraron las diferentes determinaciones de campo. Cuyo objetivo es contar con residuos de características homogéneas.

El procedimiento se realizó de la siguiente manera:

El cuarteo se realizó tomando los residuos sólidos obtenidos del estudio de generación.

El contenido se vació formando un montículo o pila sobre un área plana horizontal de 4 m²

Una vez pesados y juntos se mezclaron los residuos sólidos, con pala y/o bieldo, hasta homogenizarlos.

Se dividieron en cuatro partes iguales, tomando al azar dos de ellas en puntos opuestos, y posteriormente de uno de los dos cuartos se obtuvo el peso volumétrico (NMX-AA-019-1985), utilizando un tanque de 200 litros, con el otro cuarto se obtuvo el peso específico.

Del tanque de 200 litros se tomó una muestra de 50 kg de residuos sólidos el mínimo requerido para proseguir con la clasificación de los subproductos.

En la figura a continuación se muestra gráficamente el procedimiento de cuarteo:

Figura 2. Método del cuarteo (NMX-AA-015-1985)

Peso Volumétrico “IN SITU” (NMX-AA-019-1985)

Para determinar el peso volumétrico in situ se tomaron los residuos eliminados de la primera operación de cuarteo, participando como mínimo dos personas. Procediendo de la siguiente forma:

- Se verifico que el recipiente estuviera limpio y libre de abolladuras (tambos metálicos capacidad de 200 litros) procediendo a tomar el peso de este.
- Se llenó el recipiente hasta el tope con residuos sólidos homogeneizados obtenidos de las partes eliminadas del primer cuarteo. Se golpeó el recipiente contra el suelo tres veces, dejándolo caer desde una altura de 10 cm aproximadamente
- Nuevamente se agregaron residuos sólidos hasta el tope, teniendo cuidado de no presionar o compactar los residuos.
- Así se obtuvo el peso neto de los residuos sólidos, se pesó y registro nuevamente el recipiente de los residuos sólidos restando el valor de la tara.

El peso volumétrico de los residuos se calculó mediante la fórmula: $P_v = P / V = \text{kg/m}^3$

Donde:

P_v = Peso volumétrico del residuo sólidos, en kg/m^3 .

P = Peso bruto de los residuos sólidos menos tara, en kg. V = Volumen del recipiente en m^3 .

Con las dos partes de residuos sólidos elegidas, se tomó uno de los dos cuartos para

sacar el peso volumétrico, utilizando el tanque de 200 litros, con el otro cuarto se obtuvo el peso específico. En un tanque de 200 litros se tomó una muestra de 50 Kg. de residuos sólidos como mínimo para proseguir con la clasificación de subproductos.

VARIABLES EVALUADAS.

La cantidad de residuos sólidos generada se evaluó considerando las siguientes variables:

- Generación diaria por individuo en diferentes estratos socioeconómicos. Lo que permitió conocer en que estrato se genera una mayor o menor cantidad de residuos sólidos.
- Generación diaria por individuo en diferentes estratos socioeconómicos.
- Permitted obtener información sobre el comportamiento de la generación de residuos sólidos en la

semana y determinar el día de mayor o menor producción.

- Generación diaria por número de integrantes en la familia en diferentes estratos socioeconómicos.

Para definir la generación de residuos sólidos en las familias según el número de integrantes

Materiales

Los materiales utilizados para alcanzar los objetivos y metas son los recomendados en las Normas Mexicanas NMX-AA-061-1985 Y NMX-AA-022-1985. - Bascula de piso con capacidad de 200 kg.

- Balanza granataria con capacidad para 20 kg y sensibilidad de 1g.
- Criba M 2.00 según Norma Mexicana NOM-B-231.
- Mascarillas.
- Overoles.
- Escobas.
- Botas de hule.
- Guantes de carnaza.
- Bolsas de polietileno de 1.10 m x 0.80 m y calibre mínimo de 200, para el manejo de los subproductos (tantas como se requieran).
- Papelería y varios (lamina de 2m x 3m, dos tanques de 200 lts).
- Palas curvas.
- Bieldos.
- Cascos de seguridad.

Métodos para la recolección de los residuos sólidos urbanos en la zona de estudio

En forma General se aplicó el Diseño de Macro rutas Considerando lo Siguiente:

La sectorización consiste en dividir la ciudad (si es lo suficientemente grande), en sectores operativos, de manera que cada uno tenga los vehículos de recolección requeridos, oficinas y garaje, buscando que sea una sección administrativa autónoma con servicios de mantenimiento preventivo y limpieza.

Criterio para definir los sectores, además de unidades de recolección considera cerros, cañadas, ríos, calles, avenidas, vías férreas, etc.

Zonificación del sector.

Cada sector se debe dividir en zonas que serán cubiertas por un vehículo recolector durante la semana.



Para realizar esto se debe contar con la siguiente documentación, para cada colonia o barrio dentro del sector.

Planos que contengan: urbanización, áreas pavimentadas, topografías y tipos de disposición y/o tratamientos.

- Zonas de habitación unifamiliar: nivel socioeconómico, número de casas, tránsito, vialidad y número de habitantes por vivienda.
- Localización de puntos de generación de residuos sólidos: mercados, supermercados, centros comerciales, cines, hospitales, restaurantes, etc.
- Generación unitaria de residuos sólidos de los elementos anteriores.
- Método de recolección a utilizar y Frecuencia de recolección.

En el diseño de micro rutas se consideraron una serie de factores variables de acuerdo con la zona de estudio, los cuales se enuncian a continuación:

- Plano que contenga; trazo urbano, topografía, ancho y tipo de calles y tipos de disposición final.
- Método de recolección.
- Equipo de recolección.
- Densidad de población.
- Generación de residuos sólidos

También se tomarán en cuenta algunas reglas básicas para el diseño de rutas, dependiente de la situación y/o características de la zona de estudio.

