



**MANUAL TÉCNICO SOBRE GENERACIÓN,  
RECOLECCIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESIDUOS  
SÓLIDOS MUNICIPALES.**

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA  
OFICIALÍA MAYOR  
DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO

**SECRETARIA**

**LIC. JOSEFINA VAZQUEZ MOTA**

**SUBSECRETARIO**

**ING. ALBERTO MULÁS ALONSO**

**OFICIAL MAYOR**

**LIC. OCTAVIO AGUILAR**

**VALENZUELA**

**DIRECTOR GENERAL**

**ING. JAIME SANCHO Y CERVERA**

**MANUAL TÉCNICO SOBRE GENERACIÓN,  
RECOLECCIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESIDUOS  
SÓLIDOS MUNICIPALES.**

## CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN.....	11
1.0 PROBLEMÁTICA Y SITUACIÓN ACTUAL.....	13
2.0 ESTUDIOS DE GENERACIÓN, COMPOSICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	25
3.0 ALMACENAMIENTO.....	33
4.0 BARRIDO.....	49
5.0 MÉTODOS Y RUTAS DE RECOLECCIÓN.....	73
6.0 TRANSFERENCIA.....	99
7.0 EQUIPO PARA RECOLECCIÓN, TRANSFERENCIA.....	123

## INTRODUCCION

El artículo 115 constitucional, confiere a los municipios la responsabilidad de administrar y otorgar a la población la dotación y operación de servicios públicos.

Por lo anterior, la limpieza de las ciudades, así como el manejo de los residuos sólidos, constituyen grandes preocupaciones para las autoridades responsables de la prestación de estos servicios públicos en todos los centros urbanos, no importando el tamaño de su población y la extensión de su territorio.

La concentración poblacional en áreas urbanas y la modificación de los hábitos de consumo, resultado de un proceso de comercialización excesiva, son factores que determinan los incrementos de residuos sólidos per cápita.

México es uno de los pocos países en que no existe el cobro por la prestación del servicio, esto hace que financieramente, los municipios tengan grandes deficiencias para atender los requerimientos de la población. Es decir, que la falta de una política económica - financiera junto al limitado desarrollo institucional de los municipios y la insuficiencia de personal capacitado para esta gestión entre otras causas, determinan las precarias condiciones en que operan estos servicios.

### **El deterioro ambiental**

En los últimos 40 años se han generado los más acelerados cambios en la historia de la humanidad, ya que entre 1950 y 1990 la población mundial pasó de 2,515 a 5,292 millones de habitantes, lo cual presentó un promedio de casi 70 millones por año. Este crecimiento

demográfico estuvo asociado a una alta producción económica de bienes y servicios, producto entre otras cosas, de un alto proceso de desarrollo industrial.

Estas cifras nos muestran además que los hechos ocurridos durante este periodo han producido un fuerte impacto en el ambiente con un consecuente costo ecológico-energético

Entre los problemas ambientales más serios se encuentra el referente al aumento excesivo de residuos sólidos. En nuestro país es cada vez más frecuente observar la acumulación de basura alrededor de ciudades, carreteras, caminos rurales y cuerpos de agua superficiales, a tal grado que se ha calculado que una persona contamina hasta 4 veces más el ambiente por los residuos que genera, que por las aguas negras que desecha.

#### **Las acciones ante el problema ambiental.**

Como parte de las acciones generadas a raíz de dicha problemática, en México desde hace casi cinco lustros empezaron a gestarse grupos ecologistas en pro de la conservación y desarrollo sostenido del ambiente y dependencias como la SEDESOL iniciaron programas y establecieron normas, reglamentos y leyes para el manejo de los residuos sólidos en el país.

# 1

## **PROBLEMÁTICA Y SITUACIÓN ACTUAL**

### **1.1 Problemática.**

Los residuos sólidos municipales significan, quizá el eslabón mas sensible de los que vinculan a la población con las autoridades municipales. La menor falla en el servicio público de limpia ocasiona severas críticas hacia estas últimas.

En terminos generales la estrategia a seguir para alcanzar un manejo adecuado de los residuos sólidos implica la participación tanto del gobierno, la industria, el comercio, como de la sociedad en general, los cuales además deben de contar con información confiable y actualizada que les permita conocer las alternativas y opciones disponibles para reducir el impacto de la basura sobre el medio ambiente.

Dentro de este último aspecto, principalmente las autoridades municipales son las más indicadas para elaborar un marco general de información o diagnóstico con el cual se reconozcan y definan los problemas relacionados desde la generación hasta la disposición final de los desechos sólidos, dando las pautas a seguir para una correcta planeación de las acciones entre los agentes involucrados en la prestación del servicio del aseo urbano.

### **1.2 Situación Actual.**

#### **1.2.1 Generación.**

La generación per cápita de residuos sólidos de origen doméstico varía de acuerdo a la modificación de los patrones de consumo de la población y en la medida en que incrementa la comercialización de productos industrializados y de lujo. En 1975 se estimó que el promedio

nacional per cápita de generación de residuos sólidos era de 320 g/hab/día y hoy en día dicho índice es de 917 gr/hab/día.

De acuerdo a proyecciones realizadas para el año 2000 se generarán por habitante 973 gramos diariamente. Se hace necesario cuantificar la generación per cápita de basura en relación al número de habitantes, con el fin de poder proyectar la estimación de basura a lo largo de varios años y con esto definir las acciones que permitan atenuar el problema, sobre todo de las ciudades que sean atractivos polos de inmigración, ya sea por su oferta de empleo dado por las industrias, comercio y servicios en general.

En cuanto a los residuos sólidos, industriales y de alto riesgo, la información es escasa. Sin embargo, el Programa Nacional para la Protección del Medio Ambiente 1990-1994 registra que en el país se generan 370 mil toneladas diarias de basura industrial, de los cuales 13 mil corresponden a materiales que tienen características peligrosas. Sin embargo otras fuentes señalan que esta cifra es de 200 mil toneladas de residuos peligrosos, por lo cual se hace necesario diseñar metodologías que permiten cuantificar correctamente la generación de estos residuos en el país.

Aunque no corresponde directamente a los municipios el manejo de los residuos industriales y hospitalarios, es recomendable que se disponga de ciertos elementos como un padrón de industriales con el objeto de controlar la disposición de estos residuos, ya que la mayor parte de los industriales, incluyendo a los dueños de pequeños talleres, los entregan a los servicios municipales de recolección, donde son mezclados sin ninguna precaución con la basura doméstica y son transportados a tiraderos a cielo abierto, o arrojados en sitios disponibles de los alrededores, ocasionando serios problemas sanitarios y de contaminación del suelo, agua y aire.

Con respecto a las fuentes generadoras son pocas las ciudades que cuentan con el diagnóstico de este aspecto. De las 86 principales ciudades en 1992, solamente el 20% dispone de la evaluación de las toneladas generadas por día tanto de residuos domésticos como no domésticos.

Con respecto a las fuentes generadoras, los residuos provenientes de las casas-habitación se generan en mayor proporción y los comercios, las industrias, mercados tianguis y vías públicas (dentro de las fuentes no domésticas) son las que más generan basura.

### 1.2.2 Composición

No solamente es necesario conocer la cantidad de basura generada en las ciudades, sino que también el análisis de la composición de los residuos sólidos es importante para poder hacer un manejo adecuado de ésta.

Al igual que sucede con la cantidad de basura, a medida que las ciudades han desarrollado procesos industriales, la composición de ésta ha variado pasando de ser densa y casi completamente orgánica a ser voluminosa, parcialmente no biodegradable y con porcentajes crecientes de materiales tóxicos, lo que dificulta su manejo.

Los porcentajes mas altos de residuos los representan los alimentos, papel y cartón y los plásticos, junto con los residuos de jardín. Estas cantidades dejan ver en claro que las posibilidades del reciclaje en las ciudades pueden ser amplias, sin embargo son pocos los casos en los cuales existe una selección y clasificación de subproductos controlada por lo que la alternativa de la comercialización organizada de estos subproductos es aun incipiente, prevaleciendo los sistemas de pepena en camiones y en los sitios de disposición final, sin que las dependencias de limpia pública obtengan un beneficio de ella

### 1.2.3 Almacenamiento.

Son pocas las ciudades donde se tiene un almacenamiento adecuado en las casas habitación, los comercios, industrias y hospitales.

En este apartado se señalará, en forma general, la situación que prevalece en los diferentes tipos de almacenamiento.

*Almacenamiento casas-habitación.*

Con respecto al almacenamiento domiciliario éste se efectúa en la mayoría de los casos, bajo condiciones inadecuadas; en primer lugar los recipientes varían, ya que se emplean desde las bolsas de papel, plástico, cajas de cartón hasta botes de lámina, madera o plástico, los cuales en ocasiones no son lo suficientemente resistentes para contener la basura o no son los idóneos para poder ser manejados por el personal de recolección.

En cuanto a su ubicación, muchas veces no existe suficiente espacio en la casa-habitación y normalmente se localizan en la cocina la cual puede atraer la proliferación de insectos o roedores si no disponen de una cubierta o tapa. Así mismo, al no almacenar los residuos en orgánicos e inorgánicos, hace que se dificulte el rescate posterior de material reciclable.

Por lo tanto, es importante orientar a la población para que utilice recipientes adecuados, que mantengan la higiene mientras los residuos son recolectados, procurando un almacenamiento por mas de un día y además promover prácticas de separación y reciclaje doméstico de los desechos.

*Almacenamiento comercial.*

Este tipo de almacenamiento comprende el que se lleva a cabo en los mercados, tiendas de abarrotes, restaurantes y hoteles.

Es muy común el uso de tambos de 200 l adaptados para el almacenamiento, aunque también se utilizan contenedores con capacidades que varían de 1 a 6 m<sup>3</sup>

*Almacenamiento industrial.*

Este tipo de almacenamiento no es responsabilidad directa del municipio sino de la empresa generadora. Sin embargo, los encargados del servicio de limpia pública deben aplicar la normatividad existente para el adecuado control de almacenamiento de este tipo de residuos, situación que se da , en muy pocos casos e inclusive ni se llega a disponer del padrón actualizado de industrias establecidas.

*Almacenamiento hospitalario.*

A nivel nacional se dispone de estudios aislados sobre el tipo de almacenamiento efectuado en hospitales, aunque al igual que en los residuos industriales, las autoridades actúan únicamente como normativas y no tienen que involucrarse en el manejo de este tipo de basura. No obstante, dentro del reglamento de limpia pública deben contemplarse las disposiciones concernientes al almacenamiento hospitalario.

De las investigaciones realizadas se obtuvieron como resultados que:

- A pesar de que en la mayoría de los hospitales y laboratorios (75%) se emplean recipientes adecuados en forma, tamaño y protegidos en su interior con bolsas de plástico, facilitando con esto su limpieza y manejo, en más del 50% de estos centros, las papeleras de plástico no disponen de tapas.
- El almacenamiento central generalmente es externo (en patios, estacionamientos y otras zonas al aire libre), utilizando en el 56% de las unidades médicas y 30% de los laboratorios tambos de 200 l de los que únicamente el 5% son de plástico y con tapa y el resto son metálicos y abiertos.
- En el 65% de los hospitales y en más del 80% de los laboratorios el personal encargado del manejo de los residuos no utiliza equipo personal de seguridad.

De lo anterior podemos concluir los siguientes aspectos:

- Las infecciones bacterianas y virulentas pueden incrementarse entre la población hospitalaria al dispersarse los organismos patógenos por el interior de los centros, provenientes de un mal almacenamiento de residuos (recipientes sin tapa y contruidos con material poco resistente como papel y cartón).
- El almacenamiento central y en tambos metálicos sin tapa y sin protección interior facilita la dispersión de agentes infecciosos entre la población externa y aledaña a los hospitales, a través del viento, agua, fauna nociva y comercialización no controlada de materiales recuperados de la basura, así

como por la disposición inadecuada de vertir los residuos hospitalarios junto con los desechos domiciliarios.

Por lo tanto, los municipios deben reglamentar el almacenamiento de los desechos hospitalarios conjuntamente con autoridades de salud, con el fin de evitar la dispersión de enfermedades infecciosas como la hepatitis, SIDA, etc. entre la población.

#### **1.2.4 BARRIDO.**

El barrido es otra fase del sistema de recolección de basura y surge por la necesidad de mantener limpia y en condiciones estéticas, sobre todo las vías de intensa circulación peatonal de las principales ciudades de los municipios, como las calles principales, parques y jardines las que por factores naturales o antropogénicas son invadidas por residuos vegetales, arenas, lodos, envolturas de artículos, o residuos de comidas, botellas de vidrio, etc.

##### *Barrido manual.*

Para poder recolectar la diversidad de residuos, en un buen número de ciudades medias del país se emplea en mayor proporción el barrido manual, para lo cual se utiliza equipo diverso tal como:

- carritos con tambos de 200 l.
- escobas
- cepillos
- recogedores

Con respecto al personal cada carrito está a cargo de un barrendero quien a su vez está controlado por un jefe que se encarga de la distribución del trabajo.

En promedio para el barrido en ciudades latinoamericanas se tiene un rendimiento individual de 1 a 2.5 km/día de calle y en promedio por km barrido se recogen de 30 a 90 kg, requiriéndose 0.4-0.8 barrendero por cada 1000 hab.

Las áreas prioritarias de atención son las zonas pavimentadas como la plaza principal, sitios comerciales, calles y avenidas céntricas, parques y jardines.

La gran mayoría de las ciudades tienen establecidos horarios al personal para realizar esta actividad, en los turnos matutino y vespertino principalmente. Aunque también se tienen ciudades que carecen de un programa definido.

#### *Barrido mecánico.*

El uso de este sistema de barrido se observa en mayor proporción en ciudades de los estados de Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Baja California; en el centro del país también se realiza, aunque en forma escasa.

El hecho de que pocas ciudades dispongan de maquinaria para el barrido se debe principalmente a la falta de recursos económicos para adquirir el equipo y para darle el mantenimiento adecuado.

A pesar de que el barrido mecánico implica menores gastos que el manual, ocasiona el desplazamiento de mano de obra y favorece la salida de divisas del país ya que el equipo es importado.

#### **1.2.5 RECOLECCION.**

La etapa de recolección es la parte medular de un sistema de aseo urbano y tiene como objetivo principal preservar la salud pública mediante la recolección de los desechos en los centros de generación y transportarlos al sitio de tratamiento o disposición final en forma eficiente y al menor costo, ya que esta etapa es la que emplea un número considerable de recursos económicos.

Con el fin de diseñar un sistema adecuado de recolección, los municipios deben contar con ciertos parámetros técnicos y demográficos como:

## SEDESOL

- Procedencia y volumen de los desechos sólidos
- Tipo de almacenamiento
- Frecuencia de recolección
- Método de recolección y tripulación
- Tipo de vehículos, etc.

Las siguientes estadísticas nos dan un panorama general de la situación actual de la recolección, entorno a algunos de estos factores, en ciudades medias de México.

- El 60.97% de los residuos sólidos generados proceden de fuentes domiciliarias y el restante 39.02% de las industrias, comercios y otras fuentes.
- Del volumen generado, se recolecta el 85% de los residuos.

Con respecto a rutas de recolección los datos son:

- En el 75% de las ciudades las áreas atendidas se dividen por sectores operativos.
- Sólo el 43% de las ciudades medias realizan un diseño a través de un método técnico para llevar a cabo la recolección.
- En cuanto a los métodos actuales de recolección realizados en el país, el más común es el de acera o el de parada fija, más sin embargo, debido a las características de nuestras ciudades se ha optado por emplear primordialmente una combinación de estos.
- El 26.67% de las ciudades disponen de rutas eficientes de recolección y en un 73.33% no son suficientes.
- El número promedio de viajes que realiza cada camión diariamente es de casi 3, y por cada vehículo recolector se emplean en promedio 1 chofer y 3 ayudantes.

Por lo anterior, se puede observar que existe un número mayoritario de ciudades que no disponen de un diseño de rutas y que éstas son insuficientes, lo cual refleja que los municipios aparte de no contar con los suficientes recursos económicos, tampoco disponen de una buena planeación para ampliar su cobertura adecuadamente y con menores costos, sobre todo para aquellos lugares periféricos con dificultades de acceso o en zonas de reciente creación.

Esta situación trae por consecuencia que se concentran cantidades considerables de residuos en áreas como lotes baldíos, barrancas y colonias periféricas.

#### **1.2.6 TRANSPORTE Y TRANSFERENCIA.**

El transporte de los residuos sólidos ya sea en forma directa o por medio de centros de transferencia es al igual que en la fase de recolección, la parte que mas recursos económicos emplea.

Por lo tanto, para que un municipio adopte cualquiera de los dos sistemas de transporte directo o indirecto, deberá realizar un análisis de los costos y beneficios en base a:

- La generación de basura producida en los distintos sitios o fuentes.
- Frecuencia y métodos de recolección.
- Personal necesario.
- Condiciones medio ambientales y sociales de cada ciudad.

Se sabe que en el país solamente 16 ciudades medias han realizado estudios relativos a la selección del transporte adecuado, incluyendo las que han elaborado estudios de factibilidad.

En lo que se refiere al tipo, cantidad y calidad de los vehículos empleados por el servicio de limpia pública, se tiene:

- Que el transporte mas usado es el de camión de volteo y otro tipo de vehículos, los cuales no son los más indicados desde el punto de vista económico y sanitario.
- Los vehículos compactadores a pesar de reunir mejores ventajas para el transporte ocupan un segundo término.
- Con respecto a los vehículos descompuestos, se estima en casi el 20% del total, se tiene que el 37% de las ciudades carecen de presupuesto específico para el mantenimiento, lo que significa que los municipios de dichas ciudades no cuentan con taller apropiado, refacciones especiales y equipo necesario.
- De los vehículos restantes en servicio, un alto porcentaje se tiene de malas a regulares condiciones, lo que refleja también que se carece de un mantenimiento preventivo y correctivo.

Es importante entonces recalcar que:

No es sólo la compra suficiente de vehículos lo que requiere el sistema para el transporte de los residuos, sino que también se deben impulsar acciones como organizar y equipar los talleres de mantenimiento, minimizando con esto los costos y prolongando la vida útil de los vehículos con lo cual se podrá realizar una cobertura mas eficiente.

Aunado a lo anterior, en lo referente al aspecto de eficiencia del servicio, se debe contemplar dentro de la planeación, la posibilidad de instalar centros de transferencia en sitios estratégicos, con el fin de que los vehículos recolectores de la basura puedan ampliar su cobertura al reducir las distancias al sitio de disposición final o de tratamiento.

Actualmente solo 16 ciudades medias del país cuentan con centros de transferencia, los cuales operan como tales o a través de remolques o trailers; en dos más existe el proyecto de construcción y en otra están por concluirse los trabajos de instalación.

### **1.3 Recomendaciones.**

## SEDESOL

- Es necesario que los municipios cuenten con indicadores precisos que les permitan planear y programar sus acciones e inversiones en el corto, mediano y largo plazo, ya sea para incrementar su infraestructura o para incorporar nuevas tecnologías.

Se necesitan redoblar esfuerzos para intensificar estudios sobre generación de residuos sólidos tanto domiciliarios como de fuentes industriales y otras, para poder enfrentar con un alto grado de seguridad el manejo de los residuos sólidos, ya que actualmente los municipios tienen en general un escaso conocimiento de sus residuos sólidos y en algunos, los datos arrojados son sólo estimaciones o no se han obtenido de acuerdo a las normas establecidas.

- En primer lugar se debe concientizar a la población de conservar limpias las calles de la ciudad colocando en papeleras y contenedores los desechos generados.
- Las dependencias de aseo urbano deben diseñar un sistema de barrido aprobado técnicamente, considerando: Areas pavimentadas, sin pavimento, empedradas, topografía, amplitud de las calles, con energía eléctrica, recursos económicos, etc. de tal forma que se puedan planear los requerimientos de maquinaria, equipo y horarios.
- Tratar de brindar un mejor servicio de recolección con el fin de que el personal destinado al barrido no emplee tiempo en la colecta de basura domiciliaria.
- Las dependencias responsables de limpia pública requieren de técnicas modernas para el diseño de rutas de recolección para lo cual de ser posible se requiere del uso de computadoras y de capacitación para el personal.

En relación al punto anterior, un método adecuado de recolección abarata los costos de operación, el cual debe ser diseñado de acuerdo a las condiciones topográficas, socio-económicas, etc. de las áreas que se vayan a atender, con el fin de ampliar la cobertura del

## SEDESOL

servicio, sobre todo de las áreas marginales de bajos ingresos, en las que por las condiciones de hacinamiento y las condiciones previas de la vivienda, la recolección debe ser mas eficiente.