- a) El diseño de las rutas trata de aumentar la distancia productiva en relación con la distancia total.
- b) Los recorridos no deben fragmentarse ni traslaparse. Deben consistir en tramos que estén dentro de la misma área en la ciudad o localidad de estudio.
- c) El inicio de una ruta debe estar cerca del garaje y el final cerca del lugar de disposición final de residuos sólidos.
- d) En lugares con pendientes fuertes o desniveles altos, procurar hacer el recorrido de la parte alta a la baja. Si se presentan hondonadas que hay que bajar y luego subir, atenderlas al inicio del viaje, cuando el vehículo recolector va con poca carga.
- e) Tratar de recolectar simultáneamente ambos lados de la calle. No se recomienda en avenidas muy

anchas o con mucho tránsito.

- f) Respetar el sentido de la circulación y prohibición de ciertos virajes.
- g) Evitar giros a la izquierda y vueltas en U, ya que aumenta el tiempo, son peligrosos y obstaculizan el tránsito.
- h) Recorrer las calles con mucho tránsito en horas donde este disminuye.
- i) Hacer la recolección en momentos donde la calle esté más despejada, sin gente ni vehículos estacionados.
- j) En calles muy cortas o sin salida, es preferible que los vehículos recolectores, sino que esperen en la esquina al personal que buscar los residuos, o soliciten al público los deposite en la esquina más cercana a la ruta de recolección. Esto economiza mucho tiempo.
- k) Cuando la recolección se hace simultáneamente a ambos lados de la calle, deben hacerse recorridos largos y rectos, con pocas vueltas.
- l) La recolección se realiza primero por un lado de la calle y después por el otro, es mejor tener recorridos alrededor de las manzanas.
- m) Conocer las características propias de la ciudad para que las rutas de los camiones recolectores no causen problemas (SEDESOL, 1996).

Análisis de las rutas en la zona de estudio.

Una vez que se han recopilado la información se agrupara en hojas de cálculo para su posterior análisis comparativo.

Siendo las principales características para evaluar.

1. Longitud total de la ruta
2. Longitud total de recolección
3. Toneladas recolectadas por día
4. Promedio Kg / km Recorrido
5. Costo Kg recolectado
6. Horas totales de ruta
7. Emisiones de kg de CO₂
8. Litros de diésel



RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el muestreo de residuos sólidos urbanos en casa-habitación, realizados durante el mes de agosto del 2013, en Cd. Victoria Tamaulipas. Se clasifican de la siguiente forma:

- Generación per cápita diaria por estrato socioeconómico.
- Generación por día de la semana, en los diferentes estratos socioeconómicos muestreados.
- Generación por número de integrantes en la familia, en diferentes estratos socioeconómicos.
- Generación per cápita diaria por estrato socioeconómico.

El cuadro 9 presenta los valores promedio obtenidos en la generación per cápita de residuos sólidos por estrato social y económico en Cd. Victoria, Tamaulipas

Tabla 1.- Generación domiciliar de RSU en Cd. Victoria Tamaulipas.

El análisis de datos mostró que la generación de residuos sólidos urbanos por persona en el estrato socioeconómico medio bajo es menor con una generación de 0.534 kg/hab/día. Donde se genera mayor cantidad es en el estrato medio alto con 0.831 kg/hab/día y la media es de 0.641 kg/hab/día.

Por lo anterior se puede señalar que la generación per cápita se ve influenciada por el nivel socioeconómico, así como también por la cantidad de miembros de cada familia.

Peso volumétrico en cada uno de los cuatro estratos socioeconómico en Cd. Victoria, Tamaulipas.

En la tabla se indica el peso volumétrico para cada estrato socioeconómico, el cual es importante para un mejor manejo del equipo de recolección de los residuos sólidos urbanos, así como también, para una mejor disposición final de los mismos.

Tabla 2.- Peso Volumétrico “in situ” en Ciudad, Victoria Tamaulipas, por estrato socioeconómico

Los resultados obtenidos de la generación por día de la semana para los cuatro estratos sociales en que se dividió la población en Ciudad Victoria, Tamaulipas, se muestran en las Tablas 3 y 4.

Gráficamente se aprecia un comportamiento diferente en todos los días exceptuando el Lunes, que resultado no significativo, esto puede ser asociado a los ingresos monetarios de cada nivel socioeconómico, los hábitos de consumo entre los estratos, el impacto que causa la propaganda de los diferentes productos que son o no de primera necesidad, el acceso que tiene la población a prescindir de ellos, por lo cual son diferentes los materiales que componen los residuos sólidos, así como también los hábitos de consumo diarios, lo que coincide con lo reportado por SEMARNAP, 2008 (Nivel de vida

de los habitantes, los hábitos de la población y día de la semana).

Grafica 1. Generación de residuos sólidos urbanos, por día de la semana, para los cuatro estratos sociales de Ciudad Victoria, Tamaulipas.

Tabla 3. Generación de residuos sólidos urbanos, por día de la semana, para los cuatro estratos sociales de Ciudad Victoria, Tamaulipas.

Los resultados obtenidos según la generación por número de integrantes en los diferentes estratos sociales en que se dividió la población en cd. Victoria, Tamaulipas se muestra en la gráfica 1

Tabla .4 Generación de Residuos Sólidos Urbanos Por estrato Socioeconómico

Un dato interesante es que a menor número de integrantes en la familia es mayor la generación de residuos sólidos, y a mayor número de integrantes en la familia es menor la generación de estos.

Grafica 2.- Generación de Residuos Sólidos Urbanos, según número de integrantes en la familia, en los cuatro estratos sociales de Ciudad Victoria, Tamaulipas.

Tabla 5.- Generación de RSU Estrato Socioeconómico Alto

Tabla 6.- Generación de RSU Estrato Socioeconómico Medio Alto

Tabla 7.- Generación de RSU Estrato Socioeconómico Medio Bajo

Tabla 8.- Generación de RSU Estrato Socioeconómico Bajo

Grafica 3.- Análisis de eficiencia de Ruta 4.2 Sector Socioeconómico Alto.

Grafica-4.- Análisis de eficiencia de Ruta 3.5 Sector Socioeconómico Medio Alto.

Grafica 5.- Análisis de eficiencia de Ruta 3.7 Sector Socioeconómico Medio Bajo.

Grafica 6.- Análisis de eficiencia de Ruta 4.3 Sector Socioeconómico Bajo.

Se puede observar finalmente en las gráficas del antes y después que existe una mejora en las rutas con las modificaciones a los tramos de recolección y trayectos entre puntos, de tal forma que esto resulta significativo si tomamos en cuenta que esto se repite todos los días los 365 días del año y que en este caso de estudio solo estamos representando parte de todo el sistema de recolección de la ciudad, por lo que en suma representaría una mejora considerable del servicio de transporte y recolección de residuos sólidos urbanos.

Ilustraciones, Tablas, Figuras

Imagen 1. Relleno Sanitario Cd. Victoria, 2014



Fuente: Elab. Propia

Imagen 2. Camión recolector-compactador



Imagen 3. Campamento base de recolección



Imagen 4. Relleno sanitario de cd. Victoria



Figura 1. Mapa de Densidad de Población

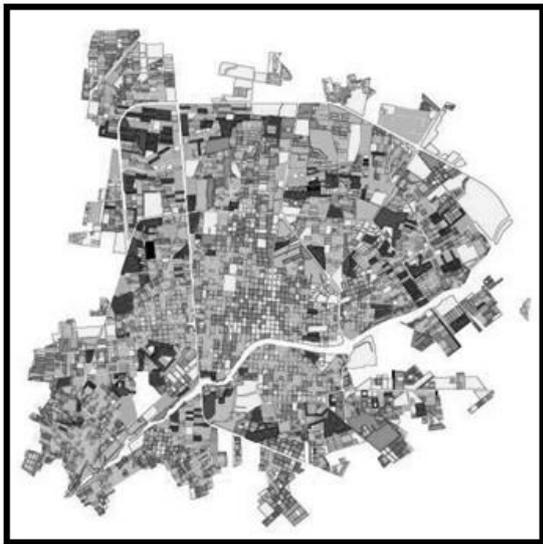


Figura 2. Método del cuarteo (NMX-AA-015-1985)

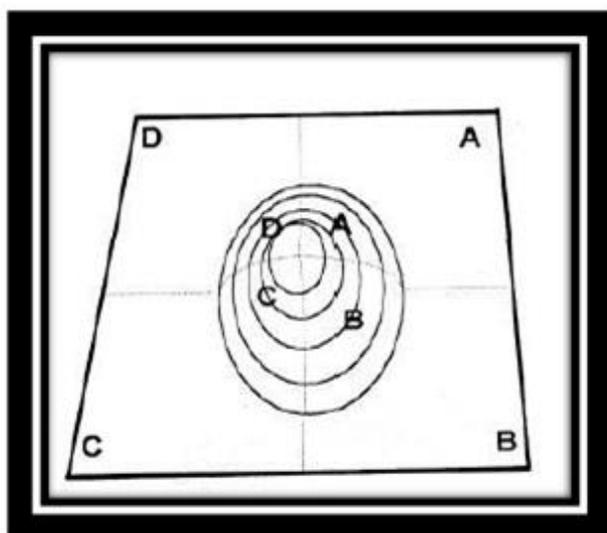


Tabla 1.- Generación domiciliar de RSU en Cd. Victoria Tamaulipas.

ESTRATO SOCIOECONOMICO	NÚMERO DE MUESTRAS (N)	KG/HAB/DIA (PROM/SEMANA)	No. DE MUESTRAS (PROM/SEMANA)	DESVIACION ESTANDARD
Alto	97	0.62	72.25	0.5151
Medio alto	92	0.831	100.87	0.5755
Medio bajo	104	0.534	68.25	0.6918
Bajo	111	0.577	70.62	0.4894
Promedio		0.641	78	0.568

Kg/hab/día= kilogramos por habitantes por día Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.- Peso Volumétrico “in situ” en Ciudad, Victoria Tamaulipas, por estrato socioeconómico

Estrato socioeconómico	Peso volumétrico IN SITU (Kg/m ³)
Alto	134.98
Medio alto	140.33
Medio bajo	144.28
Bajo	131.88
Promedio	137.86

Fuente: municipio 2011-2013.

Tabla 3. Generación de residuos sólidos urbanos, por día de la semana, para los cuatro estratos sociales de Ciudad Victoria, Tamaulipas.

Estrato	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
Socioeconómico	NS	**	**	**	**	**	**	**
Alto	0.668	0.653	0.641	0.62	0.591	0.432	0.636	0.726
Medio Alto	0.79	0.779	0.778	0.808	0.842	0.842	0.983	0.83
Medio Bajo	0.667	0.693	0.637	0.587	0.308	0.407	0.585	0.389
Bajo	0.732	0.52	0.52	0.649	0.516	0.47	0.555	0.659

Tabla .4 Generación de basura por estrato socioeconómico

Numero de integrantes en la familia	Estrato Socioeconómico Alto (kg)	Estrato Socioeconómico Medio Alto (kg)	Estrato Socioeconómico Medio Bajo (kg)	Estrato Socioeconómico Bajo (kg)
1	1	1.719	0	1.384
2	0.869	1.336	1.139	1.068
3	0.702	0.835	0.564	0.746
4	0.61	0.741	0.475	0.631
5	0.601	0.607	0.501	0.512
6	0.424	0.676	0.459	0.412
7	0.503	0.392	0.185	0.373
8	0	0	0.287	0.421
9	0	0.244	0	0.318
10	0.294	0	0.395	0.313
11	0	0	0.394	0.29
12	0	0	0	0.185
14	0	0	0	0.055