## 2

# **ESTUDIOS DE GENERACION, COMPOSICION Y CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.**

Los residuos sólidos son las partes que quedan de algún producto y se conocen comunmente como basura. Se puede considerar que los reesiduos sólidos son generados como resultado de las actividades que realiza la población para su subsistencia y para la obtención de insumos en los diferentes sectores productivos como son el comercio, la industria, el sector agropecuario y el de servicios.

Aunado a esto, la propaganda encaminada a favorecer el consumo excesivo de productos superfluos y prescindibles aumenta el problema de la generación y acumulación de residuos sólidos, lo cual se convierte cada día en algo más difícil de resolver.

Las autoridades municipales tienen, en general, un escaso conocimiento de los residuos sólidos que genera la población, por lo que los datos que manejan en cuanto a la cantidad y composición de los mismos son sólo estimaciones que realizan los departamentos de Aseo Urbano, sin basarse en estudios metodológicos.

La generación per cápita de residuos sólidos se ha incrementado en las últimas tres décadas en casi siete veces, así como las características de los residuos biodegradables a elementos de lenta y difícil degradación.

La composición de los residuos depende esencialmente de los siguientes factores:

- El nivel de vida de la poblacion.
- La estacion del año.
- El dia de la semana.

- Las costumbres de los habitantes.
- La zona donde se habita.

De acuerdo a lo anterior, el aumento en el nivel de vida de la población provoca un incremento de los residuos en relación a embalajes o empaques, botes, plásticos, papeles y cartones. En cuanto a las estaciones del año es lógico pensar que en el verano se producen más residuos de frutas y verduras, mientras que en el invierno se producen quizá más botellas de licor, latas y envolturas, aunado a ello la época de las fiestas decembrinas.

Otro factor que contribuye a la cada vez más grande generación de residuos sólidos es la rapidez con que los productos pasan a ser inútiles, pasados de moda, inservibles u obsoletos. Esto provoca una mayor generación de residuos, además de la gran cantidad de bienes de uso efímero conocidos como desechables.

## **2.1 Generación de Residuos Sólidos.**

Para su estudio los residuos sólidos se pueden clasificar de acuerdo a su fuente de origen en :

- Domiciliarios
- Comerciales
- De sitios públicos
- Institucionales
- Hospitalarios
- Industriales

A su vez existe otra clasificación de acuerdo al manejo que debe darse a cada uno en:

- Residuos municipales
- Residuos especiales

Los residuos municipales comprenden aquellos generados en casas-habitación, comercios, mercados, instituciones, vías públicas, parques y jardines, demolición y construcciones.

Los residuos especiales son los generados en procesos industriales, servicios, hospitalarios y de laboratorios, actividades agrícolas y actividades nucleares, los cuales por sus características físicas, químicas y biológicas deben ser manejados, tratados y dispuestos utilizando métodos adecuados para evitar riesgos a la salud y a la ecología.

Los estudios que a la fecha existen en materia de generación de residuos sólidos se han enfocado principalmente a los residuos domiciliarios generados en casas habitación y comerciales, existiendo muy poca información acerca de los residuos generados en otras fuentes como las industriales.

La SEDESOL estima que se generan a nivel nacional según datos del Programa Nacional 87,561 ton/día de residuos sólidos municipales.

### 2.1.1 Procedimiento para Determinar la Generación *per cápita* de Residuos Sólidos Domésticos.

El índice de generación *per cápita* se obtiene con base en la generación promedio de residuos sólidos por habitante, medido en kg/hab/día, a partir de la información obtenida de un muestreo aleatorio en campo y en cada uno de los sectores socio-económicos de la población.

Básicamente, el procedimiento se divide en dos partes; la primera consiste en el muestreo aleatorio en campo para posteriormente realizar la evaluación de los resultados que consiste en un análisis estadístico de los datos obtenidos en el muestreo, con el fin de verificar la confiabilidad del muestreo efectuado.

El trabajo de campo o muestreo consiste en la toma diaria de muestras de la basura generada en las casas-habitación seleccionadas, durante un periodo de siete días.

El valor obtenido de los residuos sólidos generados se divide entre el número de habitantes de las casas habitación, para de este modo obtener un valor de producción *per cápita* de basura en kg/hab/día, correspondientes al día en que fueron generados. Con los valores diarios se obtiene el promedio de la generación de basura *per cápita* para cada una de las casas habitación incluídas en la premuestra.

De acuerdo a lo anterior se obtiene una serie de "n" valores promedio de generación de basura *per cápita*, uno para cada casa habitación incluída en la premuestra.

Con esta información se procede a realizar el análisis estadístico de los valores obtenidos para definir lo siguiente:

- Rechazar o aceptar valores que resultan muy bajos o muy altos con respecto a la totalidad.
- El tamaño de la premuestra.
- La confiabilidad del muestreo.

El procedimiento para efectuar el estudio de la generación de residuos se presenta en la Norma Técnica NTRS-2: Generación.

### 2.1.2 Procedimientos para Determinar la Generación de Residuos Sólidos No Domésticos.

Esta determinación se puede realizar aplicando el mismo procedimiento que el descrito para los residuos sólidos domésticos, pero siempre y cuando se pueda determinar confiablemente el tamaño de la muestra, con base en la siguiente expresión:

$$n = \left( \frac{U(z)}{E} \right)^2 \quad \dots \quad (1)$$

donde:

n = tamaño de las muestras (número de fuentes generadoras por muestrear).

S = Desviación estandar poblacional en kg/fuente - día.

$E$  = error muestral en kg/fuente-día.

$z$  = percentil de la distribución normal, correspondiente al nivel de confianza definido por el riesgo empleado en el muestreo.

Antes de explicar la expresión anterior, deben definirse los giros o actividades municipales, excepto el doméstico, que se pretenden muestrear en la localidad. Por ejemplo, el primer paso para analizar un estudio de generación en fuentes comerciales consiste en la investigación, en los diversos organismos encargados de su coordinación, del número total de establecimientos comerciales. A su vez, se hace una clasificación de los establecimientos de acuerdo a la clase de desechos que generan y la diversidad de comercios en cuanto a su tamaño o magnitud.

Posteriormente, estableciendo el universo de trabajo se realiza un muestreo preliminar, el cual arrojará valores estadísticos que permitan determinar el tamaño de la muestra y definir los parámetros que se requiere conocer.

## **2.2 Composición de los Residuos Sólidos.**

La generación de los residuos sólidos ha venido variando tanto en calidad como en composición, en la medida que el desarrollo industrial se ha consolidado.

Conocer la composición de los residuos sólidos es importante para poder enfrentar adecuadamente su manejo. El conocimiento de "qué se produce" y "cómo se produce" permite no sólo conocer el desarrollo de las sociedades sino también describir la relación existente entre el hombre y la naturaleza.

Son grandes las posibilidades para llevar a cabo acciones que permitan el reuso de los residuos, mediante la selección y clasificación de los subproductos.

La separación de los subproductos de la basura trae consigo la operación de pequeñas empresas dedicadas al reciclaje y transformación de nuevos productos. En el caso de los residuos alimenticios, a través de sencillos tratamientos se puede transformar en composta (fertilizante orgánico) o en alimento para animales.

Asimismo, se puede utilizar el papel y el cartón para obtener, cartón gris, cartoncillo, envases de tomate y frutas, cajas de zapatos, láminas acanaladas, etc.

De esta forma, además de aprovechar los residuos sólidos se contribuye a preservar los recursos naturales y a elevar la vida útil de los sitios de disposición final, al depositarse en ellos menor cantidad de residuos.

El procedimiento para determinar la composición de los residuos se presenta en la Norma Técnica NTRS-3: Muestreo-Método de Cuarteo.

### **2.3. Recomendaciones.**

Las acciones por realizar en la etapa de generación de residuos sólidos difieren en cuanto a la fuente generadora. En el caso de los residuos domésticos el universo de trabajo se tiene definido y es posible obtener índices representativos. En el caso de los residuos no domésticos, aún no se definen con claridad los universos de trabajo, por lo que éstos carecen de parámetros adecuados.

En nuestro país, son pocas las ciudades que se han preocupado por cuantificar los residuos sólidos domésticos y no domésticos que se generan, para con ello planear y programar las inversiones en el corto, mediano y largo plazo que permitan desarrollar un manejo adecuado de los residuos.

De hecho, los estudios para determinar la generación de residuos están enfocados principalmente a los residuos domésticos, ya que las fuentes generadoras no domésticas presentan un vacío en cuanto a su clasificación y a los procedimientos aplicables para obtener parámetros o índices representativos.

Por lo tanto, es necesario incrementar los estudios sobre generación de residuos sólidos, principalmente de las fuentes no domésticas, esto es, de comercios, industrias, etc., para enfrentar con mayor seguridad su manejo.

Conocer la composición de los residuos sólidos es importante ya que con ello se puede determinar la factibilidad de proyectos para la clasificación de subproductos, para su venta en centros de acopio, empresas recicladoras o industrias de tratamiento de basura.

## SEDESOL

Es de suma importancia realizar campañas dirigidas a la población para evitar el dispendio de recursos y generar menos residuos sólidos. En este aspecto, es importante que en el uso de envases y embalajes, se promuevan los reutilizables y los reciclables, tanto a los consumidores como a las empresas productoras, de distribución y venta para que se orienten en este sentido.

### 3

## ALMACENAMIENTO.

Cualquier material que adquiere la calidad de residuo pasa a formar parte de un proceso de operaciones secuenciales que conforman un sistema de manejo. La primera de estas operaciones en el manejo de los residuos sólidos consiste en almacenarlos en su lugar de origen.

El almacenamiento se entiende como: la acción de retener temporalmente los residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección o se dispone de ellos.

Debido a que los residuos que se producen no se pueden eliminar de inmediato, se requiere de un tiempo, un depósito y un lugar adecuados para mantenerlos mientras se espera que sean evacuados o retirados.

Esta operación es responsabilidad exclusiva del generador del residuo por ello, es necesario que exista una reglamentación al respecto con el objeto de que se haga un almacenamiento adecuado.

El almacenamiento apropiado de los residuos tiene una influencia positiva en el manejo de los mismos y en el aseo urbano. Por el contrario, el almacenamiento inadecuado tiene varios efectos negativos sobre el servicio de recolección, debido principalmente a lo siguiente:

- Uso de recipientes de capacidad inadecuada (muy grandes o muy pequeños).
- Material de construcción de los recipientes inadecuado.
- No se separan los componentes (residuos orgánicos e inorgánicos).

Lo anterior propicia que:

- Aumente el tiempo de recolección.
- Se provoquen lastimaduras al personal del servicio de recolección.
- Se afecte la salud de la población al proliferar fauna nociva como insectos y roedores.

En nuestra sociedad, el uso de recipientes inadecuados representa uno de los principales problemas en la forma de almacenar la basura en espera de la recolección. El uso de recipientes de gran capacidad, como los tambos de 200 l, ocasionan problemas debido al gran peso propio del recipiente y a que una vez llenos son muy difíciles de manejar para su descarga, por lo que son una fuente potencial de lastimaduras para el personal del servicio de recolección.

Otro tipo de recipientes, como las cajas de cartón y las bolsas de papel, resultan problemáticos debido a que los residuos que normalmente se desechan contienen una alta cantidad de basura orgánica, lo que origina que estos recipientes se humedezcan y se desbaraten con el manejo, esparciéndose los residuos; también, son fácilmente accesibles para la fauna nociva, propiciando su proliferación.

El uso de la bolsa de plástico también presenta algunos inconvenientes, ya que son perforadas fácilmente por materiales punzocortantes y además retardan la descomposición de los residuos contenidos en ellas una vez que son depositados en los rellenos sanitarios.

En la tabla 3.1 se presentan las ventajas y desventajas de varios tipos de recipientes utilizados para el almacenamiento.

Tabla 3.1 Características de los Recipientes utilizados para el almacenamiento.

TIPO DE RECIPIENTE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CAJA DE CARTON	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economica</li> <li>• Poco peso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facil de deteriorarse, se destruye facilmente por la humedad de los residuos sólidos.</li> <li>• Dificil manejo.</li> <li>• Fácil acceso a fauna nociva.</li> <li>• Inflamable</li> </ul>
CAJA DE MADERA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economica</li> <li>• Estructura mas o menos solida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de deteriorarse</li> <li>• Provoca accidentes al personal de recolección.</li> <li>• Fácilidad para que los residuos se dispersen.</li> <li>• Dificil manejo.</li> <li>• Fácil acceso a fauna nociva</li> <li>• Inflamable</li> <li>• Volumen inadecuado</li> </ul>
BOTE DE LAMINA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil manejo</li> <li>• Mantiene condiciones sanitarias</li> <li>• Estructura sólida</li> <li>• Dificil acceso a fauna nociva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con el uso se deterioran.</li> <li>• Provocan cortaduras cuando están deteriorados,</li> <li>• Fácil de oxidarse</li> </ul>
BOTE DE PLASTICO CON TAPA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil manejo</li> <li>• Mantien condiciones sanitarias, disminuye el ruido, son de peso ligero</li> <li>• Dificil acceso a fauna nociva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura no muy sólida</li> </ul>
BOLSA DE PAPEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Económica</li> <li>• Poco peso</li> <li>• Reduce el tiempo de recolección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se rompe facilmente</li> <li>• Se perfora con facilidad por materiales punzocortantes contenidos en los residuos.</li> <li>• Se destruye facilmente por la humedad de los residuos.</li> <li>• Inflamable.</li> <li>• Fácil acceso a fauna nociva.</li> </ul>
BOLSA DE PLASTICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economica,- fácil manejo.- disminuye el tiempo de recolección.</li> <li>• Mantiene condiciones sanitarias.- tiene un peso ligero.-disminuye el ruido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se perfora con facilidad por materiales punzocortantes.</li> <li>• Inflamable.</li> <li>• Volumen inadecuado.</li> <li>• Fácil acceso a la fauna nociva.</li> <li>• Retarda el proceso de descomposición de los residuos en los rellenos.</li> </ul>

### 3.1 Tipos de Almacenamiento.

El almacenamiento de residuos sólidos municipales se divide en dos tipos: almacenamiento domiciliario y almacenamiento no domiciliario.

### 3.1.1 Almacenamiento Domiciliario.

Este tipo de almacenamiento es el que se efectúa en las viviendas o casas-habitación, sean éstas unifamiliares o edificios multifamiliares. A su vez, se divide en almacenamiento interno y externo.

El almacenamiento interno es el que realizan los habitantes de la vivienda en las diversas áreas como son; cocina, baños, recámaras, etc. Por su parte, el almacenamiento externo es aquel donde se depositan todos los residuos generados en la vivienda, disponiendo para ello de un recipiente y un lugar especial en el exterior de la vivienda.

### 3.1.2 Almacenamiento no domiciliario.

El almacenamiento no domiciliario es aquel que se realiza en las diversas fuentes generadoras como:

- Comercios.
- Mercados.
- Tiendas de autoservicio.
- Terminales de autotransporte.
- Industrias.
- Hospitales.
- Sitios públicos.
- Institucionales.

Hay que considerar que en estas fuentes generadoras de basura también se realiza almacenamiento interno y externo. Por ejemplo, en el caso de mercados, se considera como almacenamiento interno el que realiza cada uno de los locatarios utilizando diversos tipos de recipientes de poco volumen; de esta forma, el almacenamiento externo se realiza en recipientes de mayor capacidad, generalmente tambos de 200 l, que captan la basura de los recipientes internos.

### 3.2 Tipos y Uso de Recipientes.

Dependiendo de la fuente de generación existen varios tipos de recipientes, los cuales varían en cuanto a su capacidad de almacenamiento y material de construcción. Se definirá el procedimiento mas adecuado para el almacenamiento externo en las diversas fuentes generadoras.

#### *Recipientes para casas-habitación.*

El almacenamiento externo en casas-habitación unifamiliares, generalmente se realiza utilizando recipientes de poco volumen, y tan diversos como botes de lámina galvanizada o de plástico, bolsas de plástico, recipientes improvisados como cajas de cartón o de madera y hasta recipientes de desecho como botes, cubetas, ollas, etc.

Los recipientes mas adecuados son los botes de lámina galvanizada y los de plástico, de capacidad variable de acuerdo a la cantidad de residuos generados, aunque lo mas recomendable es que sean de entre 60 y 100 l. Los recipientes de mas de 100 l tienen la desventaja de ser difíciles de cargar por un sólo hombre, mientras que los recipientes de menos de 60 l afectan los tiempos de recolección al ser mayor el número de recipientes a descargar. Estos recipientes deben tener las siguientes características:

- Forma cilíndrica, con la base de menor diámetro.
- Con tapa ajustada y asas a ambos lados.
- Resistentes a la corrosión, golpes e inclemencias del tiempo.
- De preferencia, que tengan ruedas para su desplazamiento.
- De fácil manejo para su limpieza y desinfección.

En el caso de que no se pueda contar con un recipiente como el descrito, una alternativa puede ser el uso de recipientes desechables como las bolsas de plástico. Su uso puede representar algunas ventajas al reducir el tiempo de recolección, debido a que al descargar las

bolsas en el vehículo recolector se puede levantar mas de una bolsa a la vez y se elimina el regreso del recipiente a la acera, sin embargo también tienen el inconveniente de retardar el proceso de descomposición de los desechos al ser enterrados en un relleno sanitario.

*Recipientes para multifamiliares.*

En los edificios de departamentos y multifamiliares es común encontrar que se utilizan tambos de 200 l para el almacenamiento externo de la basura producida. Como ya se mencionó, estos recipientes son inadecuados en cuanto a su tamaño, por lo cual se provocan problemas en las eficiencias del servicio de recolección.

Los recipientes conocidos como contenedores son los mas adecuados para ser usados en estos lugares. Por lo común, los contenedores son de construcción metálica y varían en cuanto a su capacidad, pero los mas usados son los de 1.5 m<sup>3</sup> de capacidad.

El uso de contenedores requiere de un servicio especial de recolección que cuente con camiones que tengan el aditamento especial para realizar la descarga del contenedor.

De este modo, antes de adquirir este tipo de recipientes se debe verificar si se tiene el servicio de recolección adecuado.

Los contenedores deberán tener las siguientes características:

- Capacidad suficiente para recibir los residuos generados.
- Resistentes a impactos fuertes.
- Que cuenten con tapa.
- Sin aristas afiladas.
- Resistentes a las inclemencias del tiempo.
- De fácil manejo para su limpieza, mantenimiento y desinfección.
- Con drenaje para líquidos acumulados.

De no ser posible utilizar contenedores, ya sea por su elevado costo o porque no existe el servicio de recolección adecuado, se aconseja como lo mas adecuado utilizar recipientes como los descritos para el almacenamiento externo en casa-habitación.

Se debe procurar darles el mantenimiento necesario, en caso de utilizar recipientes metálicos deben pintarse, por lo menos una vez al año, para evitar la corrosión; si el recipiente no tiene tapa será necesario adaptarle una para evitar la proliferación de fauna nociva y los malos olores.

#### *Recipientes para Sitios Públicos.*

En los sitios públicos se utilizan los recipientes conocidos como papeleras. Estos recipientes se colocan en calles, parques y otros sitios públicos, y se destinan a recibir aquellos residuos que son generados por el público asistente a esos lugares.

Los residuos generalmente acumulados son restos alimenticios, envolturas, colillas de cigarros, envases, embalajes y envolturas.

Por lo común, las papeleras son de construcción metálica, aunque el tamaño de estos recipientes no está completamente definido. La determinación exacta de la capacidad o tamaño de estos recipientes se efectúa por el método de "prueba y error" hasta encontrar el tamaño adecuado.

Esto es, se coloca un recipiente de capacidad conocida en el que se captarán los residuos generados por los transeúntes o visitantes de los sitios públicos.

De este modo, y de acuerdo con la frecuencia de recolección, se observará si su capacidad es suficiente para almacenar los residuos generados. En caso de que el volumen del recipiente sea insuficiente, se colocará un recipiente de mayor capacidad, repitiéndose la operación hasta encontrar el recipiente adecuado.

Por lo regular, en los días en que hay una mayor afluencia de personas a esos lugares lo que se hace es reforzar las áreas de almacenamiento, ya sea colocando mas recipientes o aumentando la frecuencia de recolección.

*Recipientes para Centros de Gran Generación.*

Los centros de gran generación son los sitios en los cuales diariamente se genera una gran cantidad de residuos sólidos, los cuales deben ser almacenados en forma segura e higiénica mientras se efectúa la recolección. Entre los centros de gran generación de residuos sólidos se incluyen:

- Grandes tiendas de autoservicio.
- Terminales de transporte.
- Mercados.
- Industrias.
- Instituciones públicas y privadas.