Tabla 5. Generación de RSU Estrato socioeconómico Alto

ESTRATO ALTO						
RUTA	COLONIA	DENSIDAD DE POBLACION	GENXDIA	GENXSEM	GENXMES	GENXAÑO
4.2	CAMPESTRE	1,460.00	905.20	6,336.40	27,136.00	330,398.00
4.2	VISTA AZUL	62.00	38.44	269.08	1,153.20	14,030.60
4.2	TEOCATILCHE	1,399.00	867.38	6,071.66	26,021.40	316,593.70
4.2	BUGAMBILIAS	1,372.00	850.64	5,954.78	25,519.20	310,483.60
4.2	ITACE	446.00	276.52	1,935.64	8,295.60	100,929.80
Total		4,739.00	2,938.18	20,567.56	88,145.40	1,072,435.70

Tabla 4.- Generación de RSU Estrato Socioeconómico Medio Alto

ESTRATO MEDIO ALTO						
SECTOR	COLONIA	DENSIDAD DE POBLACION	GENXDIA	GENXSEM	GENXMES	GENXAÑO
3.5	VILLARREAL	1,317.00	1,094.00	7,660.94	32,832.60	399,463.30
3.5	PRIVAD DE VILLARREAL	458.00	380.60	2,664.20	11,418.00	138,919.00
3.5	FRACC. LAS AMERICAS	957.00	795.27	5,566.90	23,858.10	290,273.55
3.5	FRACC. ARBOLEDAS	789.00	655.66	4,589.62	19,669.80	239,315.90
3.5	ORALIA GUERRA	573.00	476.16	3,333.12	14,284.80	173,798.40
3.5	PETROLERA	210.00	174.51	1,221.57	5,235.30	63,696.15
Total		4,304.00	3,576.62	25,036.37	107,298.60	1,305,466.30

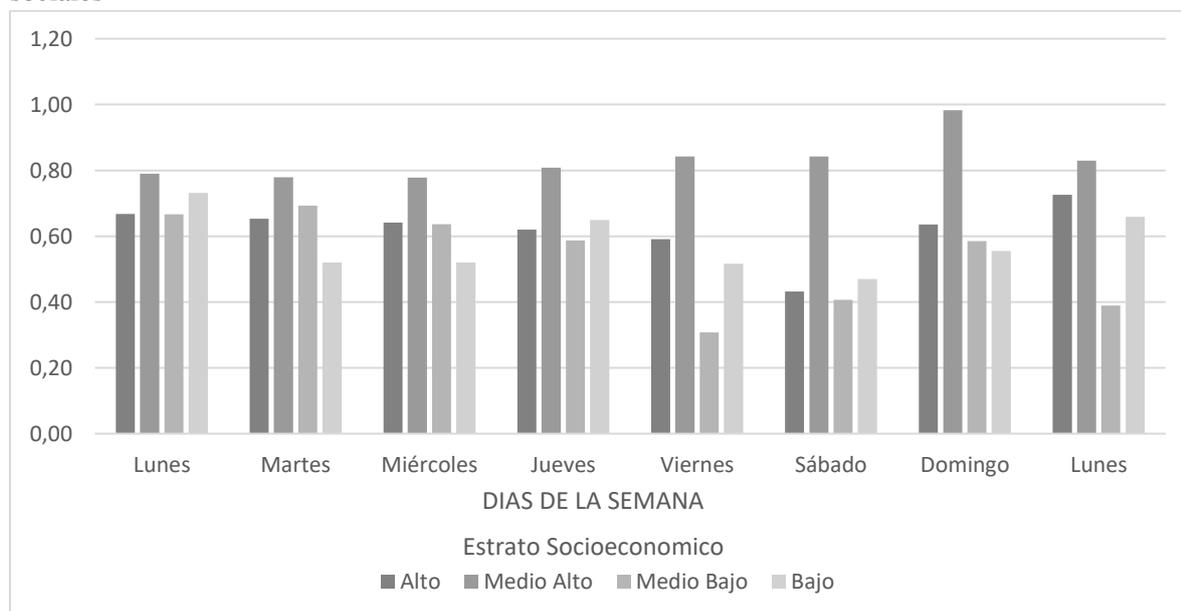
Tabla 6.- Generación de RSU Estrato Socioeconómico Medio Bajo

ESTRATO MEDIO BAJO						
RUTA	COLONIA	DENSIDAD DE POBLACION	GENXDIA	GENXSEM	GENXMES	GENXAÑO
3.7	SAN LUISITO	2,729.00	1,457.29	10,201.03	43,718.70	531,910.85
3.7	SANTA MARTA	783.00	418.12	2,926.84	12,543.60	152,613.80
3.7	SUSPET	159.00	84.90	594.30	2,547.00	30,988.50
3.7	LAS MISIONES	751.00	401.03	2,809.10	12,039.90	146,375.95
3.7	FRAC. PASEO LAS AMERICAS	337.00	179.96	1,259.72	5,398.80	65,685.40
3.7	FRAC. DEL BOSQUE	394.00	219.40	1,472.80	6,312.00	76,796.00
TOTAL		5,153.00	2,751.70	19,261.90	82,560.00	1,004,370.50