En estos lugares también se realiza almacenamiento interno y externo. Para el almacenamiento externo se pueden utilizar contenedores de distinta capacidad. Estos es, se pueden utilizar los de pequeña capacidad como son los de 1.5 m<sup>3</sup> o los de gran capacidad como son los contenedores de 8 m<sup>3</sup> o más, para cuyo manejo se utilizan los vehículos denominados *roll off-roll on*.

Las características que deben tener estos recipientes fueron comentadas cuando se habló de recipientes para multifamiliares.

*Recipientes para Almacenamiento Industrial.*

Las industrias generan una gran cantidad de residuos sólidos, algunos de los cuales representan un riesgo para el ambiente y la salud humana.

Por ello, es necesario que el almacenamiento externo en las industrias tome en cuenta el origen de cada residuo que se almacena.

Esto es, los residuos no peligrosos que se generan en oficinas, comedores, vestidores, etc. deberán almacenarse separadamente de los residuos generados en algún proceso industrial.

Para el almacenamiento externo en las industrias se recomienda el uso de contenedores, tolvas de almacenaje y también tambos metálicos. Los contenedores se usan principalmente para almacenar los residuos no peligrosos provenientes de los lugares ya mencionados.

Por otra parte, los residuos provenientes de procesos industriales se almacenan en tolvas.

El uso de tolvas es con el objeto de que los residuos que representan algún grado de peligrosidad, y que muchas veces tienen una apariencia, consistencia y olor desconocidos para el recolector, no entren en contacto con el personal de recolección.

De este modo, los residuos almacenados en las tolvas son descargados directamente al vehículo recolector. Además, se recomienda que el vehículo recolector sea propiedad de la industria y se utilice sólo para el transporte de esos residuos.

En los casos en que los residuos generados son muy peligrosos o tóxicos, éstos se deben almacenar en tambos metálicos de 200 l, los cuales se deben cerrar herméticamente para evitar el escape de los residuos.

#### *Recipientes para Almacenamiento en Hospitales.*

Los hospitales generan una diversidad de residuos que es conveniente manejarlos en dos grupos: los residuos no contaminados y los residuos clínicos o contaminados. Los residuos no contaminados se generan por diversas actividades como las de aseo general y las de preparación de alimentos. Los residuos clínicos o contaminados son los generados en los laboratorios, salas de hospitalización, quirófanos, salas de curación, servicio de emergencia, eventualmente los de la consulta externa y medicamentos caducos.

Algunas prácticas comunes que se llevan a cabo en las instituciones hospitalarias como son; el almacenamiento interno de los residuos en recipientes y bolsas que no tienen tapa ni cierre hermético, el transporte de los mismos por rutas que atraviesan áreas públicas, así como el uso de recipientes de material poco resistente como papel y cartón, y el transvasado de los residuos de un recipiente a otro, facilitan la dispersión de microorganismos patógenos en el

ambiente interior de los hospitales, con lo cual se propicia el incremento de enfermedades infecciosas.

Primeramente, los residuos se deben almacenar en el lugar que se generan, utilizando recipientes de características definidas en cuanto a tamaño y forma, material de construcción y hermetismo.

De este modo, se recomienda como adecuado el uso de recipientes cilíndricos, metálicos ó de plástico duro, provistos de tapa hermética y asas, y cuya capacidad no sea superior a 100 l. El uso de la bolsa de plástico, amarrada o sellada con *masking-tape*, como complemento del recipiente trae consigo una notable mejoría en las condiciones de higiene y rapidez; pero ésta no puede ser usada como recipiente independiente de almacenamiento, pues no cumple con la condición básica de resistencia ya que al cargarse con elementos muy pesados o punzocortantes se rompe fácilmente.

No es conveniente la reutilización de las bolsas de plástico que se utilizan como complemento del recipiente de almacenamiento interno. Así también se recomienda que los recipientes sean lavados y desinfectados, cada vez que son retirados los residuos, con una solución de hipoclorito de sodio.

Para evitar confusiones al realizar el almacenamiento interno de los residuos contaminados y no contaminados, se recomienda que se utilicen bolsas de plástico desechables de colores distintos para diferenciarlos. Por ejemplo, las bolsas de color gris o negro se usarán para los residuos no contaminados, y las bolsas de color rojo o naranja se usarán para los residuos contaminados. Estas bolsas se deberán amarrar perfectamente cada vez que son retirados de los recipientes.

Los residuos no contaminados se llevan desde el lugar de su generación al almacenamiento externo. Para este almacenamiento se recomienda el uso de contenedores cuyo volumen estará determinado por la cantidad de residuos generados. Estos contenedores deben de mantenerse protegidos del sol, lluvia, viento, animales y personas ajenas al lugar, y con espacio suficiente para las maniobras de recolección y limpieza.

En el caso de los residuos clínicos o contaminados éstos deben ser tratados por métodos especiales, siendo el más adecuado la incineración. Los residuos biológicos, como miembros amputados, órganos extirpados, etc. constituyen la única excepción al método de almacenamiento interno, ya que tienen que ser desalojados de inmediato de su lugar de origen y llevados al incinerador del hospital.

Con objeto de evitar riesgos en el manejo de este tipo de residuos, se recomienda generalizar en todos los hospitales el uso de sistemas de incineración de los residuos infecciosos.

### **3.3 La Zona de Almacenamiento.**

La zona de almacenamiento es el lugar en donde son colocados los recipientes de almacenamiento externo, en las diversas fuentes generadoras.

Estos lugares deben de cumplir con ciertas características que permitan un almacenamiento adecuado de los residuos y faciliten las labores de recolección, tales como:

- El lugar deberá estar cubierto para evitar que la lluvia o el sol afecten los residuos almacenados.
- Los recipientes se colocarán a una distancia de 20 cm sobre el nivel del piso.
- El lugar deberá ser inaccesible a animales domésticos y a personas ajenas al lugar.
- Antes de la entrega de los residuos al servicio de recolección se deberán barrer los residuos dispersos e incorporarlos a los recipientes de almacenamiento.
- No deberá haber cosas en desorden o materiales que no estén destinados para entregarse al servicio de recolección.
- El lugar se deberá lavar por lo menos una vez a la semana, con agua caliente y detergente, con la finalidad de eliminar bacterias y malos olores ocasionados por los residuos que puedan adherirse al piso del lugar.

- De preferencia, el piso del lugar de almacenamiento deberá construirse con materiales impermeables y antiderrapantes.

### **3.4 Diseño del Sistema de Almacenamiento Urbano.**

El sistema de almacenamiento de los residuos sólidos en las fuentes generadoras depende de varios parámetros como son:

- La cantidad de basura generada
- La densidad de la basura
- La frecuencia de la recolección
- El sistema de recolección utilizado.

Estos parámetros tienen una influencia directa sobre la capacidad y el tipo de recipiente necesario para el almacenamiento.

#### **3.4.1 Generación de residuos sólidos.**

El estudio de generación sirve para determinar la cantidad de residuos sólidos que se deben almacenar. La cantidad de basura que se produce se relaciona con:

- Número de habitantes de la vivienda.
- Nivel socioeconómico.
- Estacion del año.
- Hábitos alimenticios.
- Día de la semana.
- De infraestructura de servicios.

La metodología para determinar la generación de residuos sólidos se establece en la Norma Técnica NTRS-2 de la SEDUE ahora SEDESOL.

### 3.4.2 Densidad de los Residuos.

La densidad o peso volumétrico se define como:

- El volumen necesario para acomodar una determinada cantidad de residuos de acuerdo a su peso.

Este parámetro está relacionado a las características físicas de los residuos. Su determinación está establecida por la Norma Técnica NTRS-4 ahora SEDESOL.

### 3.4.3 Frecuencia de la recolección.

La frecuencia de la recolección determina la cantidad de residuos a almacenar de acuerdo al número de días en que se ofrece el servicio de recolección. Para su aplicación en la determinación de las necesidades volumétricas de almacenamiento se utilizan los siguientes factores:

Tabla 3.2 Factores de frecuencia de recolección.

FRECUENCIA DE RECOLECCION	FACTOR (FR)
DIARIA	1
CADA TERCER DIA	2
TRES VECES POR SEMANA	3
2 VECES POR SEMANA	4
UNA VEZ A LA SEMANA	7

*Cálculo de las necesidades volumétricas para el almacenamiento.*

Para efectuar el cálculo del volumen necesario para el almacenamiento de los residuos en fuentes no domiciliarias se utiliza la siguiente expresión :

$$V = \frac{G}{PV} \times fr \quad \dots\dots \quad (2)$$

donde:

V= Volúmen del recipiente en m<sup>3</sup>

G= Generación de residuos en kg/día.

P.V.= Peso Volumétrico o densidad de los residuos en Kg/m<sup>3</sup>

fr= Factor de frecuencia de recolección.

Para el caso del almacenamiento de residuos domiciliarios, la necesidad de volumen se determina como sigue:

$$V = \frac{G \times n}{PV} \times fr \times 1000 \quad \dots\dots \quad (3)$$

donde:

V= Volumen del recipiente en l.

G= Generación de residuos por habitante en Kg/día.

n= Número de habitantes en el domicilio.

P.V.= Peso volumétrico de los residuos en Kg/m<sup>3</sup>

fr= Factor de la frecuencia de recolección.

Ejemplo:

En una vivienda en la que habitan 6 personas se requiere conocer el volumen necesario para almacenar los residuos sólidos generados. La generación per-cápita o de cada habitante es de 0.905 Kg/hab/día; y la densidad o peso volumétrico de los residuos es de 140 Kg/m<sup>3</sup>. Además, la frecuencia de recolección en el lugar es de una vez a la semana.

Entonces aplicando la fórmula para determinar el volumen de almacenamiento de los residuos sólidos domiciliarios tenemos que:

$$V = \frac{0.905 \times 6}{140} \times 7 \times 1000 = 271.51$$

Por lo tanto, el volumen requerido para almacenar los residuos sólidos generados en esa vivienda es de 270 litros.

### **3.5 Comentarios.**

Actualmente, los residuos sólidos generados en las diversas fuentes tanto domiciliarias como no-domiciliarias, son almacenados en una amplia variedad de recipientes, muchos de los cuales son inadecuados, por lo cual afectan de manera negativa a todo el sistema de manejo de los residuos, principalmente al servicio de recolección.

Las mejoras que se quieran hacer sobre el manejo de los residuos sólidos deben partir, en primer lugar de las formas de almacenamiento de los residuos en la fuente generadora. Por lo tanto, se requiere de una reglamentación al respecto a fin de que los recipientes usados para el almacenamiento cumplan con los requisitos necesarios que permitan un manejo higiénico y seguro de los residuos, y que esto influya de manera positiva en el servicio de recolección.

En el caso del almacenamiento domiciliario, una reglamentación al respecto debe ser realista en cuanto a las condiciones sociales y económicas de la localidad y del país, ya que las exigencias de un recipiente para almacenamiento que cumpla con todos los requisitos no será posible de cumplir por las familias de escasos recursos económicos. En estos casos, se deben considerar las alternativas adecuadas de manera que una reglamentación se pueda aplicar a todos los estratos sociales que integran nuestra sociedad.

El uso de contenedores, recomendado para el almacenamiento en viviendas multifamiliares y centros de gran generación, debe ser acorde con el tipo de recolección utilizado en la localidad. Aunque son los contenedores los recipientes mas adecuados para

estas fuentes generadoras éstos tienen algunas restricciones en cuanto a su costo y a la necesidad de equipos de recolección especializada.

En el caso de fuentes no domiciliarias que generan poca cantidad de residuos se recomienda el uso de recipientes del tipo domiciliario, o en el caso de que el servicio de recolección cuente con equipo adecuado se utilicen contenedores de poco volumen.

Es necesario mencionar que los recipientes de almacenamiento externo utilizados en fuentes domiciliarias y no domiciliarias deben ser colocados en lugares apropiados que los conserven protegidos de la lluvia, sol, etc., e inaccesibles a los animales domésticos o personas ajenas que puedan alterar el adecuado almacenamiento que se haga de los residuos.

Se deben llevar a cabo acciones que propicien una mentalidad positiva conciente acerca del problema que representan los residuos sólidos. Una de estas acciones es la promoción del almacenamiento ecológico, el cual consiste en el almacenamiento por separado de los distintos tipos de residuos de acuerdo a su composición física. De este modo tenemos que se pueden almacenar separadamente materia orgánica, papel, vidrio, plástico, metal, etc. La instalación de centros de acopio para estos residuos es fundamental para que este tipo de acciones den los resultados adecuados.

Las fuentes de generación de los residuos industriales y hospitalarios producen una amplia diversidad de residuos, catalogados unos como no peligrosos y otros como peligrosos o contaminados, por lo cual es necesario que el almacenamiento tanto interno como externo de esos residuos se realice por separado, de acuerdo al origen y características de los mismos. De esta forma, los residuos que se generan en lugares como vestidores, salas de descanso, oficinas, comedores, etc. deben ser depositados en un recipiente distinto al utilizado para el almacenamiento de los residuos provenientes de algún proceso industrial y que de algún modo son peligrosos para la salud.

En el caso de las instituciones hospitalarias es necesario que cada una de ellas cuente con un sistema de incineración para los residuos infecciosos o contaminados, evitando con ello el riesgo de contagio de enfermedades a la población, ya que no sería necesario ningún tipo de

## SEDESOL

almacenamiento externo, y sólo se requeriría el almacenamiento interno para residuos contaminados y para no contaminados.

## 4

# BARRIDO

Barrido es la actividad de recolección manual o mecánica de residuos sólidos depositados en la vía pública.

El tipo de residuos en la vía pública es muy diverso ya que puede variar de acuerdo al clima, al número de peatones y al uso del suelo. Entre los principales componentes se encuentran polvo, estiércol, colillas de cigarros, envolturas y envases de plástico, cartón, pedacería de vidrio, animales muertos, etc.

El polvo se origina tanto por eventos naturales como por la actividad humana.

Dependiendo del número de peatones que circulan en la vía pública, de las condiciones socioeconómicas y del grado de educación ambiental se van acumulando en las calles y lugares de esparcimiento colillas de cigarros, envolturas, envases de plástico, cartón y pedacería de vidrio.

La razón mas importante por la que debe de efectuarse la limpieza en las calles es por la conservación de la salud humana. Las excretas y los desperdicios orgánicos pueden llegar a afectar al ser humano, especialmente porque propicia las condiciones para el desarrollo de moscas, mosquitos y roedores, los cuales son transmisores de diversas enfermedades. El polvo afecta los ojos, garganta, vías respiratorias y ocasiona también molestias de tipo alérgico. Otro tipo de residuos, como los vidrios pueden producir lesiones a los peatones.

Por otra parte, la acumulación de basura puede obstruir el alcantarillado-drenaje del agua pluvial, ocasionando inundaciones en algunos sectores de la ciudad.

Por último, las calles se deben de limpiar por razones de estética ya que a nadie le gusta vivir en una ciudad llena de basura, porque presenta un aspecto visual desagradable.

#### **4.1 Frecuencia y Areas en Donde debe Efectuarse el Barrido.**

Las vías de circulación peatonal y de vehículos; mercados, ferias, lugares de esparcimiento, parques, playas y ocasionalmente estadios, coliseos y rivera de los ríos, son los lugares en donde debe de efectuarse el barrido.

La limpieza en las vías de circulación vehicular y de peatones debe de efectuarse a todo lo largo de las cunetas y de un ancho de 0.6 m.

El sector comercial de una ciudad debe de ser barrido en su totalidad y las veces que debe de barrerse dependerá de la cantidad de basura que sea necesario retirar. Algunas veces no es suficiente una limpieza diaria, sino que, es necesario que se realice en varias ocasiones durante el día. En la tabla 4.1 se muestra el número de veces que es necesario llevar a cabo el barrido en cada sector de la población.

Tabla 4.1 Frecuencia de Barrido.

SECTOR DE LA POBLACION	BARRIDO	BARRIDO
	OPTIMO	MINIMO
CALLES COMERCIALES, ZONA CENTRAL Y MERCADOS.	5 VECES	1
CALLES PRINCIPALES, ZONA CENTRAL.	2 VECES/DIA	1
CALLES COMERCIALES SUB-URBANAS	2 VECES/DIA	1
CALLES SECUNDARIAS Y ZONA CENTRAL.	1 VEZ/DIA	1
CALLES PRINCIPALES SUBURBANAS.	1 VEZ/DIA	1
CALLES RESIDENCIALES, ZONA DE BAJOS INGRESOS.	3 VECES/SEMANA	2
CALLES RESIDENCIALES, ZONA DE ALTOS INGRESOS.	1 VEZ/SEMANA	1

## **4.2 Tipos de Barrido.**

Existen dos tipos de barrido, el manual y el mecánico.

### **4.2.1 Barrido Manual.**

Este tipo de barrido es recomendable realizarlo en calle y avenidas cuyo tráfico no sea intenso; en calles angostas con topografía accidentada y en plazas o espacios públicos.

#### *Horario de barrido manual.*

El barrido nocturno es el más recomendable ya que facilita la labor, por el poco tránsito vehicular y además permite que la ciudad amanezca limpia.

Sin embargo, en ciudades donde la temperatura es muy baja no se puede llevar esto a la práctica. Por lo cual es preferible el barrido diurno, comenzando la jornada muy temprano, lo que permite continuar durante gran parte del día.

#### *Equipo de Barrido Manual.*

Las herramientas que se utilizan para el barrido manual son básicamente; escobillón, escoba, carrito de mano con uno o dos receptáculos cilíndricos, recogedor y pala en algunas ocasiones.

El escobillón es de fibras cortas y duras que puede ser de vegetales o de plástico. En las calles sin pavimentar es preferible escobas con fibras largas y flexibles. En muchos lugares utilizan ramas de árboles con el objeto de abaratar costos.

El carrito de mano lleva dos receptáculos cilíndricos de una capacidad de 80 l cada uno. La estructura de estos carritos debe de ser sólida y liviana, recomendándose que sea de tubo de acero. Es muy importante contar con este instrumento para que el barredor vaya recogiendo la basura que ha acumulado con la escoba. Si no cuenta con este implemento tiene

que formar montones en la cuneta que quedan hasta que los recoja el camión recolector, estando expuesto a ser derramado por el tráfico y en consecuencia volver a ensuciar la vía.

En algunos lugares utilizan cilindros metálicos de 200 l, por la facilidad de obtenerlos ya que constituyen envases de otros productos. Sin embargo, estos no son recomendables ya que dificulta la operación tanto para el barredor como para los recolectores.

En lugares con fuertes lluvias es necesario una pala para levantar el lodo o tierra húmeda que han sido arrastrados hacia la cuneta. También es necesario proveer al barredor de un cucharón metálico para limpieza de los sumideros de las bocas de tormenta.

Para facilitar la operación del barrido y la de recolección se deberán de proveer de bolsas plásticas de 100 l, las mismas que se colocarán dentro del cilindro y serán retiradas de él cuando se hallan llenado y se colocarán en lugares pre-establecidos de donde serán retirados por los vehículos recolectores.

### ***Procedimientos de barrido manual.***

El barrido manual se puede hacer por cuadrilla de barredores o por rutas fijas asignadas a un barredor.

#### **Limpieza por cuadrillas.**

Se lleva a cabo, en casos de limpieza de áreas en donde hubo un evento especial por ejemplo, ferias, aniversarios, patios, limpiezas estacionales, limpiezas periódicas de zonas.

El tamaño de la cuadrilla dependerá del área a limpiar, así como la cantidad de basura a recolectar. Los grupos de 6 a 10 son los mas recomendables. Para cada cuadrilla se debe asignar un camión recolector y un supervisor para controlar el trabajo.

#### **Limpieza por ruta fija.**

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

*Eficiencia en el barrido manual.*

El rendimiento de un barredor depende del tipo de distrito, de la topografía, de las condiciones de pavimento, de la densidad del tráfico peatonal y vehicular, de la calidad y ligereza de sus implementos y de la técnica que tenga para barrer.

Los rendimientos estimados de barrido por persona o por jornada efectiva de trabajo son de 2.0 a 2.5 kilómetros según experiencias obtenidas en algunas ciudades de América Latina.

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

- a) Estacionar el carrito en las aceras al comienzo del recorrido.
- b) Forrar por dentro el cilindro con un saco de plástico de 100 l.
- c) Barrer la basura de la acera, moviéndola hacia la cuneta y en dirección del tráfico vehicular.
- d) Barrer la basura de la cuneta en sentido contrario al tráfico vehicular formando montones cada 20 ó 25 metros y hacia el punto de estacionamiento del carrito, teniendo cuidado de no barrer por encima de las bocas de tormenta.(drenaje pluvial).
- e) Mover el carrito por las aceras e ir recogiendo los montículos y estacionar en la siguiente estación.
- f) Depositar el saco de plástico que ha sido llenado con la basura recogida en un punto predeterminado.
- g) Recolectar los sacos de plástico en los puntos predeterminados por medio de camiones recolectores.

*Diseño de rutas.*

Una "ruta de barrido" se define como el recorrido de limpieza que debe realizar un barrendero en el circuito que se le ha asignado. Este recorrido puede ser realizado diariamente, 3 veces por semana o una vez a la semana.

Los parámetros para el diseño de barrido (manual o mecánico) de calles y espacios públicos se obtienen a partir de un estudio de tiempos y movimientos. La ruta de diseño de barrido se define por métodos heurísticos o determinísticos. Cuando se realice por medio del método determinístico se usará el algoritmo del "cartero chino".

Estudio de tiempos y movimientos

Se define como el procedimiento empleado para cuantificar el tiempo en que un operario con habilidad normal y trabajando con un esfuerzo normal desarrolla una tarea de acuerdo a un método especificado. Este tiempo se denomina Tiempo Estándar.

Tiempo Estándar = Tiempo neto + concesiones.

Tiempo neto = Tiempo observado + factor de nivelación.

Factor de nivelación = 1 + nivel de actuación.

Nivel de actuación = a la suma algebraica de las calificaciones otorgadas a la habilidad, esfuerzo, condiciones y estabilidad (HECE).

Tabla 4.2 Valoración de la actuación.

HABILIDAD.	ESFUERZO.		
+0.15 A1 +0.13 A2	Superhabilidad	+0.13 A1 +0.12 A2	Excesivo
+0.11 B1 +0.08 B2	Excelente	+0.10 B1 +0.08 B2	Excelente
+0.06 C1 +0.03 C2	Buena	+0.05 C1 +0.02 C2	Bueno
0.00 D	Promedio	0.00 D	Promedio
-0.05 E1 -0.10 E2	Regular	-0.04 E1 -0.08 E2	Regular

## SEDESOL

-0.15 F1 -0.22 F2	Deficiente	-0.12 F1 -0.17 F2	Deficiente
CONDICIONES		CONSISTENCIA	
+0.06 A	Ideales	+0.04 A	Perfecta
+0.04 B	Excelentes	+0.03 B	Excelente
+0.02 C	Buenas	+0.01 C	Buena
0.00 D	Promedio	0.00 D	Promedio
-0.03 E	Regulares	-0.02 E	Regular
-0.07 F	Malas	-0.04 F	Deficiente

Las concesiones o suplementos dependen de las demoras observadas como elementos extraños al proceso en sí, y pueden otorgarse o no, dependiendo del papel que juegan dentro del proceso de trabajo.

### **Barrido Manual.**

Este estudio es útil para:

- a) Determinar la eficiencia de trabajo de los equipos (barredora mecánica) y del personal que lo opera. Esto en el caso del sistema de barrido mecánico. Cuando se trata del sistema de barrido manual determinará la eficiencia de trabajo del personal de barrido.
- b) Contar con la información necesaria para programar las actividades del organismo encargado de la prestación de los servicios de limpieza de calles.
- c) Aprovechar al máximo, el tiempo de las unidades y del personal con que se cuenta.
- d) Saber qué cantidad de trabajo debe exigirse a cada barrendero u operador de barredora mecánica.

### Método heurístico.

El método heurístico es aproximado y se basa generalmente en el sentido común del proyectista y en ciertas reglas de "dedo". Aparentemente requiere de un mínimo de tiempo y de pocos recursos económicos y materiales, además de que varios autores consideran que son adaptables a un amplio rango de problemas.

Las principales reglas de "dedo" empleadas para el diseño de las rutas de "barrido manual" por métodos heurísticos son las siguientes:

- Evitar que se pase dos veces por la misma cuneta, a menos que la frecuencia fijada así lo exija.
- Procurar en lo posible, que el término de la ruta sea en el punto más cercano al inicio.
- Evitar el mayor número de cruces de calles.

Todas estas consideraciones son básicas para contar con un programa que aproveche al máximo la capacidad del personal, se pueda mejorar el rendimiento del servicio y minimizar los costos en mano de obra que es el factor preponderante en este servicio.

### Métodos determinísticos.

Este tipo de métodos son los más recomendables ya que en ellos se pueden considerar todos los parámetros que con cierto peso inciden en el diseño de las rutas de barrido. Con este método se pueden obtener rutas óptimas de recolección. El algoritmo utilizado para el diseño de rutas de barrido es el del "Cartero Chino".

El algoritmo del "Cartero Chino" consiste en encontrar un recorrido continuo a través de una red que representa una zona limitada de un asentamiento humano, pasando por cada calle cuando menos una vez, de tal manera que la distancia recorrida sea mínima.

El problema formal consiste en minimizar:

$$Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in I} l(i,j) x(i,j) \quad \dots \quad (4)$$

donde:

$n$  = número de nodos de la red

$l(i,j)$  es la longitud del arco  $U_k = (a_i, a_j)$

$X(i,j)$  es el número de veces que el arco  $U_k$  se incluye en el viaje.

Sujeto a las restricciones siguientes:

Primera restricción:

$$\sum_{R=1}^n x(R,i) - \sum_{R=1}^n x(i,R) = 0 \quad \dots \quad (5)$$

Que se denomina la ecuación de continuidad y que consiste en lograr que

$$(\text{entra}) - (\text{sale}) = 0$$

Segunda restricción:

$x(i,j) + x(j,i) > 1$ , para todo arco " $U_k$ " que expresa que por cada arco  $U_k = (a_i, a_j)$  debe de ser recorrido al menos una vez.

Tercera restricción:

$x(i,j) > 0$  y además  $x(i,j)$  pertenecen al conjunto de los enteros.

Tomando en cuenta lo anterior, varios investigadores han desarrollado algoritmos para resolver tal problema.

El concepto en que se han basado, consiste en el hecho de que en una red que contenga nodos no se puede encontrar un trazo continuo que recorra todos los arcos, entonces el problema se convierte en uno donde se deben encontrar los arcos que es necesario añadir para que los nodos no se transformen en pares.

*Ventajas y desventajas del barrido manual.*

Ventajas.

- a) Fuente de empleo, este factor es importante en países subdesarrollados en donde existen pocas fuentes de trabajo.
- b) Posibilidad de barrer en cualquier tipo de pavimento.
- c) Posibilidad de barrer aceras e islas de seguridad sin dificultad y poder salvar los obstáculos.
- d) Pequeña inversión inicial, la que se concreta únicamente a la adquisición de uniformes, herramientas y carritos de basura.
- e) Bajo costo de mantenimiento mecánico, pues, las herramientas y carritos son los únicos equipos utilizados.
- f) Mínimo entrenamiento específico de mano de obra para el inicio de los trabajos.
- g) Fácil obtención de mano de obra operacional.
- h) Facilidad para recoger cualquier tipo de material, principalmente objetos que dañan las barredoras mecánicas (madera, objetos punzo cortantes).

Desventajas.

- a) Dificultad para remoción regular de tierra, lodo y arena adheridas a las cunetas.
- b) Monto operacional mayor, pues aparte del barrido propiamente dicho, que es la parte mas significativa, hay que sumar la parte que corresponde a la recolección.
- c) Constante encarecimiento de la mano de obra por los beneficios sociales y luchas sindicales.
- d) Necesidad de abundante mano de obra operacional para la eficiente ejecución de los servicios.
- e) Frecuentes ocurrencias de accidentes de trabajo.

- f) Alto índice de faltas y de licencias por motivos de enfermedad.
- g) Necesidad de tener personal de reemplazo para atender los casos de falta de personal al trabajo.
- h) Costo operacional mayor, tal como sueldos y gastos para la compra de instrumentos de trabajo (escobas, sacos plásticos, carritos y herramientas).
- i) No se realiza un trabajo eficiente si es que no se tiene constante supervisión.

#### 4.2.2 Barrido Mecánico.

Este tipo de barrido se recomienda efectuarlo en calles y avenidas amplias y con topografía plana.

##### *Horario de barrido.*

Este dependerá de las costumbres de la población y de las características de la infraestructura vial.

El barrido nocturno se efectuará en zonas comerciales e industriales donde durante el día hay muchos peatones y generalmente los vehículos están estacionados en los cordones de las aceras sobre las cunetas que es el lugar donde se debe de barrer. Así como en las grandes avenidas donde durante el día hay un tráfico intenso.

El barrido diurno se efectuará en las zonas residenciales donde, por lo general, en las noches hay vehículos estacionados en las calles.

##### *Equipo de barrido mecánico.*

La basura acumulada en el suelo debajo de la máquina es recogida por un escobillón de eje horizontal que se extiende a todo lo ancho del vehículo, el cual levanta la basura y lo vacía en una banda transportadora de paletas, que finalmente la deposita en la tolva de almacenamiento.

Máquina barredora con capacidad de 3 ó 4 yd<sup>3</sup>

Estas máquinas están diseñadas para barrer cunetas, siendo de gran tamaño, para que puedan recorrer varios kilómetros sin necesidad de ir a descargar.

#### Máquina barredora pequeña.

Las máquinas barredoras pequeñas (de menos de 1 yd<sup>3</sup>) se utilizan generalmente para áreas concentradas, como lugares de estacionamiento de vehículos, patios de fábrica, etc.

#### Máquina barredora con doble escobillón delantero.

Las barredoras de cuneta son de dos tipos mecánicas y aspiradoras ambas tienen un sistema de propulsión similar a cualquier vehículo automotriz y un sistema de barrido que es accionado por un motor independiente. También en los dos tipos hay escobillones delanteros ubicados a uno o a ambos lados de la máquina, que gira con un eje vertical. Estos escobillones remueven y recogen los desechos de las cunetas y los lanzan hacia el centro de la máquina para posteriormente ser recogidos.

#### Máquina barredora con aspiradora.

En este tipo de máquina, la basura que se acumula debajo de ella, es succionada a través de una manguera de 20 a 25 cm y depositada en la tolva de almacenamiento. En las máquinas aspiradoras se economiza en el frecuente reemplazo de escobillas traseras y las calles quedan más limpias de polvo, pero si hay mucha basura de otro tipo (palos, piedras, trapos, etc.) es probable que se obstruya la manguera de succión y el ventilador que produce el vacío consume más energía. Además, si el pavimento no está en muy buenas condiciones se pierde parte del vacío y el funcionamiento es deficiente.

En algunos modelos, la tolva se puede levantar por medio de dos brazos hidráulicos, para ser descargada ya sea en un sitio preseleccionado o sobre un camión recolector. En caso de no contar con este dispositivo, la tolva se descarga por abajo, abriéndose una puerta de descarga. Para evitar que se levante mucho polvo durante la operación de barrido, las

máquinas barredoras llevan un tanque con agua, para ir humedeciendo la basura antes de barrerla.

*Procedimiento de barrido.*

Al llegar al punto de inicio de la ruta, el operador debe de ajustar el ángulo del escobillón lateral según la pendiente lateral de la cuneta, colocar el deflector central en la posición correcta y bajarlo para que quede en contacto con el pavimento. Bajar el escobillón lateral y accionar el sistema de riego. Realizado lo anterior se puede iniciar el barrido.

Es recomendable que trabajen siempre dos máquinas juntas, una por cada lado de la calle, separadas a 50 m. para no producir demasiada obstrucción de tránsito.

Si la cantidad de basura a recolectar en una jornada es mayor que la capacidad de la tolva, se deberá coordinar adecuadamente con el recolector a fin de no ocasionar pérdida de tiempo o la necesidad de amontonar la basura en la vía pública.

*Eficiencia del barrido mecánico.*

El rendimiento de una barredora mecánica depende de la velocidad media que pueda desarrollar la máquina; de la eficiencia del conductor, del tráfico vehicular; la cercanía de los puntos de abastecimiento de agua y a un diseño adecuado de las rutas de barrido.

*Diseño de rutas.*

El diseño de una ruta de barrido mecánico se realiza siguiendo las mismas recomendaciones que se citaron para el diseño de rutas del barrido manual, pero además hay que tener presente que el barrido mecánico necesita de agua y las rutas tienen que estar condicionadas a los puntos de abastecimiento de este líquido. El consumo medio de agua es de 500 litros por cada 6 kilómetros.

**4.3 Selección del Sistema de Barrido.**

El sistema de barrido que se debe de adoptar para una ciudad, va a estar determinado por varios factores; por el trazo urbano de la ciudad, por la topografía y por las condiciones socioeconómicas.

De preferencia el barrido se realiza en las principales calles o avenidas y en el centro de la ciudad.

Cuando las calles son angostas, empedradas y con muchos obstáculos, el sistema de barrido mecánico es prácticamente imposible y si aunado a esto la topografía es accidentada, definitivamente convendrá adoptar el sistema de barrido manual.

Algunas ciudades del país presentan calles angostas, con topografía accidentada y calles amplias, pavimentadas con nula o poca pendiente. En este caso, considerando sólo el trazo urbano y la topografía de la ciudad, conviene adaptar los dos tipos de barrido. El manual para las calles angostas, empedradas y el barrido mecánico para las avenidas amplias, pavimentadas y con poca pendiente.

Otro factor que debe de tomarse en consideración para la selección del sistema de barrido es la mano de obra disponible en la región. Indudablemente de que si hay poca mano de obra, quizás convenga implementar el sistema de barrido mecánico. Pero si el caso es el contrario y además existen pocas fuentes de empleo en la región, puede ser conveniente implementar el sistema de barrido manual.

El factor económico es otro de los elementos que deben de considerarse.

El sistema de barrido manual requiere una inversión inicial mínima, ya que se concreta únicamente a la adquisición de carritos de basura, uniformes, escobillón, escoba, recogedor, pala y bolsas de plástico. El costo de mantenimiento es bajo, se requiere un mínimo entrenamiento específico de mano de obra para el inicio de los trabajos.

En comparación con el sistema de barrido mecánico que de inicio requiere una gran inversión económica para la compra de la maquinaria. Un costo elevado en el mantenimiento; el cual debe de ser más cuidadoso que cualquier otro equipo de limpieza, ya que expone todas sus unidades al polvo y a la mugre. Se dificulta conseguir las refacciones. El personal de

operación requiere de un buen entrenamiento. Por último, las máquinas necesitan una gran cantidad de ajustes para que efectivamente limpien las calles.

Por último, otro factor que nos permitirá decidir acerca de la conveniencia del sistema de barrido, lo constituye el análisis económico de operación.

#### **4.4 Recomendaciones.**

Los servicios de limpieza de la ciudad no podrán alcanzar de manera satisfactoria todos sus objetivos si no se tiene la colaboración efectiva de la población. De ahí la necesidad de las campañas educativas destinadas a informar, sensibilizar a la población a fin de conseguir su colaboración para mantener una ciudad limpia. Las campañas en masa merecen gran prioridad porque son destinadas a modificar los hábitos sanitarios de largo tiempo arraigados en la población en general. Estas campañas deberán de ser hechas por profesionales especializados en comunicación social.

Todos los medios de comunicación deberán de ser usados; periódicos, radio, televisión, carteles que deben de colocarse en barrios, supermercados, lugares públicos, clubes sociales, escuelas primarias, medias, y de educación superior.

Estas campañas deben poner especial atención a:

- a) Debe de evitarse hablar de "prohibir" ciertas actitudes, siendo necesario insistir en lo que se debe de "hacer". La receptividad del pueblo es mucho mayor.
- b) Se deben de evitar lemas muy generales, que al público dicen muy poco, por ejemplo, "colabore con el aseo", no indica nada. En cambio si decimos "Una ciudad limpia es la que se ensucia menos y no la que se limpia mas".
- c) Se debe de insistir en acciones concretas, tales como "Ponga sus papeles en la papelera", "Barra su local hacia el interior", "Use receptáculos con tapa".
- d) Es siempre mejor usar propaganda graciosa y simpática en vez de decir cosas muy serias.

## SEDESOL

Aunado a lo anterior se deben de instalar papeleros en la vía pública, especialmente en los lugares en donde circula gran cantidad de personas. El papelerero que se recomienda es el de una capacidad es de 20 lt.

En general los papeleros deben de cumplir con los siguientes requisitos:

- a) La altura de la boca debe estar a 0.70 m del suelo (a la altura de la mano) para facilitar su uso.
- b) La boca debe de ser de dimensiones grandes (alrededor de 0.35 m de diámetro) para evitar que al botar un papel este caiga fuera.
- c) Para que los papeles no se vuelen con el viento es preferible hacer los papeleros bastante profundos y no ponerles tapa ya que el público se resiste a empujar una tapa, que se supone estará sucia.
- d) El fondo de los papeleros debe tener algunas perforaciones para evitar que se llenen de agua cuando llueva.
- e) Debe ser fácil de vaciar, por lo que conviene que puedan voltearse girando sobre un eje horizontal.
- f) Deben estar sólidamente sujetos para evitar que sean robados. Los soportes tienen que ser resistentes para que golpes ocasionales no los doblen.
- g) El color debe de ser llamativo para atraer la vista pero que no altere la estética del sector.
- h) El costo tiene que ser lo más bajo posible.
- i) Se deben de colocar donde no obstruyan el paso de peatones, por ejemplo al lado de un poste.
- j) Es necesario vaciar los papeleros una o más veces al día. De esta función podrán ocuparse los barredores del sector.
- k) Finalmente, aún después de adoptarse las medidas antes señaladas, es preciso barrer las distintas vías y áreas públicas así como realizar la recolección de los desechos sólidos domésticos en forma eficiente y con frecuencias regulares.

**Material Y Metodo Para Realizar Un Estudio De Tiempos Y Movimientos.**

a.) Equipo e implementos:

- Reloj o cronómetro
- Tablero de observaciones
- Formas impresas
- Un medidor de distancias (odómetro)
- Cinta métrica
- Lapices, gomas, calculadora
- Un plano de la unidad o de la zona donde se ubique el proceso por analizar.

b.) Preparación del estudio.

Para llevar a cabo un estudio, es necesario elegir las zonas, calles, rutas, equipos y cuadrilla de personal representativo del servicio de barrido. Al personal involucrado se le debe explicar el objetivo del estudio y la forma en que este se realizará, haciendo énfasis en que, para que los resultados del estudio sean válidos, deben de realizar todas las actividades acostumbradas durante el cumplimiento de su trabajo; con el fin de evaluar correctamente los métodos empleados en la operación que se trate.

c.) Procedimiento para realizar el estudio.

- Arreglar y preparar el equipo estudio.
- El analista de tiempos debe de permanecer de pie y situarse de tal manera que pueda vigilar el trabajo de los operarios; evitando la obstrucción de sus actividades.
- Obtener y registrar toda la información relacionada con la actividad por medir: área de trabajo, ruta, equipo, número de operación, fecha, etc.

## SEDESOL

- Dividir el proceso de "barrido" en elementos o eventos, ordenándolos y haciéndolos tan correctos y precisos como sea posible.
- Para la medición de los eventos de reloj o cronómetro debe de mantenerse siempre en marcha sin detenerlo mientras se hace el estudio.
- Se anota la hora de inicio del estudio y del primer evento.
- Al terminar cada ciclo o evento se anota la hora en que terminó.
- Como las lecturas de los eventos son continuos, se escribe el tiempo en la columna "L" y el tiempo de cada elemento determinado por diferencia, se anota posteriormente en la columna "T".
- Se determina el nivel de actuación del personal, con el objeto de ajustar su actividad al nivel normal. Este paso se denomina nivelación de tiempos de la operación.
- Determinar las concesiones que se permitirán al personal de barrido.
- Determinar el tiempo promedio para cada elemento. Para hacer esto se eliminan las lecturas anormales, demasiado altos o demasiado bajos.
- Considerando el tiempo promedio por elemento, el factor de nivelación y la concesión dada al trabajador, se determina el "tiempo estándar" para cada elemento.
- Sumando el tiempo concebido a cada elemento se obtiene el tiempo estándar para toda la operación.

### d.) Calificación y evaluación del estudio.

Para obtener el nivel de productividad o eficiencia del proceso medido con el método antes descrito, el cual se basa en la identificación de la velocidad de ejecución de los eventos es necesario calificar los cuatro factores siguientes:

- Habilidad. Pericia en seguir un método dado, no sujeto a variaciones a voluntad del trabajador.

## SEDESOL

- Esfuerzo. Voluntad de trabajar, controlable por el trabajador dentro de los límites impuestos por su habilidad.
- Condiciones. Aquellas que afectan al operario únicamente y no las que afectan a la operación.
- Consistencia. Grado de variación en los tiempos transcurridos mínimos y máximos con relación a la media, juzgada con arreglo a la naturaleza de las operaciones y a la habilidad y esfuerzo del operario.