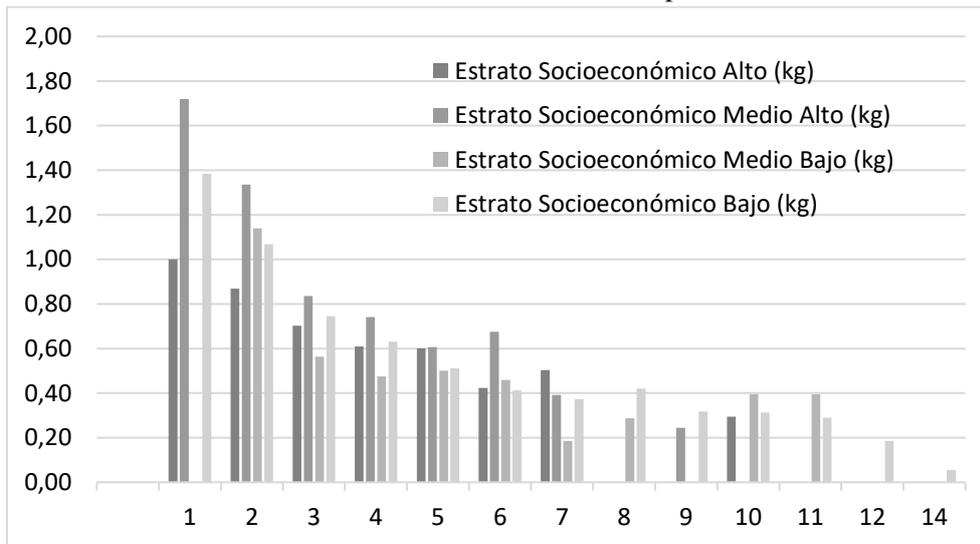
Tabla 7.- Generación de RSU Estrato Socioeconómico Bajo

Estrato Bajo						
Ruta	Colonia	Densidad de población	GENXDIA	GENXSEM	GENXMES	GENXAÑO
4.3	Ignacio Zaragoza	1,194.00	688.94	4,822.58	20,668.20	251,463.10
4.3	Mariano Matamoros	1,417.00	817.61	5,723.27	24,528.30	298,427.65
4.3	El Aura	1,179.00	680.28	4,761.96	20,408.40	248,302.20
4.3	Fracc. Bosques	374.00	215.80	1,510.60	6,474.00	78,767.00
4.3	Fracc. Encinos	305.00	175.98	1,231.86	5,279.40	64,232.70
4.3	Fracc. Del Sol	238.00	137.33	961.31	4,119.90	50,125.45
4.3	Privado De CAMPESTRE	178.00	79.63	557.41	2,388.90	29,064.95
TOTAL		4,885.00	2,795.57	19,568.99	83,867.10	1,020,383.05

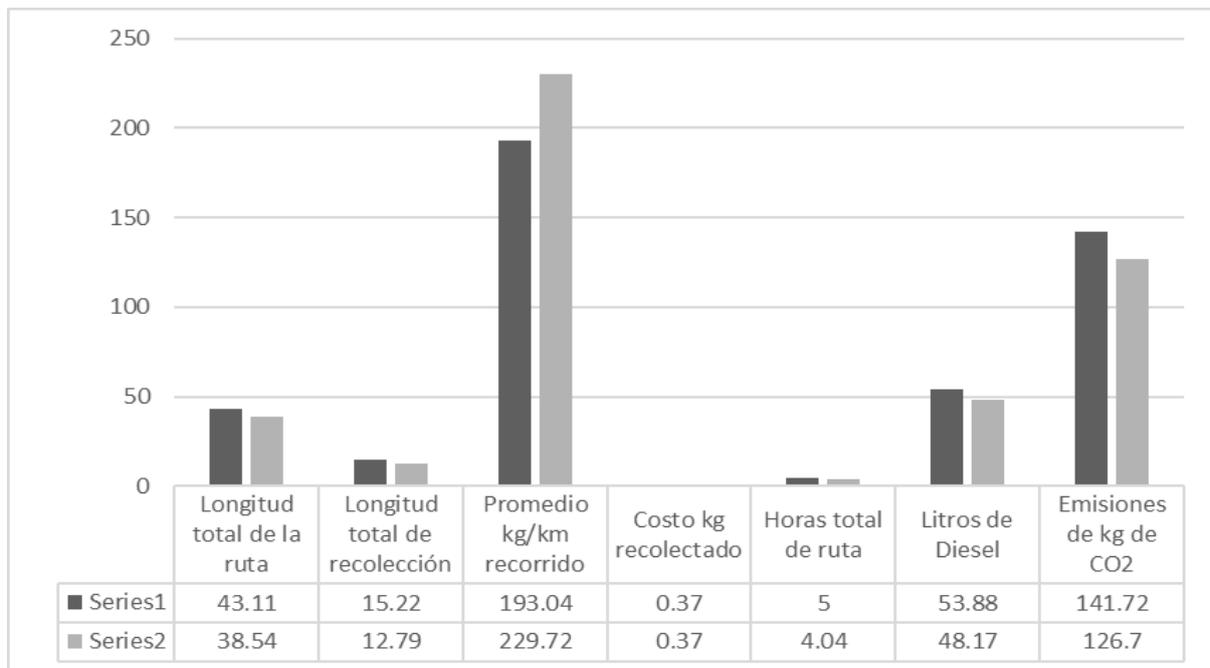
Grafica 1. Generación de residuos sólidos urbanos, por día de la semana, para los cuatro estratos sociales