Cada uno de estos factores se suman algebraicamente, determinándose así, el factor total.

La descripción de los diferentes niveles de calificación de la habilidad y el esfuerzo, se presentan a continuación:

### **Habilidad.**

#### A.- Superhabilidad.

Se dice que un trabajador tiene superhabilidad cuando: Trabaja como una máquina. Es un operario de habilidad excelente que se ha perfeccionado. Ha permanecido en su trabajo durante años. Esta naturalmente adaptado al trabajo. Sus movimientos son tan rápidos y suaves que son difícil de seguir. No parece tener que pensar en lo que está haciendo. Los elementos de la operación se unen entre si, de tal manera que sus puntos de separación son difíciles de reconocer. Es indudablemente el mejor trabajador de todos.

#### B.- Excelente.

Se dice que un trabajador tiene habilidad excelente cuando: Trabaja rítmica y coordinadamente. Tiene precisión de acción. Muestra velocidad y suavidad en la ejecución. Está completamente familiarizado con el trabajo. No comete equivocaciones. Tiene plena confianza en si mismo. Posee gran destreza manual natural.

C.- Buena.

Se dice que un trabajador tiene habilidad buena cuando: Los titubeos se han eliminado totalmente. Es francamente mejor que el hombre medio. Es marcadamente inteligente. Posee una buena capacidad de razonamiento. Necesita poca vigilancia. Trabaja a una marcha constante. Bastante rápido en sus movimientos.

D.- Promedio.

Se dice que un trabajador tiene habilidad promedio cuando: Trabaja con una exactitud razonable. Tiene confianza en sí mismo. Conoce bien su trabajo. Sigue un proceso establecido sin titubeos apreciables. Coordina la mente y las manos. Se muestra un poco lento en los movimientos. En fin, realiza un trabajo satisfactorio.

E.- Regular.

Se dice que un trabajador tiene habilidad regular cuando: Está familiarizado superficialmente con el equipo y el ambiente. Inadaptado al trabajo durante largo tiempo. Hombre relativamente nuevo. Sigue el orden debido de las operaciones sin demasiados titubeos. Un tanto torpe e incierto, pero sabe lo que está haciendo. No tiene confianza plena en sí mismo. Pierde tiempo a consecuencia de sus desaciertos. Produce lo mismo que el hombre deficiente, pero con menos esfuerzos.

F.- Deficiente.

Se dice que un trabajador tiene habilidad deficiente cuando: Es un hombre nuevo o no adaptado. No está familiarizado con el trabajo. Es incierto en el orden debido a las operaciones. Titubea entre las operaciones. Comete muchos errores. Sus movimientos son torpes. No coordina su mente con sus manos. Falta de confianza en si mismo. Es incapaz de razonar por si mismo.

**Esfuerzo.**

A.- Excesivo.

## SEDESOL

Se dice que un trabajador realiza un esfuerzo excesivo cuando: Se lanza a un paso imposible de mantener constantemente. Este esfuerzo es el mejor desde todos los puntos de vista menos del de la salud.

### B.- Excelente.

Se dice que un trabajador realiza un esfuerzo excelente cuando: Trabaja con rapidez. Utiliza la cabeza tanto como las manos. Toma gran interés en el trabajo. Recibe y hace muchas sugerencias. No puede mantener este esfuerzo por mas de unos pocos días. Reduce al mínimo los movimientos innecesarios y trabaja sistemáticamente con su mejor habilidad.

### C.-Bueno.

Se dice que un trabajador realiza un esfuerzo bueno cuando: Pone interés en el trabajo. Muy poco o ningún tiempo perdido. Trabaja al ritmo adecuado a su resistencia. Esta consciente de su trabajo. Es constante y confiable.

### D.- Promedio.

Se dice que un trabajador realiza un esfuerzo promedio cuando: Trabaja con constancia. Es mejor que el regular. Acepta sugerencias, pero no hace ninguna. Parece frenar sus mejores esfuerzos.

### E.- Regular.

Se dice que un trabajador realiza un esfuerzo regular cuando: Las mismas tendencias generales que el deficiente, pero en menor intensidad. Acepta sugerencias con poco agrado. Su atención parece desviarse del trabajo. Se encuentra afectado posiblemente por falta de sueño, vida desordenada o preocupaciones. Pone alguna energía en su trabajo.

### F.- Deficiente.

## SEDESOL

Se dice que un trabajador realiza un esfuerzo deficiente cuando: Pierde el tiempo claramente. Muestra falta de interés en el trabajo. Lo molestan las sugerencias. Trabaja despacio y se muestra perezoso.

Ahora bien, por otro lado es importante hacer mención que en todo proceso productivo, siempre existen demoras y en nuestro caso pueden clasificarse de la siguiente manera:

Demora inevitable.- Es aquella que se presenta en el medio ambiente que rodea a la tripulación y está fuera de su control, por lo que ésta no puede evitarla a pesar de los esfuerzos que realice. Entre este tipo de demoras se encuentran: las pérdidas de tiempo debidas a la ponchadura de una llanta, desperfecto eléctrico o mecánico en el motor del vehículo, al bacheo de una calle, problemas de tránsito, etc.

Los suplementos por estas demoras deben concederse tan solo por aquellos retrasos que subsistan después de un análisis cuidadoso del proceso y de la operación.

Demora evitable.- También se demonina innecesaria. Es la demora que no es indispensable para la ejecución de la operación, ni para la salud del obrero. Esta demora debe ser evitada por el trabajador y como no es necesaria, no se concede ningún suplemento por este concepto.

Demora especial.- Es la que se presenta debido a que el obrero trabaja en condiciones extremas o debido a las características especiales de los materiales que maneja. Como ejemplo de este tipo puede nombrarse: un lodo pestilente. Los suplementos por este concepto deben concederse tan solo cuando se presenten condiciones extremas que no puedan ser eliminadas, o cuando hay factores anormales, que retrasan la recolección, y que estan fuera del control de la tripulación.

Demora personal.- Es la debida al tiempo que emplea el trabajador para satisfacer sus necesidades fisiológicas. Como estos retrasos no pueden ni deben ser eliminados, debe concedersele al trabajador un tiempo razonable para satisfacerlos. El suplemento que debe concederse por este concepto deberá tener en cuenta las necesidades medias de una persona

normal. No debe concederse teniendo en cuenta las necesidades de una persona enferma o anormal, ya que mientras esté en ese estado, no debe asistir a su trabajo.

Demora debida a la fatiga.- Como un hombre normalmente constituido no puede trabajar continuamente y sin pequeñas interrupciones, debido a que esto le produciría una fatiga que le impedirá seguir trabajando o que le dañaría en su salud, es necesario conceder un suplemento, para tener en cuenta esta situación. El suplemento por este concepto debe concederse teniendo en cuenta el tipo de trabajo, las condiciones existentes y las necesidades de una persona normal. En nuestro caso se ha observado que existe un tiempo razonable grande en que el trabajador descansa mientras el camión transita desde el fin de la ruta hasta el tiradero y regresa al principio de la nueva ruta o al garage, por lo que se estima que este suplemento puede evitarse.

Además existe un suplemento concedido discretamente por mutuo acuerdo entre el Municipio y los trabajadores, estos suplementos no forman parte estricta del estudio de tiempos y deben ser aplicados con la máxima prudencia y solo en circunstancias claramente definidas.

## 5

**METODOS Y RUTAS DE RECOLECCION****5.1 Metodos De Recolección.**

La recolección de los residuos, uno de los más costosos elementos funcionales, es la parte medular del sistema de manejo de residuos sólidos y tiene como objeto primordial preservar la salud pública mediante la recolección de los residuos en todos los centros de generación y transportarlos al sitio de tratamiento y/o disposición final, de la manera más sanitaria posible, eficientemente y con el mínimo costo.

**5.1.1 Sistema de Recolección.**

Para el diseño del sistema de recolección, una de las primeras decisiones que debe tomarse, es acerca del método de recolección de residuos. Entre los más comunes se tiene “de parada fija”, “de acera” y “de contenedores”; esta es una decisión importante porque incide en las otras variables de recolección, incluyendo el tipo de recipiente para el almacenamiento, tamaño de la cuadrilla y en la selección de los vehículos recolectores.

Otro punto de decisión es la frecuencia de recolección. Ambos factores; el método y la frecuencia deben considerarse en cuanto a su impacto en los costos de recolección. Dado que el costo de la recolección constituye de entre el 70 y el 85 por ciento del costo total del manejo de los residuos sólidos y, a su vez, el costo de mano de obra representa del 60 al 75 por ciento del costo de la recolección. El incremento en la productividad del personal de recolección puede reducir significativamente los costos globales.

Así mismo se debe determinar qué tipo de residuos deben ser rechazados por las cuadrillas de recolección, ciertos materiales tales como neumáticos, residuos de jardinería,

muebles y animales muertos no son aceptados en el vehículo recolector. Los residuos peligrosos deben ser definitivamente excluidos de la recolección regular, debido a los peligros que entraña su recolección y disposición.

*Método de parada fija o de esquina.*

Este método consiste en recoger los residuos en las esquinas de las calles, en donde previamente por medio de una campana se comunica la llegada del camión y los usuarios acuden a entregar sus residuos.

El método de parada fija es de los más comunes y económicos, sin embargo cuando no hay quien tire la basura, ésta puede acumularse en exceso y ser arrojada clandestinamente.

*Método de acera.*

Consiste en que simultáneamente al recorrido del camión por su ruta, los “peones” de la cuadrilla van recogiendo los residuos, previamente colocados por los residentes en el frente de sus casas.

Este método debe tener un horario y una frecuencia cumplida, y los residentes deben estar informados de ello, para sacar sus bolsas con residuos en el momento adecuado evitando así que los perros u otros animales rompan las bolsas y derramen los residuos cuando se colocan con demasiada anticipación al paso del vehículo.

Con este fin, pueden instalarse soportes con canastillas metálicas para colocar las bolsas lejos del alcance de los animales.

La cuadrilla del vehículo debe estar integrada por un chofer y dos peones, los cuales se encargarán de ir recogiendo la bolsas plástica con los residuos y depositarlas en el vehículo, cada peón tendrá a su cargo una acera.

El chofer de cada camión tiene como obligaciones cumplir con las rutas, horarios y frecuencias que se le hayan asignado, así como accionar el mecanismo de compactación cada vez que sea necesario.

Los residentes de la vivienda tienen como única obligación el colocar sus residuos en el frente de su casa, preferentemente protegidos en la forma ya indicada.

#### *Método de Contenedores.*

La recolección mediante contenedores, requiere de empleo de camiones especiales y que los contenedores estén ubicados en forma accesible al vehículo recolector. Es un método ideal para centros de gran generación de basura; hoteles mercados, hospitales, industrias, tiendas de autoservicio, etc., exige que la recolección se de con la debida oportunidad, ya que de lo contrario puede ocasionar focos de contaminación, al mantener almacenados grandes cantidades de residuos, en diferentes sitios de la ciudad.

## **5.2 Rutas de Recolección.**

Una fase importante del sistema de recolección de residuos sólidos municipales, es la que comunmente se conoce como ruta, la cual no es otra cosa que los recorridos específicos que deben realizar diariamente los vehículos recolectores en las zonas de la localidad, donde han sido asignadas con el fin de recolectar en la mejor forma posible los residuos generados por los habitantes de dicho sector.

En el medio mexicano el sistema más usado, tradicionalmente, para el diseño de rutas de recolección de los residuos sólidos urbanos ha sido en base al juicio y experiencia del jefe de limpia, o bien de los choferes de los vehículos recolectores, quienes hacen las veces de proyectistas. Obviamente que el criterio y experiencia tanto del jefe de limpia como de los choferes, no es siempre el mejor, por lo cual la mayoría de las rutas de recolección diseñadas por ellos dejan mucho que desear en cuanto a aspectos de operación y funcionamiento. Un mal diseño de rutas de recolección, trae como consecuencia, graves daños al sistema de recolección, entre los que se pueden citar los siguientes:

- Deficiente operación y funcionamiento del equipo.
- Desperdicio de personal.

- Reducción de las coberturas del servicio de limpia.
- Y la proliferación de tiraderos clandestinos a cielo abierto en diferentes puntos de la ciudad.

Asimismo, para adoptar las diferentes decisiones previas para el mejoramiento de las rutas de recolección de los residuos sólidos, es indispensable informar adecuadamente al público de las razones que hay para hacerlo y llegar a obtener su colaboración.

Los argumentos tienen que basarse en razones sanitarias y de reducción de costos. Aún cuando existen subsidios estatales para el servicio de recolección, el público también está pagando los costos innecesarios, en tal caso en forma indirecta.

Por lo tanto sin la comprensión y la colaboración al público, la posibilidad de éxito de las rutas que se diseñen se reduce.

#### 5.2.1 Reglas Básicas para el Diseño de Rutas.

- a). El diseño de rutas trata de aumentar la distancia productiva en relación a la distancia total.
- b). Los recorridos no deben fragmentarse ni traslaparse. Cada uno debe consistir en tramos que queden dentro de la misma área de la ciudad o localidad en estudio.
- c). El inicio de una ruta debe estar cerca del garage y el final cerca del lugar de disposición final de residuos sólidos.
- d). En lugares con pendientes fuertes o desniveles altos, debe procurarse hacer el recorrido de la parte alta a la parte baja. Si se presentan hondonadas que hay que bajar y luego subir, hay que procurar atenderlas al comienzo del viaje, cuando el vehículo recolector va con poca carga.
- e). Tratar de recolectar simultáneamente ambos lados de la calle. Sin embargo, ello no es recomendable en avenidas muy anchas o con mucho tránsito.
- f). Se debe respetar el sentido de circulación y la prohibición de ciertos virajes.

- g). Evitar los giros a la izquierda y las vueltas en U, por que hacen perder tiempo, son peligrosos y obstaculizan el tránsito.
- h). Las calles con mucho tránsito deben recorrerse en las horas en que este disminuye.
- i). Cuando hay estacionamientos de vehículos, hay que procurar efectuar la recolección en los momentos que la calle está mas despejada.
- j). En las calles muy cortas o sin salida, es preferible que los vehículos recolectores no entren en ellas, sino que esperen en la esquina y que el personal vaya a buscar los receptáculos con los residuos, o en su caso el público lo 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). Cuando la recolección se hace primero por un lado de la calle y después por el otro, generalmente es mejor tener recorridos con muchas vueltas a la derecha alrededor de manzanas.
- m). Es preciso reconocer muy bien las características propias de la ciudad para que las rutas de los camiones recolectores no causen muchos problemas.

## 5.2.2 Diseño de Macro y Microrutas de Recoleccion de Residuos Solidos Municipales.

### *Macrorutas.*

Se denomina macrorutas a la división de la ciudad en sectores operativos, a la determinación del número de camiones necesarios en cada una y a la asignación de un área del sector en cada vehículo recolector.

Básicamente el macroruteo consiste en dos etapas: proyecto de gabinete y ajuste de campo; en el primero se hace el cálculo teórico de las necesidades u áreas asignadas a cada vehículo, y en el segundo se afinan los contornos de las mismas para balancearlos y nivelar las cargas de trabajo entre las diferentes cuadrillas.

En forma general, se puede decir que el diseño de las macrorutas se puede llevar acabo de la siguiente manera:

### Sectorización.

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 garage, 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.

Un diseño preliminar de macrorutas se puede hacer partiendo de la población "P" de una zona de la ciudad, de la producción de residuos sólidos en kg/hab/día "G" y de la frecuencia del servicio "F", expresado en días/semana. El número de días que transcurren

entre dos recolecciones serán G/F, si no consideramos por el momento lo que ocurre los días domingo y se trabaja seis días por semana.

Resulta:

Producción de residuos sólidos por día en la zona elegida =  $P \times G$ .

Cantidad de residuos sólidos que se deben recoger en la zona que corresponde el servicio =  $P \times G$

Cantidad de residuos sólidos que puede recoger el vehículo =  $N \times C$ .

$$P \times G \times (G/F) = N \times C \dots \dots (5)$$

Donde:

C= capacidad del vehículo en filogramos.

N= número de viajes por turno.

### Población.

Generalmente la vida de un proyecto de recolección es corta entre 5 y 8 años, según la vida útil del equipo, por lo tanto es necesario estimar la población durante unos 10 años y establecer un programa de reposición de equipo.

### Producción de residuos.

Para determinar la producción de residuos sólidos, en kilogramos/habitante/día, es preciso pesar todos los vehículos recolectores durante una semana y dividir la carga total por la población atendida y por siete días. El cálculo puede hacerse para toda una ciudad, pero como suele haber variaciones para las diferentes zonas de la misma, se obtienen valores más exactos si la determinación se efectúa para cada sector. Sin embargo, a menudo esto es muy difícil de realizar si no se cuenta con un censo de población en el sector. Para un primer cálculo basta conocer el valor de "G" promedio de la ciudad.

Debido a los cambios de los hábitos de consumo, hay un incremento que debe tomarse en cuenta aumentando anualmente la producción de residuos sólidos de diseño (2 a 3% anual).

Frecuencia de la recolección.

La frecuencia "F" resulta de las decisiones previas a tomar en la recolección; mientras menor sea la frecuencia, más económica es la recolección. Como la mosca tarda entre 9 y 20 días en llegar del huevo a adulto, por razones sanitarias no conviene reducir la frecuencia a menos de 2 veces por semana y, como límite una vez por semana. En América Latina es un lujo innecesario la recolección diaria por su alto costo y es riesgosa para la salud la frecuencia menor a dos veces por semana.

Capacidad del vehículo.

La capacidad depende del volumen de la caja y de la densidad que alcanzan los residuos sólidos, dependiendo esta misma de la existencia de mecanismos compactadores.

Normalmente la capacidad de los vehículos se expresa en m<sup>3</sup> (o yd<sup>3</sup>) pero conociendo el peso específico "e" en kg/m<sup>3</sup> de los residuos sueltos y el grado de compactación "g" que se puede esperar en el recolector.

Número de viajes por turno.

El número de viajes por turno puede ser 1, 2, ó 3, y eventualmente 4. En un primer cálculo puede considerarse N=2 pero más adelante se explica como ajustarlo según el tiempo disponible. Una vez definidos los parámetros anteriores, determinaremos: el número de vehículos necesarios o zonas en que se dividirá el sector; número de viajes por vehículo; capacidad útil del vehículo; tamaño de la cuadrilla; la distancia productiva y los ajustes.

Número de vehículos necesarios o zonas en que se dividirá el sector.

Como una primera aproximación del número de vehículos necesarios o zonas en que se dividirá el sector, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$N_v = \frac{G \times P \times 7 \times Fr \times K}{N \times C \times dh} \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

$N_v$  = número de vehículos necesarios o zonas en que se dividirá el sector.

$G$  = producción de residuos sólidos en kg/hab/día; se obtiene a partir de una muestra e incluye un porcentaje adicional por residuos no domésticos.

$P$  = población de diseño en habitantes.

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

$C$  = capacidad útil de vehículo en kg.

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

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

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

#### Número de viajes por vehículo.

Una vez seleccionado un vehículo el número de viajes se convierte en un parámetro clave para medir la eficiencia del sistema de recolección. Para estimar el número de viajes es necesario definir los tiempos requeridos por el vehículo para realizar cada una de las acciones que forman su ciclo de trabajo, el cual teóricamente queda expresado por:

$$t = T_g + T_{gr} + (T_r + T_{rr} + T_m) N + (N-1)T_{rr} + T_{rg} \dots \dots (7)$$

$$t = T_g + T_{gr} + T_{rg} + N(T_r + 2T_{rr} + T_m) - T_{rr} \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

$t$  = duración del turno o tiempo hábil por día

$N$  = número de viajes del camión, por turno normal de trabajo.

$T_g$  = tiempo de preparación en garage.

$T_{gr}$  = tiempo de traslado de garage a ruta.

SEDESOL

$T_r$  = tiempo de recolección =  $(T'r + Tr)U$ .

$t_r$  = tiempo de transporte corto.

$t'r$  = tiempo de carga.

$U$  = número de usuarios servidos en un viaje.

$T_{rr}$  = tiempo de ruta a sitio de disposición o estación de transferencia.

$T_m$  = tiempo de pesaje, transporte interno, espera de descarga, etc., en sitio de disposición o estación de transferencia.

$T_{rg}$  = tiempo de ruta a garage.

Despejando  $N$  de la ecuación (8) tenemos:

$$N = \frac{t + T_{rr} - T_g - T_{gr} - T_{rg}}{T_r + 2T_{rr} + T_m} \dots \dots \dots (9)$$

Sin embargo, el número de viajes "N" establecido debe cumplirse dentro de la jornada de trabajo. Si se cumple, es posible calcular la distancia que puede recorrerse recolectando los residuos sólidos.

Por lo tanto, para determinar la distancia que recorre el vehículo durante el turno, se puede definir como:

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

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

$$km = \frac{T \times r}{60}$$

Es importante considerar que en una ruta de recolección hay distancias productivas, es decir, aquellas en que se está cargando los residuos sólidos, y distancias muertas, en las que el vehículo se desplaza de un lugar a otro sin cumplir trabajo efectivo. Si llamamos "a" a la distancia productiva que puede recorrer el vehículo en el tiempo  $t$ , obtendremos la distancia que se cubre en la recolección:

$$km = \frac{a \times T \times r}{60}$$

Puede ocurrir que:

$$\frac{P}{d} > \frac{a \times T \times r}{60} \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

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

d = densidad de población en hab/km.

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

T = tiempo disponible para la recolección en minutos.

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

El diseño de rutas consiste principalmente en aumentar los valores de "a", es decir, que las distancias productivas sean máximas y que las longitudes muertas se reduzcan tanto como sea posible si resulta:

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

El tiempo disponible no alcanza para cumplir la tarea y es preciso hacer ajustes. De lo contrario si resulta:

$$\frac{P}{d} < \frac{a \times T \times r}{60}$$

Sobra tiempo disponible. Por lo tanto, lo ideal es buscar que:

$$\frac{P}{d} = \frac{a \times T \times r}{60}$$

La densidad de población "d" en habitantes por km se determina dividiendo la densidad de la población por la longitud total de las calles. Sin embargo, "d" es variable dentro de la ciudad, por lo que al hacer los ajustes hay que establecerlas mediante censos locales.

El valor de "a" es la distancia que recorre el vehículo cargando residuos dividida por la distancia total que recorre la ruta, lo que se mide en un plano. Varía entre 0.9 y 0.6.

El tiempo "T" disponible para recolección resulta de restar de la jornada legal de trabajo el tiempo empleado en ir desde el garage al inicio de la recolección, el gastado en ir y regresar de los lugares de disposición y el regreso al garage. En todo caso, estos viajes deben determinarse para cada ciudad.

La velocidad de recolección "r" es una constante en los países latinoamericanos, al menos en los sectores residenciales, y se puede establecer dividiendo la distancia recorrida en sus rutas existentes por el tiempo empleado. Dicha velocidad varía entre 1.5 y 1.9 km/hr.

#### Capacidad útil del vehículo.

La capacidad depende del volumen de la caja y de la densidad que alcanza el residuo sólido, dependiendo esta última de la existencia de mecanismos compactadores.

En el caso del tamaño de la caja, deberá escogerse con cuidado ya que la capacidad de recolección de un vehículo esta dada más bien en función del rendimiento y tamaño de la cuadrilla más que del volumen de la caja.

Por otro lado, a mayor tamaño de la caja, mayor carga trasladada y menor costo unitario.

Una consideración importante en el momento de hacer la selección es el hecho de que para un cierto tamaño de caja, se hace necesario el uso de ejes tipo "tandem".

La capacidad útil esta dada por:

$$C = V \times Pv \dots\dots\dots (11)$$

Donde:

C = Capacidad del vehículo en kg.

V = volumen de la caja del vehículo, en m<sup>3</sup>.

Pv = Peso volumétrico de los residuos sólidos en el vehículo en kg/m<sup>3</sup>.

Número de casas o usuarios por vehículo.

El número de casas o usuarios que puede servir un vehículo se estima a través de la siguiente fórmula:

$$U = \frac{N \times C \times F}{Hc \times G} \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

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

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

C = Capacidad del vehículo, en kg.

F = Frecuencia de recolección.

Hc = Habitante promedio por casa o vivienda.

G = Producción de residuos sólidos en kg /hab/día.

La zona o ruta que se asigna al vehículo para cubrirla en la semana de seis días hábiles, deberá tener un número de viviendas dado por:

$$U = u \times c \dots\dots\dots (13)$$

para:

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

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

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

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

Tamaño de la cuadrilla.

Este es un parámetro esencial para optimizar el uso del vehículo recolector de acuerdo con el tamaño de la caja y se puede estimar a través de la siguiente relación:

$$Nr = \frac{N \times C}{R \times H} \dots\dots\dots (14)$$

Donde:

Nr= número de recolectores.

N= número de viajes que puede efectuar el vehículo durante la jornada normal de trabajo.

C= capacidad útil del vehículo en kg.

R= rendimiento en kg/hombre-hora.

H= duración de la jornada normal en horas.

Ej. No. 1:

Con los datos siguientes determinar el número de vehículos y zonas del sector, número de viviendas que deberá cubrir un vehículo a la semana y tamaño de la cuadrilla.

Población = 90,000 hab.

Hab prom/casa = 5.5

Frecuencia de recolección= 3/7

Duración de la jornada = 8 hr.

Generación de residuos sólidos = 0.8 kg/hab/día.

Factor de cobertura = 100 %

Factor de reserva = 1.10

Peso volumétrico compactado = 450 kg/m<sup>3</sup>

Rendimiento = 425 kg/Hombre/hr

Número de viajes = 2

Volúmen de la caja = 12 m<sup>3</sup>

Solución:

a). Número de vehículos y zonas

$$N_v = \frac{G \times P \times 7 \times Fr \times K}{N \times C \times dh}$$

$$C = V \times Pv$$

$$C = 12 \times (450) \text{ por lo tanto}$$

$$C = 5400 \text{ Kg}$$

$$Nv = \frac{0.8 \times 90,000 \times 7 \times 1.1 \times 1.0}{2 \times 5400 \times 6}$$

$$Nv = 8.5 = 9 \text{ vehículos} = 9 \text{ zonas}$$

b). Número de viviendas que deberá cubrir el vehículo a la semana

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

$$U = \frac{2 \times 5400 \times 3/7}{5.5 \times 0.8} = 1052$$

$$\text{Si } F = 3/7; c = 2$$

$$U = u \times c; U = 2(1052) = 2104 \text{ casas/semana.}$$

1052, los lunes, miércoles y viernes; 1052, los martes, jueves y sábados

c). Tamaño de la cuadrilla.

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

$$Nr = \frac{2 \times 5400}{425 \times 8} = 3.17$$

Nr = 3 hombres

Ejemplo 2.

Con los siguientes datos determinar la distancia que atenderá un vehículo en cada turno.

Peso volumétrico compactado de los residuos = 500 kg/m<sup>3</sup>

Generación de residuos sólidos = 0.5 kg/ hab/ día

Volumen de la caja = 12 m<sup>3</sup>

Frecuencia de recolección = 2 veces/semana

Número de viajes por turno = 2

Solución:

De la ecuación (5):

$$P \times G \times (G/F) = N \times C$$

$$C = 500 \times 12 = 6,000$$

$$P \times 0.5 \times 3 = 2 \times 6000$$

$$1.5 \times P = 12,000$$

$$P = 12,000/1.5$$

$$P = 8,000 \text{ hab}$$

continuando con el ejemplo No. 2, supongamos que:

Tiempo disponible = 270 min.

Velocidad de avance = 1.5 km/hr.

Densidad de población = 1,200 hab/km.

Distancia productiva = 0.85

Usando la expresión (10) tenemos:

$$P/d = 8000/1200 = 6.67 \text{ km}$$

$$a \times \frac{T \times r}{60} = 0.85 \times \frac{270 \times 1.5}{60} = 5.74 \text{ Km}$$

Como resulta  $\frac{P}{d} > \frac{a \times T \times r}{60}$

El tiempo no nos alcanza y debemos repetir el cálculo. Si eligiéramos un vehículo con volumen de la caja de  $V = 10 \text{ m}^3$  resultaría de aplicar (5) que  $P = 6,667$  habitantes y  $P/d = 5.55 < 5.74 \text{ km}$ . satisfactoria.

Pero también es posible elegir algunas calles con mayor densidad de población de modo que en la zona se tenga  $d = 1,400 \text{ hab/km}$ , resultando  $P/d = 8,000/1,400 = 5.71 \text{ km}$  aproximadamente igual a  $5.74 \text{ km}$ , lo que sería preferible.

En todo caso el cálculo debe repetirse varias veces, hasta conseguir que se aprovechen al máximo tanto la capacidad de los vehículos como la jornada de trabajo.

De acuerdo con lo antes expuesto, la zonificación es esencial cuando se quiere modificar totalmente un servicio de recolección de residuos o cuando se desea crearlo en una ciudad en que no existe. Sin embargo, también es muy importante para mejorar uno existente.

### Diseño de rutas.

Después de efectuar la zonificación es necesario diseñar cada ruta en detalle, para lo cual es preciso considerar las reglas básicas, que se sustentan en una serie de factores variables de acuerdo con la localidad en cuestión, los cuales se enuncian a continuación:

- Traza urbana de la localidad
- Topografía de la localidad
- Ancho y tipo de las calles
- Método de recolección
- Equipo de recolección
- Densidad de población
- Generación de residuos sólidos

Para eso se dibuja un plano en la zona, de preferencia a una escala de 1:5000, y sobre él se pone una hoja de papel transparente en la cual se marcan, con línea llena los tramos de la ruta prevista en que se está recogiendo residuos sólidos (distancia productiva), y con línea de segmentos aquellos que el vehículo sólo se está desplazando de un lugar a otro (distancias muertas), las calles en que el vehículo no entra, sino que espera a que el personal vaya a buscar los receptáculos con basura, se marcan con línea llena delgada y suelen denominarse "alcance". Cambiando las hojas de papel transparente se dibujan varias alternativas.

De todas las alternativas se elige aquella en la que la longitud de la línea de segmento sea mínima.

Un buen diseño de una ruta puede permitir economías de tiempo de hasta una hora o más.

#### Ajuste para domingo.

Normalmente no se trabaja en recolección los domingos. Si el servicio es tres veces por semana, los lunes y martes habrá un 50% más de residuos sólidos que el resto de los días. Esto no se tomó en cuenta al zonificar, por lo que al estar las rutas programadas para que los

vehículos trabajen a su máxima capacidad, los lunes y martes tendrán que hacer un viaje adicional.

Sin embargo, según se vió la velocidad de recolección es relativamente constante, dicho viaje adicional solo agregará el tiempo necesario para ir y venir del lugar de disposición.

Este mayor tiempo puede compensarse disminuyendo algo de la jornada los demás días o pagando horas extras, y en el peor de los casos, sacrificando un poco la eficiencia el resto de la semana y programando las rutas para los días de mayor cantidad de residuos sólidos.

Si la recolección es dos veces por semana, los lunes, martes y miércoles, habrá un 33% más de residuos sólidos. En este caso, podría ser conveniente programar todas las rutas para los días de mayor volumen de desechos, pero también puede establecerse una jornada distinta según las necesidades de cada día.

Una vez diseñadas las rutas con los ajustes para los días domingo, deben dibujarse en forma tentativa en los planos de cada sector y entregarse a cada chofer, que debe actuar como jefe de la cuadrilla, explicándole claramente la finalidad que se persigue

#### *Microrutas.*

Se denomina microruteo, al recorrido específico que deben realizar diariamente los vehículos recolectores de residuos sólidos, en los sectores de la ciudad donde han sido asignados.

El diseño de microrutas debe hacerse con base en una serie de factores variables de acuerdo con la ciudad en 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

### Métodos para el diseño de microrutas.

En forma general se puede decir que los métodos determinísticos son los más recomendables para el diseño de microrutas, ya que en ellos se pueden involucrar todos los parámetros que inciden en el diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos. Además con este tipo de métodos si se obtienen rutas optimas de recolección de residuos sólidos. Ahora bien, dos de los más importantes métodos determinísticos son los siguientes algoritmos:

- Algoritmo de Little para resolver el problema del agente viajero.
- Algoritmo del cartero chino.

El primero de ellos se aplica en los casos en que la demanda es discreta; el segundo, es ideal para los casos en que la demanda es continua o semicontinua. De acuerdo con lo último, el algoritmo de Little se debe utilizar cuando el método de recolección de residuos sólidos es exclusivamente de esquina o parada fija; mientras que con el algoritmo del cartero chino, se diseñaran las rutas de recolección de residuos sólidos, cuando la ciudad cuente con un método de recolección tipo acera o intradomiciliaria o bien alguna de sus variantes.

Cabe aclarar que el algoritmo del cartero chino, también se puede emplear para el diseño de las rutas de barrido manual y mecánico.

#### *Algoritmo de Little para resolver el problema del agente viajero.*

Este algoritmo recibe dicha denominación en virtud de que Little J. D. C. *et al*, sugirió utilizar el algoritmo de "Branch and Bound" (ramal y zona limítrofe) de la solución de la ruta más corta del agente viajero.

El problema del agente viajero se ha formulado de la siguiente forma matemática: construya un gráfico  $G=(X,A)$ , cuyas vértices corresponden a las ciudades por visitar y los arcos (calles) son los caminos que unen a los puentes. Sea la longitud de cada arco  $a(x,y) > 0$ , con todos los arcos formando un conjunto  $(x,y)A$ . Un circuito es un gráfico que incluye todos los vértices al menos una vez y si el circuito cumple con ciertos requisitos matemáticos

(simetría, desigualdad del triángulo, no paramétricos, etc.), se le denomina circuito Hamiltoniano, esto es:

$$G = (X,A) \dots \dots \dots (15)$$

$$X = \{X_0, X_1, X_2, \dots, X_n\}, X_i > 0$$

$$A = \{A_0, A_1, A_2, \dots, A_n, A_f\}, A_i > 0$$

Función objetivo:

$$Z = t_0 + \sum_{k=1}^n (t(a_{k-1}, a_k) + t_k)$$

Asimismo y la minimización de la función objetivo es mediante la formulación y resolución de una matriz asociada.

En su análisis inicial el problema del agente viajero es el de, luego de iniciar su ruta en una ciudad dada, teniendo que presentarse en  $n-1$  ciudades al menos una vez y regresar a la ciudad base, con la restricción de efectuar su traslado al menor costo posible. Las distancias y costos de traslado se conocen antes de iniciar la ruta. El problema del agente viajero es famoso por su sencillo planteamiento y difícil solución. Existen  $(n-1)$  rutas posibles y al menos una ruta se ajusta a la restricción del costo mínimo. El problema no es que no se tengan soluciones sino los problemas de cálculo necesarios para definir el costo mínimo. A menudo se proponen soluciones poco prácticas, de menos costo pero ineficientes, otras soluciones a todas luces no son óptimas y en otras se sigue dependiendo del personal que diseña el método de solución comunmente llamado algoritmo. El mismo Little *et al* estima que las necesidades de almacenamiento de las computadoras aumenta hasta hacerse poco práctica cuando se deben calcular las rutas posibles, y luego evaluar los menores costos cuando se optimiza a más de 10 ciudades. Si a esto se suma el hecho práctico que muchas rutas no son simétricas; esto es, a

menudo no cuesta lo mismo viajar desde la ciudad A a la ciudad B, que hacerlo desde la ciudad B a la ciudad A.

Belmore and Nemhauser, recomiendan tres formas de reducir el tiempo y costo de computación de las rutas: mejora ruta a ruta; guía de ruta y la eliminación de rutas menores.

#### *Mejora ruta a ruta.*

El analista va generando rutas solución hasta llegar a una ruta que le parezca satisfactoria; utilizando soluciones heurísticas, esto es, soluciones basadas en el conocimiento y experiencia del analista en mejorar las rutas. Esta solución empírica no garantiza una solución óptima pero sí una solución práctica.

#### *Guía de ruta.*

En esta forma se plantea construir la ruta, siempre tomando la ruta más corta a la ciudad vecina. La gran limitante es a veces que elegir sólo la ciudad más cercana puede no optimizar la ruta, aunque si garantiza una solución práctica.

#### *Eliminación de las rutas menores.*

Nuevamente se basa en consideraciones heurísticas, es decir que secciones de la ruta le hacen alejarse de lo óptimo; y en consecuencia el costo de una sección de la ruta rebasa el límite superior (o capacidad del vehículo recolector).

Casi todos los investigadores sugieren el uso de consideraciones heurísticas para reducir los costos de computación y aceptar soluciones factibles mejor que buscar infinitamente una solución óptima.

#### *Algoritmo del cartero chino.*

Es una aplicación de la solución de redes de flujo con arcos (calles) dirigidos.

Hay un número de rutas que se pueden trazar uniéndolo una serie de vértices de tal manera de visitarlos a todos al menos una vez.

Euler planteó el problema de trasladar un desfile militar atravesando los siete puentes de su ciudad natal. Estudiando la configuración de los puentes y las calles encontró que no existía solución factible y propuso una serie de leyes matemáticas para hallar todos los recursos existentes en una red. Así se ha definido como un circuito Euler a toda ruta que, sea continua, que cubra cada arco de la red al menos una vez y que regrese a su punto de partida.

Si los arcos no son unicursivos, (en una sola dirección) se pueden utilizar reglas muy sencillas para saber si hay una solución de ruta Euler.

Si el número de vértices en la red es un número impar, existe una solución tipo Euler; de ser un número par, no existe dicha solución y algunos arcos deben ser trazados más de una vez.

Fue una revista china de matemáticas donde se planteó por primera vez una solución óptima a un circuito Euler. Describiendo las actividades de un cartero en caminar su ruta postal (en otras palabras "la ruta del cartero chino"). En este problema la ruta buscada es la que reduce la distancia viajando a lo largo de las calles (arcos) un sentido único y de regreso a su central de correos.

*Suposiciones en que se basan estos algoritmos.*

- a) Los costos unitarios de transportación son independientes de la cantidad de residuos sólidos transportados.
- b) Se cuenta con un número óptimo de sitios de disposición final o de estaciones de transferencia.
- c) La generación de residuos sólido es fija, no variable y siempre fijada en un sitio.
- d) No existen restricciones de capacidad en el sitio de disposición final o estación de transferencia al aceptar los residuos sólidos recolectados.
- e) El tiempo en que la solución óptima es aplicable es limitado (o en otras palabras no está incluido el factor tiempo en la formación del algoritmo).

*Desventajas.*

Los algoritmos del agente viajero y del cartero chino no toman en cuenta prioridades dentro de la microruta. Una prioridad puede ser una mayor generación (más demanda del servicio) en cierto sitio entre muchos otros de menor generación (demanda menor). Son poco flexibles. Cualquier cambio en la topografía, generación, climatología, cambios en la velocidad de cruce del vehículo recolector, cambio en sentido de las calles; hacen necesario reformular toda la subrutina para encontrar rutas disponibles.

Los algoritmos dependen de su funcionalidad, de la experiencia que tiene el analista en microrutas para proponer salidas heurísticas y reducir los requerimientos de cálculo. Ninguno de los algoritmos presenta realmente soluciones óptimas, a mejor opción del algoritmo y del analista, sólo obtendrá como resultado soluciones factibles.

Así mismo no se contempla la intervención de otras unidades de recolección con capacidad de transporte variable y costos unitarios variables. Esto es, si una cuadrilla asignada a una microruta de recolección no termina su meta, no puede haber otra cuadrilla disponible para completar la misión no finalizada.

### **5.3 Recomendaciones.**

Es necesario que tanto analistas como usuarios de microrutas de recolección conozcan las limitaciones de los algoritmos y de información útil que se puede obtener de su aplicación a una ruta y su comportamiento al ser usada en el campo. Los algoritmos son sólo "modelos de simulación" que permiten experimentar el comportamiento de todo sistema de manejo de los residuos sólidos y evaluar el desarrollo de los distintos componentes del mismo.

Utilizando estos modelos, se pueden observar además la eficiencia de cobertura, tiempos de traslado, tiempos muertos y otra información útil. Así también una adecuada combinación de intuición, buen juicio para encontrar soluciones y apoyo tecnológico y financiero se puede lograr reducir los costos de recolección aún ante una extensión del servicio.

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, una mejora notable en el diseño de rutas, reduce costos de operación y mantenimiento; reduce las distancias muertas; 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; se obtiene mayor colaboración del personal al darse cuenta que los nuevos recorridos le permiten ahorrar trabajo improductivo. Además permite en un momento dado adquirir más unidades de recolección.

Sin embargo, después de estar funcionando eficientemente un sistema, es preciso revisarlo una o dos veces al año, ya que es inevitable que se produzcan cambios en la ciudad. Dichos cambios pueden provocar aumento en la cantidad de residuos sólidos en algunos sectores; incremento en el tránsito en ciertas calles; sumarse nuevos sectores habitacionales; etc.