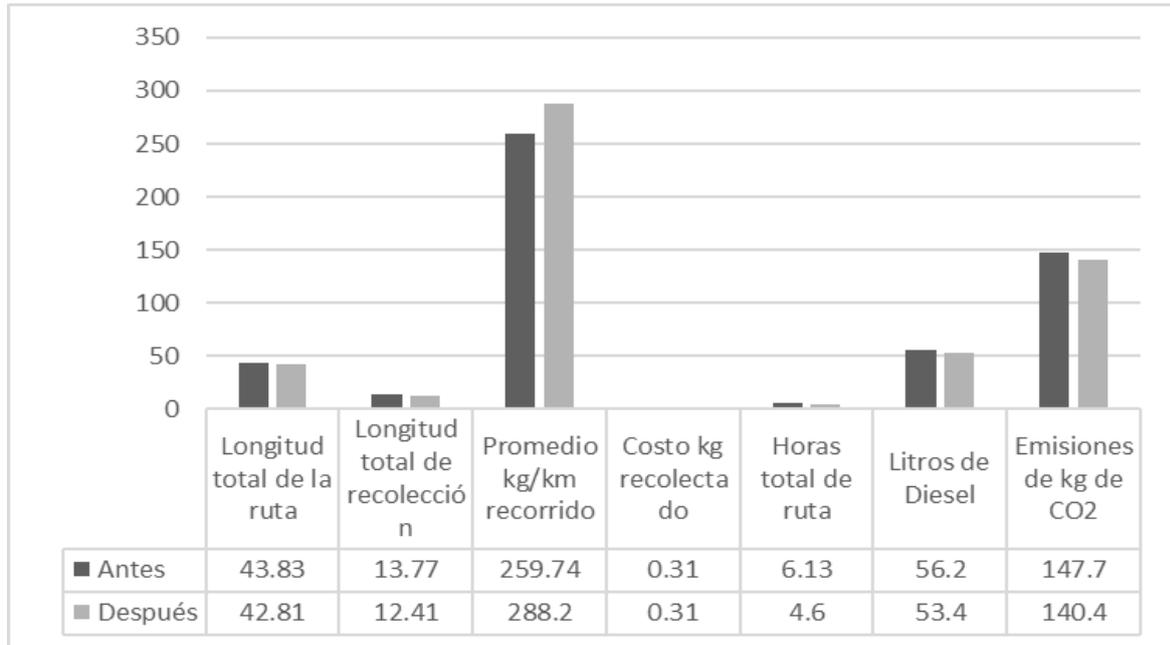
Grafica 2.- Generación de Residuos Sólidos Urbanos, según número de integrantes en la familia, en los cuatro estratos sociales de Ciudad Victoria, Tamaulipas.



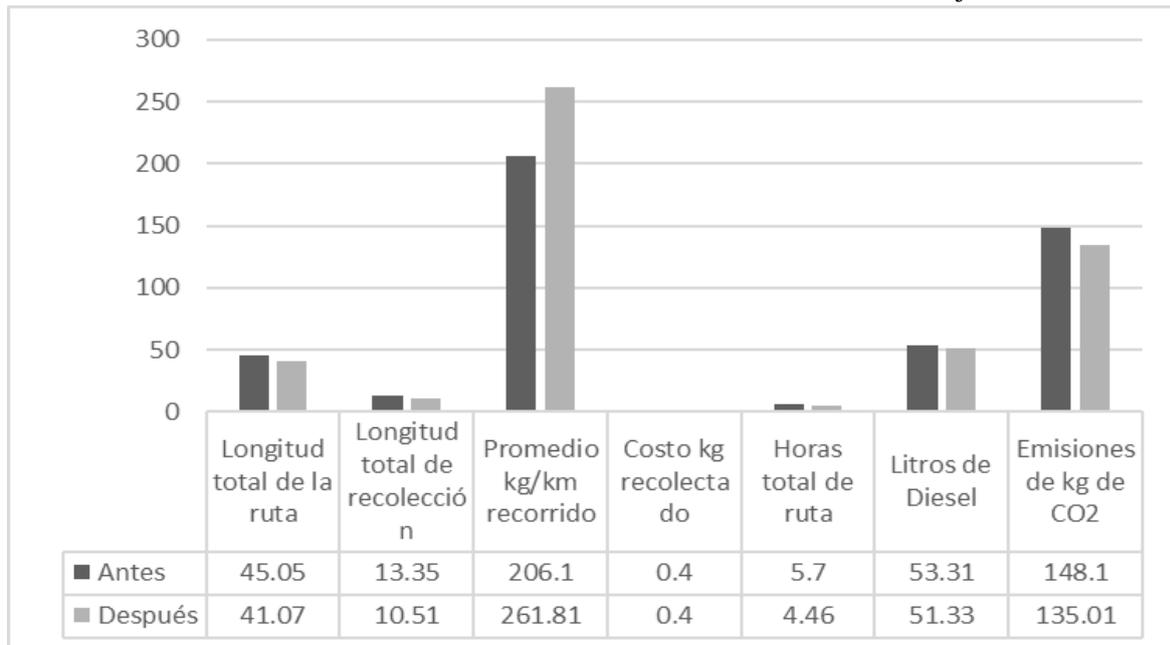
Grafica 3.- Análisis de eficiencia de Ruta 4.2 Sector Socioeconómico Alto.



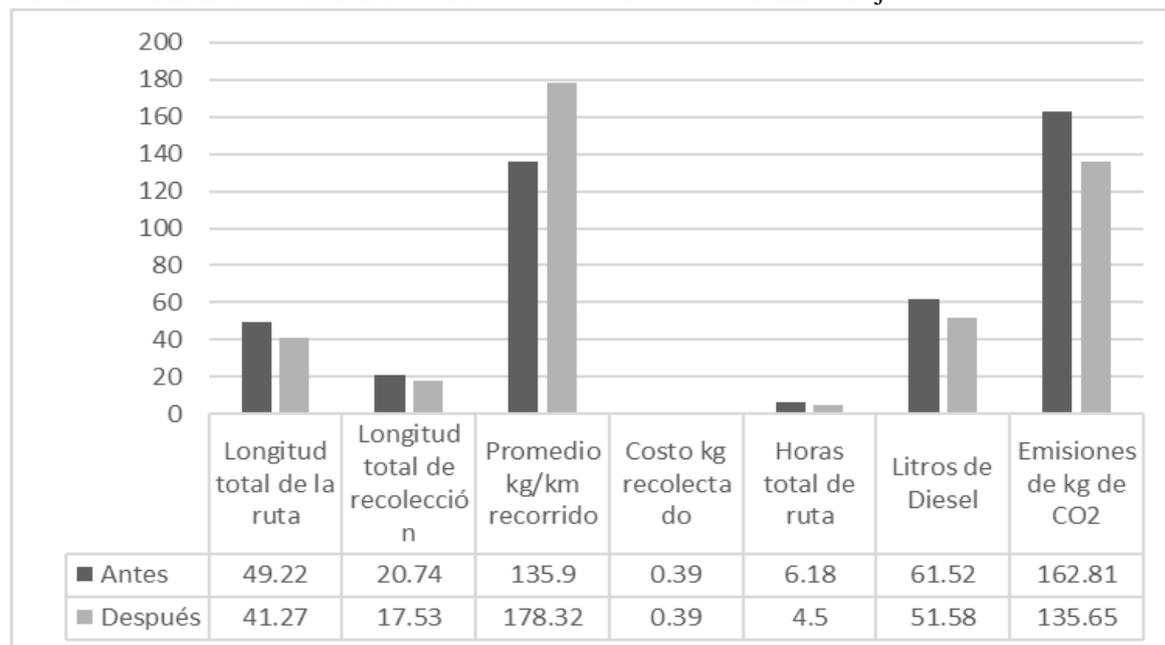
Grafica-4.- Análisis de eficiencia de Ruta 3.5 Sector Socioeconómico Medio Alto.



Grafica 5.- Análisis de eficiencia de Ruta 3.7 Sector Socioeconómico Medio Bajo.



Grafica 6.- Análisis de eficiencia de Ruta 4.3 Sector Socioeconómico Bajo



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Ningún método, por científico o moderno que sea, por simple o complejo, podrá por si solo dar los mejores resultados en la operación del sistema de recolección de residuos sólidos urbanos, y en especial de las rutas. Los métodos aquí descritos, en general son los utilizados más comúnmente y los que se generan los resultados de manera más simple.

Al utilizar estos métodos en el diseño de rutas de recolección, hay que recordar que una vez con los resultados teóricos siempre existen ajustes finales que se dan en campo y basados en la experiencia del personal.

Se resaltan dos puntos:

Primero. Las exigencias de modernización en métodos y herramientas de trabajo es algo que no sólo se debe de dar en las empresas y grandes instituciones de enseñanza. El municipio, por su naturaleza de servicio debe de estar a la vanguardia en automatización y control, sobre todo en apoyo a minimizar los gastos de los servicios sin demérito de estos. Hacerlos eficientes.

Segundo. De igual modo, la profesionalización del trabajo es algo inminente en la actualidad, no se puede pensar en gente que desarrolle un trabajo y no tenga las bases técnicas para desarrollarlo. El avance tecnológico exige que el personal de cualquier institución esté al día en técnicas y procedimientos relativos a su oficio. Esto se logra, entre muchas otras cosas, con la capacitación

continua del personal.

En la Actualidad Un sistema de rutas bien diseñado, trae como consecuencia que el servicio de recolección y transporte de los residuos sólidos municipales sea eficiente. En otras palabras reduce costos de operación y mantenimiento; se modifica la proporción de las distancias productivas respecto a la distancia total recorrida; se da el servicio a toda la población tal como se ha proyectado; se aprovecha toda la capacidad de los vehículos recolectores; se aprovecha toda la jornada legal de trabajo; Hacen falta estudios para una adecuada transferencia de tecnología en el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios, considerando los métodos de programación lineal, que consideren la mayor cantidad de variables como lo son: la distribución - concentración de las poblaciones, según estrato económico, distancia de recorrido a la deposición final, así como las restricciones que implica la infraestructura del ayuntamiento de cada ciudad por periodos de tiempo específicos.

Hoy en día la recolección de residuos urbanos es un problema muy complejo, cuya solución óptima es casi imposible de alcanzar. Los autores que han tratado el problema buscan soluciones en varias etapas independientes entre sí y secuenciales, en una primera se localizan los emplazamientos de contenedores donde los ciudadanos dejan sus residuos, a continuación, se diseñan las rutas y finalmente se obtienen las frecuencias de recogida.

Siendo la independencia existente entre estas etapas sugiere que las soluciones obtenidas en cada una de ellas no tengan por qué ser una buena solución desde el punto de vista global. Esta debilidad sugiere el desarrollo de nuevas líneas de trabajo que aborde el problema englobando las tres etapas (generación, transporte y disposición final) y ofreciendo una solución donde existan dependencias entre la localización, diseño de rutas y cálculo de frecuencias.