Por lo antes expuesto, el proceso para mejorar el sistema de recolección de residuos sólidos municipales, requiere de una atención ininterrumpida y responsable tanto de las autoridades involucradas como del público en general.

## **TRANSFERENCIA**

### **Introducción.**

Se aplica el término estación de transferencia a las instalaciones en donde se hace el traslado de basura de un vehículo recolector a otro vehículo con mucha mayor capacidad de carga. Este segundo vehículo, o transporte suplementario, es el que transporta la basura hasta su destino final.

El crecimiento acelerado de la población urbana trae como consecuencia inmediata una demanda de servicios que normalmente se ofrecen a un ritmo menor a como se da este crecimiento urbano. Aunado a esto, se tienen las dificultades de orden geográfico-urbano para proporcionar de una forma adecuada los servicios a la población, lo que implica un aumento de la inversión requerida. Uno de estos servicios es el de la disposición final de los residuos sólidos generados por una comunidad.

El incremento en la generación de los residuos sólidos obliga a realizar programas más eficientes para disponer de una manera adecuada de los mismos.

Los sitios destinados para un relleno sanitario deben cumplir con ciertos, entre los cuales se tienen que considerar:

- El centro de gravedad geográfico de la región o de las poblaciones a servir.
- La estimación de un período de vida de por lo menos 7 años.

Sólo se presentan estos dos requisitos para hacer notar que, en algunas ocasiones, se tiene como resultado que los sitios seleccionados para un relleno sanitario, se encuentran tan

alejados de los centros de generación y que los costos de transportación alcanzan niveles verdaderamente prohibitivos.

Esta problemática obliga a establecer estaciones de transferencia de residuos sólidos y dar una mayor eficiencia al sistema de recolección.

En la actualidad las gestiones para la instalación de una estación de transferencia se han cumplido, ya que esto implica una serie de estudios donde se deben tomar en cuenta, aspectos sociales, sanitarios y ambientales. Estudios necesarios ya que estas instalaciones están por lo general ubicadas dentro de los límites de la zona urbana.

La tendencia mundial de crecimiento de las áreas metropolitanas, que impone sitios de disposición final más alejados de la zona de generación de los residuos sólidos además del gran incremento en los costos de los combustibles muestra la importancia del estudio de esta solución para las ciudades modernas.

Estas instalaciones pueden resumirse a una simple plataforma elevada dotada de una rampa de acceso o a un edificio sofisticado y de grandes dimensiones. Así mismo, el traslado de la basura se puede hacer por gravedad o utilizando equipos mecanizados.

Los vehículos recolectores que utilizan las estaciones de transferencia son, generalmente, camiones compactadores, pero también pueden ser camiones abiertos tipo volquete, camiones porta-containers, o carrozas de tracción animal.

Para el transporte suplementario se emplean, en su mayoría, camiones de gran capacidad tipo trailer (semiremolque), pero también se pueden utilizar otros tipos de camiones así como otros medios de transporte como el ferroviario o el acuático.

El objetivo básico de las estaciones de transferencia es incrementar la eficiencia global del servicio de recolección a través de la economía en el sistema de transporte y en la disminución del tiempo ocioso de la mano de obra empleada en la recolección. Es decir los operarios ayudantes durante los recorridos al sitio de disposición final, se hallan improductivos; además el camión recolector está destinado a una función distinta a la de recolección y compactación de la basura: dicho de otra manera mientras el camión viaja al relleno, este no está recolectando basura y por lo tanto para recolectar el mismo número de

toneladas de residuos sólidos en el mismo tiempo, se crea la necesidad de contar con un mayor número de unidades recolectoras.

Como consecuencia se logra una disminución general en los costos de recolección y una mayor utilización de la mano de obra y de los equipos disponibles. Otro beneficio que genera la estación de Transferencia y el cual es muy importante mencionarlo, es el de permitir atender algún aumento que se demande en las rutas de recolección urbana.

No obstante, las estaciones de transferencia no siempre son empleadas con este objetivo sino que se usan solo cuando las distancias del transporte de basura desde las zonas de recolección hasta los sitios de disposición final son muy largas, recomendando así el empleo de medios de transporte más adecuados para cubrir largos recorridos.

Es importante enfatizar, por lo tanto, que el criterio básico para el empleo de estaciones de transferencia es que la economía que se logre por la disminución de distancias y tiempos de recorrido de la flota de recolección debe ser mayor que los costos de inversión y operación del sistema de transferencia.

Es necesario y muy importante la buena ubicación de una estación de transferencia y para esto hay que buscar su centro de gravedad, este permitirá disminuir la suma de recorridos de las rutas de recolección hacia dichas instalaciones.

En el proyecto e implementación de una estación de transferencia se han de considerar las diversas alteraciones que sufran las rutas de recolección, además otro tipo de variantes son la densidad de población, la generación de residuos sólidos, la traza urbana de la localidad, la cercanía con zonas forestales o cualquier otra característica importante de cada población.

Las características propias de los sitios destinados para una estación de transferencia, que permitirán que sea más efectiva su operación se indican a continuación:

- Distancia de amortiguamiento a zonas de colindancia.
- Dirección e incidencia de vientos.
- Pendientes de acceso a las instalaciones.
- Accesos viales al sitio destinado para un relleno sanitario.

- Superficie disponible.

Por lo tanto se puede decir que la estación de transferencia ayuda a reducir los costos y al mismo tiempo ahorra energía y permite la recuperación de los recursos.

Se puede proyectar en las estaciones de transferencia la opción de recuperar recursos por medio de existir en su mismo emplazamiento un centro de reciclaje. Esto se lograría si durante el transbordo de los residuos se hace la separación para posteriormente transportar dichos residuos a las diversas industrias para su reciclamiento.

Por lo antes mencionado siempre es bueno que se contemplen en las estaciones de transferencia las instalaciones necesarias para que en un futuro no lejano se realice la separación de los residuos sólidos.

## **6.1 Tipos de Estaciones de Transferencia.**

Existen varios tipos de estaciones de transferencia en las cuales utilizan diferentes medios de transporte suplementario.

### **6.1.1 En Cuanto a la Operación de Descarga.**

Hay fundamentalmente dos tipos de estaciones de transferencia en cuanto a la operación de descarga, la directa y la indirecta.

La directa emplea la gravedad para el traslado de la basura de los camiones recolectores a los vehículos de transferencia y la indirecta utiliza locales de almacenamiento, además de equipos mecanizados, para mover la basura y alimentar los vehículos de transferencia.

#### **Estaciones de Carga Directa.**

En estas instalaciones el contenido de los camiones recolectores se descarga directamente en vehículo de transferencia. Estas estaciones de transferencia tienen una seria desventaja que es la imposibilidad de almacenar la basura, lo que exige que siempre haya un

vehículo de transferencia en condiciones de recibir los residuos sólidos de los camiones recolectores. En otras palabras, si el recolector llega a la estación y no hay vehículo de transferencia en condiciones de recibir los residuos sólidos de los camiones recolectores. En otras palabras, si el recolector llega a la estación y no hay vehículo de transferencia para recibir la basura, el camión debe esperar hasta la llegada de un vehículo vacío.

Esta diferencia comúnmente provoca filas de recolectores en la estación de transferencia en las horas “pico”, así como una mayor necesidad de vehículos de transferencia que en el caso de estaciones que si disponen de sitios adecuados para el almacenamiento donde se pueda absorber los picos de producción, sin embargo, si existe una buena programación y un buen mantenimiento ofrecen mayores beneficios la carga directa ya que no permite el almacenamiento y manejo de la basura y esto no se puede hacer por alto en una estación de transferencia ya que su ubicación normalmente es en la zona urbana del centro de producción.

Estas instalaciones pueden poseer equipos de alimentación y compactación para cargar los vehículos de transferencia de tipo cerrado. Así mismo, en algunas estaciones que operan con vehículos abiertos se utilizan equipos tipo “brazo hidráulico” para la nivelación de la basura en los vehículos de transferencia. A falta de estos equipos, se realiza manualmente en condiciones muy difíciles para los trabajadores.

### *Estaciones de Carga Indirecta.*

Las estaciones en donde la basura se descarga indirectamente en los vehículos de transferencia tienen locales para almacenamiento de basura que pueden ser fosos o patios.

Los fosos pueden tener el sistema de fondo móvil con correas transportadoras que llevan la basura a una altura que permita cargar los vehículos de transferencia.

Otro tipo en este sistema, es el que usa puentes-grúas para remover los residuos del foso y cargar los vehículos de transferencia

Dependiendo del nivel del patio, se emplean diferentes equipos para mover los residuos y cargar los vehículos de transferencia. Si estos están debajo del patio, se utilizan topadoras de oruga y en el caso contrario se emplean palas cargadoras.

Un equipo frecuentemente utilizado en este tipo de instalación es el silo con palanca de empuje (push pit). Este equipo siempre es hidráulico. Su capacidad de almacenamiento es pequeña (de aproximadamente 50 a 70 m<sup>3</sup>) y exige que los vehículos de transferencia se queden a un nivel inferior.

La más importante ventaja de estas instalaciones es que los recolectores nunca tienen que esperar para descargar sus contenidos, además de posibilitar la operación con una flota reducida de vehículos de transferencia puesto que los picos de llegada de los vehículos no influyen en el dimensionamiento de la flota. Las desventajas de este tipo de estaciones de transferencia son la posibilidad de fallas electromecánicas y de equipos que pueden afectar todo el sistema y la salud ambiental por el almacenamiento de la basura en zonas urbanas.

#### 6.1.2 En cuanto al Procesamiento de los Recursos.

Dependiendo básicamente de las características de la basura y del tipo de vehículo de transferencia utilizado, los residuos pueden o no ser procesados en las estaciones de transferencia.

##### *Sin procesamiento.*

En estas estaciones la basura no sufre ningún procesamiento, salvo la compactación recibida, y por lo tanto es transferida en su estado original.

Las instalaciones sin compactación son muy utilizadas en razón de la simplicidad de su construcción, operación, bajo costo inicial de las construcciones y de los vehículos de transferencia.

Su empleo es usualmente la mejor alternativa cuando tenemos basura de media o alta densidad. En la mayoría de las ciudades latinoamericanas se presenta esta condición después de que los residuos han sido compactados en los equipos de compactación.

Las estaciones sin procesamiento comúnmente utilizan vehículos de transferencia del tipo volquete o de fondo móvil.

Este tipo de instalaciones tiene, hoy en día, una aceptación cada vez mayor por razón del costo y simplicidad, además de que la condición de que siempre la basura es compactada en los camiones de recolección.

#### *Con procesamiento.*

El procesamiento de los residuos en estaciones de transferencia tiene generalmente dos objetivos. El más común es aumentar la densidad de basura y así utilizar con más eficiencia la capacidad de transporte de los vehículos de transferencia.

El otro objetivo, cada vez más atractivo para nuestra condición es aprovechar la operación de traslado para hacer la selección de basura y así aprovechar los materiales reciclables.

Los métodos de procesamiento más utilizados son los de compactación, la trituración y la selección de materiales.

#### Compactación.

La compactación se realiza por medio de compactadores o por equipos montados en el vehículo de transferencia.

En el primer caso, la basura es colocada en el vehículo por la parte posterior de su caja. Esta caja está acoplada a la prensa compactadora por medio de garras mecánicas.

En el inicio de la operación la prensa tan sólo coloca la basura en el interior de la caja, logrando la compactación recién al final de la operación de carga.

Cuando la compactación es efectuada por equipos instalados en el propio vehículo de transferencia, la basura se coloca por una abertura en la parte superior de la caja y la compactación se realiza por medio de la placa de eyección de la basura que, en esta operación, compacta los residuos contra la puerta trasera que permanece cerrada.

Dependiendo de las características de la basura, se logra una reducción de volumen en razón de 2:1 a 3:1.

Además de la ventaja consecuente del mayor aprovechamiento de la capacidad de carga de los camiones, con la compactación se logra una operación más higiénica tanto en la carga de los camiones como en su desplazamiento. Así como, la descarga en los rellenos es generalmente más rápida y fácil en este caso que cuando la basura no está compactada, toda vez que estos vehículos poseen, obligatoriamente, placas para la eyección de la basura.

Sin embargo las instalaciones dotadas de compactación implican altas inversiones y altos costos de operación, además de exigir técnicos especializados para su operación y mantenimiento.

#### Trituración.

La trituración también se efectúa con el objetivo de reducir el volumen de la basura y así facilitar su transporte.

La operación de trituración se hace por medio de molinos especiales para basura. Hay molinos de diferentes modelos y capacidad de acuerdo al fabricante.

La ventaja de este tipo de procedimientos, además de la reducción del volumen, es que la basura triturada tienen características menos agresivas y su disposición en rellenos es más fácil.

El costo de la trituración es alto, con relación a los costos de inversión y el mantenimiento, especialmente por el frecuente reemplazo de los martillos del molino.

#### Enfardamiento

El enfardamiento consiste en compactar la basura en bloques colocándoles cintas para mantenerlos coherentes, y tienen como principal ventaja la utilización de vehículos con carrocería de tipo plataforma.

Además los bloques de basura enfardada son más fáciles de disponer en rellenos sanitarios, ocupando pequeños volúmenes y necesitando reducido equipo.

La principal desventaja del enfardamiento es su alto costo de inversión operación, lo que generalmente impide este tipo de tratamiento.

### Selección de Materiales.

Consiste en la remoción de materiales de labasura que pueden ser aprovechados, transportándose a los rellenos la fracción no aprovechable, o sea los rechazos del proceso.

Con la selección de materiales se logra la disminución de la cantidad de residuos a ser transportados y, además se obtienen ingresos a partir de la venta de los materiales seleccionados, esto es vidrio, metal, papeles, plásticos, etc.

Naturalmente este método solo puede ser utilizado en ciudades en donde exista mercado para los materiales seleccionados.

Este tipo de instalaciones exigen mayores áreas de construcción además de quipos de transporte, selección y almacenamiento de los materiales seleccionados.

### 6.13 En Cuanto a las Características del Edificio.

Las instalaciones de una estación de transferencia pueden resumirse en una plataforma elevada en un terreno o puede consistir en grandes, sofisticados y costosos edificios.

El tipo más simple de estación de transferencia consiste en una plataforma elevada a cielo abierto en donde los camiones recolectores descargan su contenido en la carrocería del vehículo de transporte suplementario que está colocado a un nivel más bajo.

La plataforma elevada y la rampa de acceso se pueden construir de hormigón, estructura metálica o terraplén.

Si es posible, se debe utilizar un cerro o terraplén natural del terreno para evitar gastar en obras.

Estas estaciones se recomiendan para locales en donde la cantidad de residuos sólidos a ser transferida sea pequeña y no hayan problemas climatológicos con gran precipitación pluvial y vientos fuertes, así como que no tengan vecinos que vivan cerca.

Sin embargo, en estas instalaciones se deben colocar telas para protección a fin de evitar la dispersión de papeles, impidiendo por tanto el levantamiento del polvo y la dispersión de pequeños residuos en el ambiente, en caso de vientos fuertes.

Otro tipo de estación de transferencia simplificada y que no requiere plataformas o rampas es aquella en que los camiones recolectores son levantados por medio de un gato hidráulico o por aire comprimido, similar a los usados para levantar automóviles en las estaciones de servicios, y en esta posición descarga en los vehículos de transferencia.

Generalmente las instalaciones de transferencia son cerradas para evitar la dispersión de la basura por el viento y la diseminación de olores y polvo.

El tipo de material empleado en la construcción, así como su calidad y elementos de acabado, siguen las especificaciones de las construcciones industriales.

En caso de instalaciones en el área urbana, se debe poner especial atención a la armonía de la instalación con el vecindario.

## **6.2 Ventajas y Desventajas de Una Estación de Transferencia.**

### **6.2.1 Ventajas.**

La más importante ventaja de la estación de transferencia resulta de su finalidad en sí, o sea de la disminución que se logra en los costos globales de transporte y en las horas improductivas de la mano de obra.

Además de esta ventaja tenemos otras, como por ejemplo:

Aumento de la vida útil y disminución en los costos de mantenimiento de los vehículos recolectores puesto que éstos no necesitan transitar por los caminos de los rellenos sanitarios donde las pistas siempre presentan irregularidades, residuos (clavos),

ocasionando problemas en las llantas y en la suspensión en las épocas lluviosas principalmente.

Utilización más racional de la flota de recolección por la existencia de balanzas en las estaciones. La toma del peso de todas las cargas de los vehículos permite una distribución más perfecta de las rutas de recolección, además de evitar sobrecargas que pueden dañar el equipo, o lo contrario: la subutilización de la capacidad de transporte.

Mayor control de la operación de recolección. La ubicación de las estaciones de transferencia dentro o cerca de las zonas de recolección permite un constante control de los camiones de recolección por los supervisores del servicio.

El desplazamiento de los vehículos por zonas alejadas posibilita la ocurrencia de irregularidades tales como venta de materiales segregados durante la recolección, tránsito a velocidad excesiva, horas deliberadamente ociosas, paradas no autorizadas para ingerir alimentos, etc.

Mayor regularidad en el servicio de recolección por la disminución de posibles problemas con los vehículos (pinchaduras de llantas, defectos mecánicos, y por el mayor control ejercido).

Posibilidad de solución conjunta para disposición final de residuos de más de una municipalidad. En los casos en que más de una pequeña ciudad se juntan para disponer sus residuos en un solo relleno sanitario o para tratarlos en una instalación de procesamiento, el empleo de estaciones de transferencia facilita esta solución.

Cambios de sitios de disposición final de residuos no interfieren con las rutas, procedimientos y horarios de recolección domiciliaria.

Las estaciones de transferencia pueden adaptarse para incluir sistemas de aprovechamiento de residuos para reciclaje.

Mientras que las estaciones de transferencia pueden ser fuentes de problemas y preocupaciones, éstos en su mayoría se pueden resolver por medio de un buen y cuidadoso diseño.

### 6.2.2 Desventajas.

Entre los problemas que ocurren en servicios de limpieza dotados de estaciones de transferencia tenemos:

Dependencia del sistema de recolección en el sistema de transferencia, estos es, las fallas en los equipos electromecánicos de la estación o en los vehículos de transferencia pueden resultar en serios problemas para el servicio de recolección, principalmente en el caso de estaciones de transferencia sin instalaciones de almacenamiento.

Reclamos de los vecinos por olores, ruidos y polvaredas provocados por el funcionamiento de la estación. La ubicación ideal de las estaciones de transferencia es en el centro de las zonas de recolección, lugar generalmente cercano a residencias, razón por la cual en estos casos es necesario poner mucha atención en la operación de la estación para evitar los problemas mencionados.

Los rellenos sanitarios y sus accesos deben estar preparados para recibir vehículos de grandes dimensiones como son los camiones de transferencia.

En este caso es necesario tener carreteras de mejor calidad, con curvas de radios mayores así como caminos internos a los rellenos y áreas de descarga preparados para el tránsito de semiremolques (trailer) de hasta 50 toneladas de peso total.

## 6.3 Planeación y Proyecto de Estaciones de Transferencia

En esta parte se presenta información fundamental para el planeamiento y proyecto de estaciones de transferencia.

### 6.3.1 Levantamiento de Información

Debe considerarse que la información de mayor utilidad es la siguiente:

*a) Producción y características de los residuos.*

Se requiere conocer la cantidad producida y recolectada en diferentes zonas de la ciudad y proyecciones para el periodo de vida de las estaciones de transferencia; las

características más importantes de los residuos sólidos son: densidad, humedad, tipos de residuos esperados y, si es posible conocer la composición de la basura.

*b) Servicio de Recolección.*

Es importante conocer la flota de camiones que serán utilizados para la recolección, el número, capacidades y características, especialmente el sistema y tiempo de descanso de la basura ya que esto está directamente relacionado con el diseño y funcionamiento de la estación de transferencia.

Además de los vehículos se debe conocer las frecuencias de recolección y los horarios de inicio y término del trabajo.

*c) Sistema de disposición de los residuos.*

Se debe conocer la ubicación actual y futura de los sitios de disposición final y los métodos utilizados para ello.

Se debe investigar la existencia de mercados de materiales obtenidos de la basura, con la finalidad de proyectar un sistema de selección de materiales.

*d) Sistema vial y zonificación.*

El conocimiento del sistema vial de la ciudad es fundamental ya que el conocer los caminos que serán recorridos por los vehículos de transferencia está directamente relacionado con la estación de transferencia. Se debe tener bien identificada en plano la trayectoria desde el o los terrenos considerados para la construcción de las estaciones de transferencia, hasta los sitios de disposición final, indicando el tipo de pavimento de las vías y estado de conservación, ancho de las mismas, existencia de puentes, pasos a desnivel, curvas fuertes y desniveles, además de las distancias y tiempos de recorrido.