Este tipo de problema puede ser abordado mediante dos vías. El desarrollo de heurísticas propias del problema, que presentan la ventaja de ser rápidas para problemas de pequeño tamaño y muy condicionado por los datos de la ciudad y resultados que se desea obtener. y El segundo tipo de enfoque basado en procedimientos metaheurístico tiende a ser más genérico, existiendo muchas alternativas de aplicación. Así mismo, la literatura provee de ejemplos análogos que facilitarían nuevas líneas de investigación asociadas al tema.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Asentamientos y Actividades Humanas, Residuos, Recolección y disposición final de residuos sólidos urbanos, 2000 a 2010.
- Aguilera Jorge, Cálculo de rutas de vehículos con ventanas temporales(vrptw), http://io.us.es/cursos/doctorado/Trabajos_pdf/Jorge_Aguilera_VRPTW.pdf
- Axhausen, K. W. y Smith, R. L. (1984) Evaluation of Heuristic Transit Network Optimization Algorithms. Transportation Research Record, Vol 976, 7-20.
- BID-OPS. Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, D. C. 1997.
- CAMPOS V. y MOTA E. (1.995): “Metaheurísticos para el CVRP”. XXII Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa. Sevilla, Noviembre 1.995.
- Cordeau J.F., Gendreau M., Laporte G., Potvin J.Y., and Semed F., “A guide to vehicle routing heuristics”, JORS, 53, 2002 (pp. 512-522).
- DOF. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México. 2003 (8 de octubre).
- DOF. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México. 2003 (8 de octubre).
- DOF. NMX-AA-61-1985. México. 1985 (8 de agosto).
- DOF. Reforma a Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. 2007 (19-octubre).
- Evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales, Informe analítico de México/evaluación 2002, Organización Panamericana de la Salud, Oficina regional de la OMS.
- Lomelí, M.G., R. Tamayo y A. Conrado. 2000. El deterioro del suelo. UNAM.
<http://www.sagan-gea.org/hojared/portada1.htm>
- MEA. Ecosystems and Human Well-being: Current state and trends. Waste processing and detoxification. USA. 2005.
- Estadísticas Sociodemográficas. Series Históricas, 2003. En gráficas.
<http://www.inegi.gob.mx/est/default.asp?c=985>.
- Estadísticas sociodemográficas. Dinámica, 2003 de la Población.
<http://www.inegi.gob.mx/est/default.asp?c=2343>
- Fatta, D. C., P. Naoum, P. Karlis y M. Loizidou. Numerical simulation of flow and contaminant

- migration at a municipal landfill. *Journal of Environmental Hydrology*. 8:1-11. 2000.
- GAY, Alan E.; BEAM, Thomas G.; MAR, Brian W. Cost-effective solid-waste characterization methodology. *Journal of environmental engineering*; 119(4):631-44, Jul.- Aug.1993.
- GARZA FLORES R. (2005): “Los Residuos Sólidos Municipales y su Impacto: Zona Conurbada de Tampico, Madero y Altamira, Tamaulipas México” Universidad de Sevilla, España
- GENDREU M., HERTZ A. and LAPORTE G. (1.991): “A Tabú Search Heuristic for Vehicle Routing Problem”. *Management Sci.*. 40 (10), pp.1276-1290.
- GLOVER F. (1.989). “Tabú Search: Part I”. *ORSA Journal on Computing*, Vol 1, pp.190- 206.
- Hoorweg D., and N. Giannelli. Managing municipal solid waste in Latin America and the Caribbean. Integrated the private sector. Harnessing incentives. *Grid Lines*. Note No. 28- Oct. 2007. Washington, D.C. 20433. USA.
- Hillel, D. 1998. *Environmental Soil Physics*. Academic Press, San Diego, EUA.
- IBAM. Manual de gestión Integrada de residuos sólidos municipales. En: *Ciudades de América Latina y el Caribe*. 1ª. Edición 2006. Brasil. 2006. Documento en PDF. Disponible en: <http://www.gentein.com.mx/images/> Fecha de consulta:26-03-2012.
- INEGI, Censo Nacional de Población 2010, Estadística de medio ambiente, Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales 2003. SEMARNAT, México.
- Ing. Libertad García Cabriales (2005), *Servicios Públicos*, Ayuntamiento Victoria (2005-2007).
- Joaquín Bautista, Jordi Pereira, Elena Fernández. Diseño de rutas de recogida de residuos sólidos urbanos en el área metropolitana de Barcelona. Dpto. de Organización de Empresas. Universidad de Cataluña. España.
- Joaquín Bautista.; Jordi Pereira. (2004) Ant Algorithms for Urban Waste Collection Routing. *Lecture Notes in Computer Science*, 3172:302-309.
- KONTORAVDIS G. and BARD J. F. (1.995): “A GRASP for the Vehicle Routing Problem with Time Windows”. *ORSA Journal on Computing*, Vol. 7, pp.10-23.
- OPS. Informe Regional sobre la Evaluación de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en la Región de América Latina y el Caribe. Washington, DC. 2005.

- OCDE. 2003. Evaluación del desempeño ambiental de México. OCDE, México.
- Pedro Estrada Bellman 2005 División de Estudios de Posgrado Unidad Académica Agronomía y Ciencias (UAT.).
- Ortúzar, J. de D. y Willumnsen, L. (1996) Modelling transport. John Wiley and Sons, Inc. OSMAN I. H. (1.993): "Metastrategy Simulated Annealing and Tabu Search Algorithms. for the Vehicle Routing Problem". Annals of Operations Research, Vol. 41, pp. 421-451.
- Pólya, George (1990), How to Solve It, Penguin Books. ISBN 0140124993
- Rosiles Castro, G. 2003. Situación Actual en el Manejo y Generación de Residuos Sólidos Municipales y Propuesta de una Estrategia de Solución. En: Segundo Curso Regional sobre Manejo Adecuado de Residuos. CENICA - JICA-SRE. México, D. F., noviembre de 2003
- Semarnat-INE. Contaminación por pilas y baterías en México. México. 2004.
- Semarnat-INE. Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos en México. México. 1999.
- Semarnat-INE. Contaminación por pilas y baterías en México. México. 2004. Semarnat-INE. Diagnóstico Básico para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. México. 2006.
- Semarnat-INE. Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos en México. México. 2001.
- SEDESOL, 1998. Manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal. Elaborado y Editado por: Ingeniería para el Control de Residuos Municipales e Industriales, S.A. De C.V.
- Split Delivery Vehicle Routing Problem: Heuristic based Algorithms, Moscatelli, 2007