*e) Elementos económico-financieros*

Este tipo de levantamientos económico-financieros son necesarios en la fase de planeación, son todos los exigidos para el análisis de costo beneficio referente a la

implantación del sistema de transferencia, incluyendo datos sobre la viabilidad económica del proyecto.

De esta forma se determinará la cantidad de recursos financieros disponibles para las inversiones, ya sea por recursos propios o de préstamos.

*f) Normas, leyes y reglamentos*

Tomar en cuenta la normatividad que influye en el planeamiento y en el proyecto de estaciones de transferencia con relación al tráfico de vehículos, contaminación ambiental, y la construcción de modo general y Reglamentos internos por parte de las autoridades con relación a la recolección de residuos sólidos.

Toda la legislación pertinente debe ser recopilada y estudiada para no incurrir en infracciones.

*g) Ubicación de los centros de gravedad de las zonas de recolección*

Es una de las más importantes tareas para la optimización de la estación de transferencia. Esta determinación, hecha por los métodos clásicos, es registrada en la planta de la ciudad, siendo la principal referencia para la selección del sitio de la futura estación de transferencia.

*h) Ubicación y características de los terrenos disponibles.*

En esta etapa se investiga la existencia de terrenos cercanos a los centros de gravedad que puedan ser utilizados para la construcción de estaciones de transferencia. La investigación debe levantar información sobre propiedades tanto particulares como de las autoridades implicadas, precios (en el caso de particulares), características de los terrenos (topografía, suelo, área) y sus accesos, además de otros datos importantes considerando su posible futura utilización.

### 6.3.2 Toma de Decisiones

La toma de decisiones es un proceso por el cual se hace, básicamente, la selección del sitio en donde se va a construir la estación de transferencia, se define el tipo de estación y su capacidad de recepción de residuos. Para la toma de decisiones son necesarios todos los datos mencionados anteriormente, además de un estudio para la selección del sitio, teniendo en cuenta solamente los costos de transporte de los centros de gravedad de recolección de basura a los terrenos considerados para la construcción de la estación de transferencia; y de allí hasta los sitios de disposición final.

#### **6.4 Dimensionamiento de los Elementos Principales**

Se presenta información sobre el dimensionamiento de los elementos principales que componen una estación de transferencia.

##### **6.4.1 Vehículos de Transferencia.**

*Número tipo y capacidad.*

Para la determinación del número y capacidad de los vehículos de transferencia es necesario considerar dos casos distintos. El primero es cuando la estación no tiene sistema de acumulación. En este caso la determinación del número de vehículos de transferencia estará en función de la capacidad de los vehículos de transferencia, del tiempo de ida y vuelta de la estación de transferencia a los sitios de disposición, del tiempo de carga de los vehículos de transferencia y del horario de llegada de los recolectores.

Estos factores deberán estudiarse de modo que podamos determinar el número mínimo de vehículos de transferencia que puedan transportar, en el horario normal de trabajo, toda la basura recolectada, poniendo especial atención para que siempre que un vehículo recolector llegue a la estación haya un vehículo de transferencia en el que pueda descargar la basura.

Cuando la estación sí cuenta con un sistema de acumulación, este último factor no se toma en cuenta. Así mismo, las horas de trabajo pueden ser diferentes del horario normal de recolección. De esta manera, el número de vehículos estará en función del tiempo de carga, tiempo de ida y vuelta al relleno, capacidad del vehículo, cantidad total de basura a ser transportada por día y horario de funcionamiento de la estación, que puede ser de hasta 24 horas por día.

#### 6.4.2 Área de Maniobra y Descarga.

La determinación de las dimensiones del área de maniobra y descarga debe tener en cuenta el radio de giro de los camiones de recolección y las maniobras necesarias para que los vehículos se coloquen en posición de descarga, además del número de estos camiones que deberán descargar simultáneamente en los vehículos de transferencia o en los silos de acumulación.

Este número de vehículos que debe descargar simultáneamente se determinará por las horas pico de llegada de estos camiones.

#### 6.4.3 Equipos de Compactación y de Alimentación.

Las dimensiones tanto de los equipos de compactación como de los de alimentación (silo con placa de empuje, puente grúa, bandas transportadoras), se definirán básicamente en función de la capacidad-hora requerida, o sea, por la cantidad de residuos que deben cargarse en los vehículos de transferencia por unidad de tiempo. En estas determinaciones se observan también las características, dimensiones y patrones de los equipos existentes.

### 6.5 Determinación de los Equipos e Instalaciones Auxiliares

Para el funcionamiento regular de la estación de transferencia es muy importante que se disponga de diversos equipos e instalaciones auxiliares. El tipo y cantidad de estos equipos dependerá del tamaño de la estación y de sus características.

## SEDESOL

A continuación se relacionan diversos de estos equipos e instalaciones, conjuntamente con sus aplicaciones y características.

### 6.5.1 Instalaciones de Mantenimiento

Las instalaciones de mantenimiento se refieren al mantenimiento de los equipos de transferencia y de los vehículos.

En este sentido, un taller electromecánico, tan equipado como complejo sean los equipos de transferencia, es fundamental para el funcionamiento ininterrumpido de la instalación.

En cuanto al mantenimiento de los vehículos de transferencia, es indispensable tener equipos y herramientas para reparación de neumáticos y otras pequeñas reparaciones, además de instalaciones para engrase y lavado.

### 6.5.2 Comunicación

Intercomunicadores, radio, semáforos. Cuanto mayor sea la instalación, más importante e indispensable es el sistema de comunicación.

Los intercomunicadores se utilizan para comunicaciones entre las diversas áreas de la estación, especialmente entre el patio de descarga de los camiones recolectores y el patio en donde se estacionan los vehículos de transferencia.

Los semáforos se instalan en los sitios de descarga para indicarle a los camiones recolectores su turno y posición de descarga.

La radiocomunicación entre la estación y los vehículos de transferencia es muy útil, siempre que los caminos hacia el relleno estén desprovistos de teléfonos para la comunicación entre los choferes y la estación sobre condiciones irregulares o accidentales tales como problemas en la ruta, fallas en los vehículos, etc.

### 6.5.3 Control de Contaminación.

Los controles de contaminación tienen gran importancia, sobre todo cuando la instalación está ubicada cerca de zonas residenciales. Estos controles se refieren principalmente a olores, polvaredas y ruidos.

En cuanto a los olores, la principal regla para mantener la instalación en buenas condiciones es lavar todos los días todos los sitios en donde se pueda acumular la basura. Para esto es importante que el proyector se prevea de tomas de agua adecuadamente ubicadas y drenaje en todos los patios. El control de polvaredas se hace a través de extractores de aire junto a la zona de descarga de la basura y de filtros, o simplemente con la aspersión de agua (rocío) sobre los sitios en donde se origina el polvo.

#### 6.5.4 Otras Instalaciones Especiales

Siempre que la estación necesite de energía eléctrica para el funcionamiento de sus equipos, sobre todo cuando no se cuenta con área de acumulación de basura, es indispensable la instalación de generadores eléctricos. Estos deben ser capaces de suplir, por lo menos, las necesidades de la mitad de los equipos de la estación.

Tampoco se deben olvidar las instalaciones contra fuego (incendio) y contra rayos (descargas atmosféricas).

*Oficinas e instalaciones para los empleados.*

Las instalaciones de baño, comedor y vestuario deben ser previstas en dimensiones adecuadas al número de empleados de la estación. Así mismo, se requiere determinar la necesidad de talleres mecánicos, caseta de balanza, oficinas administrativas, oficina del jefe de la estación, abrigo para los recolectores que no deben ingresar a la estación, etc.

#### 6.6 Definición de “Lay-Out” y Proyecto Arquitectónico

Con todos los equipos e instalaciones necesarios ya determinados, la etapa siguiente es definir el lay-out básico de la estación, teniendo en cuenta, naturalmente, el terreno seleccionado, su topografía y accesos.

En el lay-out básico se determina el flujo de circulación de vehículos, la ubicación de las instalaciones en relación a los límites del terreno, las dimensiones básicas de los patios,

caminos, etc. y la ubicación de todas las instalaciones y equipos tales como: balanzas, compactadores, generadores, etc.

Para la determinación de lay-out no hay reglas fijas, toda vez que cada estación es única, así como cada terreno.

No obstante, algunas indicaciones importantes no deben olvidarse:

- Separar la circulación de trailers, camiones recolectores y peatones.
- No permitir cruces en la circulación de los vehículos dentro de la estación.
- Observar los radios de giro de los camiones de recolección y de los trailers (semi-remolques) en el dimensionamiento y concordancia de los caminos internos.
- Ubicar la caseta de control del patio de descarga en una posición que posibilite también la observación del patio de carga.
- Ubicar la caseta de control de la balanza en una posición que permita la reducción de la velocidad de los vehículos de recolección, además de una cola de 3 ó 4 vehículos fuera de la calle y dentro de la estación.
- Concentrar en un bloque de la edificación los sectores para administración, control (oficinas), talleres de mantenimiento, sanitarios y vestuarios.
- Dotar el patio de descarga de amplia iluminación y ventilación natural.
- Aprovechar los desniveles ya existentes en el terreno para la construcción de rampas de acceso y formación de desniveles.

Con la definición del lay-out es posible pasar a la última etapa del proyecto de la construcción, esto es, a los proyectos arquitectónicos y estructurales.

En los primeros es importante armonizar el edificio con las construcciones vecinas, en algunos casos, prever barreras formadas por árboles y cercas vivas, a fin de ocultar el movimiento de vehículos y la operación de la instalación.

En cuanto al proyecto estructural es importante tener en cuenta las cargas dinámicas resultantes del desplazamiento de los camiones de recolección y los esfuerzos transmitidos por los equipos mecánicos, especialmente en el caso de compactadores y otros aparatos hidráulicos.

### **6.7 Normas de Operación**

Las normas de operación de una estación de transferencia se refieren a la descripción de todos los procedimientos utilizados en la operación normal y a las instrucciones para situaciones de emergencia.

Estas normas deben reunirse en un manual de operación que puede ser cambiado a medida que se introduzcan nuevos equipos o que se perfeccionen; por la práctica diaria y por los métodos y procedimientos operacionales.

El contenido del manual de operación depende del tipo de estación, de los equipos y de los vehículos empleados. Por lo tanto, es necesario elaborar un manual para cada estación.

Entre tanto, todos los manuales deben incluir al menos los siguientes puntos:

- Descripción de la instalación, con dibujos y planos.
- Descripción de los equipos electromecánicos, con sus especificaciones y características técnicas.
- Descripción de los vehículos de transferencia, con sus especificaciones y características técnicas.
- Rutinas para la operación normal, con los procedimientos relativos a los conductores de los vehículos de recolección, los conductores de los vehículos de transferencia, los operadores de la balanza, los operadores de quipos de carga y los auxiliares encargados de ayudar en las maniobras de los camiones, así como abrir y cerrar las puertas de carga de los vehículos de recolección y de transferencia.

## SEDESOL

- Descripción de los desplazamientos de los vehículos en el interior de la instalación y de los procedimientos para descargar y cargar la basura en los camiones de transferencia.
- Resumen de los controles de operación normal de la estación.
- Resumen de los controles de mantenimiento de los equipos electromecánicos.
- Descripción del personal con sus calificaciones, funciones, horarios de trabajo y encargos.
- Rutinas para mantenimiento de los equipos electromecánicos.
- Rutinas para limpieza general y control de la contaminación ambiental.
- Instrucciones para la operación en situaciones de emergencia tales como: falta de energía eléctrica y fallas en los equipos.
- Instrucciones para combatir incendios.

Para la elaboración del manual de operación es importante consultar los manuales de los equipos y vehículos, las instrucciones para su instalación, y a los fabricantes de los sistemas de carga y/o procesamiento de la basura.

### **6.8 Controles**

Los controles más importantes son los relativos a la operación de la estación, al mantenimiento de los equipos y a la contaminación ambiental, además de los no específicos de una estación de transferencia como los de administración de personal, costos, etc.

En cuanto a la operación, los controles más utilizados son los que registran la cantidad de basura que llega a la estación en los vehículos de recolección y la que sale en los vehículos de transferencia, así como los correspondientes a los horarios y tiempos de transporte.

Los controles de pesos son utilizados, principalmente, para determinar la carga óptima de los trailers de transferencia, que no deben recibir carga por encima de lo

permitido por sus especificaciones o por los reglamentos de tránsito en carreteras, ni por debajo de su capacidad, lo que resultaría en pérdidas de eficiencia en el transporte. Estos controles también son muy útiles a los responsables de los servicios de recolección de basura.

Con los pesos recolectados por cada camión en cada recorrido es posible evaluar la eficiencia de la recolección, equilibrar los recorridos con respecto a las cargas transportadas y determinar las necesidades futuras de equipos y mano de obra.

Los controles de tiempos de transporte y horarios se aplican a los vehículos de transferencia y tienen como objetivo básico verificar los tiempos reales de recorrido al destino final (ida y vuelta), con los tiempos previstos en el dimensionamiento de la instalación. Además, estos controles se aplican al análisis de eventuales cambios en las condiciones de tránsito que acarrear modificaciones en el dimensionamiento de la flota de vehículos de transferencia.

Los controles de mantenimiento de equipos son generalmente elaborados en base a las instrucciones de sus fabricantes, así mismo los procedimientos relativos al engrase y cambio de aceite son hechos por técnicos especializados. En estos controles se detallan los tipos de aceite y grasas utilizados, los periodos de cambio de aceite, de engrase de máquinas de limpieza y de cambio de filtros y otros elementos de desgaste. Además, los controles determinan las fechas previstas para los cambios y las personas responsables.

## **6.9 Personal.**

Con las debidas modificaciones, ya que cada instalación es diferente, el personal básico de una estación de transferencia es el que se describe en la tabla 6.1.

## SEDESOL

TABLA 6.1 Personal de una estación de transferencia.

PUESTO	ACTIVIDAD	TAREAS BASICAS
Auxiliares	Limpieza, tráfico y auxilio en general	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ayudar en las maniobras de los vehículos en los patios de carga o descarga.</li> <li>• Limpiar permanentemente los patios de carga y descarga.</li> <li>• Retirar la basura prendida en la carrocería de los camiones después de descargar.</li> <li>• Abrir y cerrar las puertas de descarga de los vehículos de recolección o de los trailers de transferencia.</li> <li>• Limpiar, al final del turno de trabajo, las oficinas, baños y otros locales de la instalación.</li> </ul>
Vigilante	Guardia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control del acceso de peatones a la estación.</li> <li>• Guardia nocturna del edificio, de los equipos y de los vehículos.</li> </ul>
Mecánico de Mantenimiento	Mantenimiento de los equipos electromecánico e hidráulicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de pequeños servicios de reparación y mantenimiento correctivo en los equipos de la estación.</li> <li>• Ejecución de servicios preventivos en los equipos tales como engrase, lubricación e inspección.</li> <li>• Llenar los formularios de control de mantenimiento.</li> </ul>
Operador de equipos	Operación de "push pit", prensa, puente, grúa, balanza, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operar los equipos de la estación, especialmente los relativos a la carga de los vehículos de transferencia.</li> <li>• Coordinar la operación de descarga de los vehículos recolectores y la carga de los vehículos de transferencia.</li> <li>• Operar los sistemas de señalización (semáforos) y de control de polvaredas.</li> <li>• Registrar la carga trasladada a cada vehículo de transferencia.</li> <li>• Pesar los vehículos de recolección.</li> </ul>
Auxiliar Administrativo	Administración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de los resúmenes diarios de operación e informes mensuales.</li> <li>• Control de asistencia de los empleados.</li> <li>• Mecanografiado de documentos, informes, etc.</li> <li>• Control de correspondencia recibida y remitida.</li> <li>• Llenar los formularios de control de costos.</li> </ul>
Jefe de la estación	Supervisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control y fiscalización de todas las actividades operacionales de la estación y la operación de los vehículos de transferencia.</li> <li>• Análisis del desempeño de la estación de transferencia.</li> <li>• Aprobar los informes mensuales de operación.</li> <li>• Aprobar los informes del sistema de control de costos.</li> <li>• Decidir sobre problemas administrativos y disciplinarios.</li> </ul>

## EQUIPO PARA RECOLECCION Y TRANSFERENCIA

### Introduccion.

Tomando en cuenta que la selección del equipo de recolección y transporte es uno de los puntos más importantes en el diseño del sistema, se debe hacer mención que la problemática no sólo radica en seleccionar indiscriminadamente el chasis y carrocería adecuados al método de recolección por instrumentar, ya que el problema tiene un trasfondo tecnológico y social que muchas veces no es considerado en su justa dimensión; dicho trasfondo se debe al hecho de que la mayoría de los vehículos convencionales diseñados para la recolección y transporte de la basura, han sido fabricados para condiciones tecnológicas y sociales prevalecientes en países desarrollados. En estos países con mayor grado de desarrollo, se tiene abundancia de capital con intereses más bajos, lo contrario de lo que sucede en países en desarrollo como es el caso de México; de lo anterior puede desprenderse que los países desarrollados deben tender a contar con métodos y sistemas con altas inversiones y poco uso de mano de obra, mientras que los países menos desarrollados deberían tender a usar equipos y métodos no convencionales que con menos inversión, hagan un uso extensivo de la mano de obra.

Lo anterior no sólo se justifica desde el punto de vista estrictamente de costos, sino que ya intervienen consideraciones macroeconómicas como son la salida de divisas por concepto de importación de maquinaria, el desarrollo de la industria nacional y el proporcionar trabajo a los desempleados, aliviando así presiones sociales internas. El problema consiste en decidir cual es la tecnología apropiada para una cierta región o ciudad.

Así mismo, es claro el hecho de que se requiere de técnicas claras y precisas que nos ayuden a realizar una adecuada selección vehicular, así como una detallada revisión de sus elementos mecánicos más importantes. Considerando siempre las características propias de cada lugar (topografía, clima, urbanización, cantidad y tipo de los desechos, etc.).

### **7.1 Equipos de Recolección y Transporte Primario.**

Con respecto a los equipos de recolección y transporte primario, es importante indicar la conveniencia de emplear siempre que sea factible, vehículos con carrocerías de adecuada capacidad, provistos de compactadores para abatir los costos de recolección. Las carrocerías de volteo, aunque son preferidas por localidades con cierta tendencia rural, debido a su versatilidad y menor costo, no son adecuadas para la recolección y transporte de basura doméstica desde el punto de vista de salud pública, debido principalmente a que por el hecho de ser descubiertas y carentes de sello hermético en el fondo, propician el esparcido de residuos y líquidos contenidos en la misma basura, a lo largo de sus recorridos dentro y fuera de sus rutas de operación.

En términos generales, se puede decir que existen carrocerías de carga lateral, trasera y frontal, estos últimos se usan principalmente para la carga mecánica de contenedores, mediante un dispositivo consistente en un par de brazos, que ensamblan con el contenedor, elevándolo y vaciándolo por la parte superior de la caja compactadora.

Los vehículos dotados de carrocería de carga trasera de dos ejes, son muy eficiente, pues la recolección se efectúa en forma más cómoda y menos fatigosa para el personal operativo debido a su altura de carga no mayor de 1.20 m; además, permiten por lo general prescindir de un operario, y así reducir la tripulación del vehículo y los costos de operación.

Ahora bien, debe dejarse bien asentado que no siempre es adecuado el uso de vehículos especializados para la recolección de los residuos sólidos, ya que no en todos los casos la traza urbana brinda las facilidades de acceso, utilización y máximo aprovechamiento de tales vehículos. En muchos casos la utilización de unidades de las consideradas como no convencionales, pueden dar los mismos resultados que con el uso de unidades recolectoras

especializadas. Al respecto, debe entenderse como unidad no convencional de recolección, todo aquel vehículo utilizado para la prestación de este servicio. De esta manera, desde un carretón movido por una cuadrilla de peones hasta un vehículo tipo volteo, pueden constituir una unidad de recolección no convencional. Normalmente, este tipo de unidades se utilizan en zonas de difícil acceso.

Por otro lado, se tiene que al vehículo especializado para la prestación del servicio de recolección de residuo sólidos, puede tecnificarse aun más, si se le adaptan mecanismos para el uso de contenedores.

Con base en lo anterior, los equipos de recolección pueden ser clasificados de acuerdo con el siguiente criterio:

- Equipos recolectores de alta especialización o tecnificación.

Son aquellos que por adaptación o por diseño original, están capacitados para realizar maniobras de carga y descarga de contenedores.

- Equipos especializados.

Son aquellos que están diseñados para la prestación del servicio de recolección de residuos sólidos con cierta comodidad, como lo son los vehículos compactadores de carga trasera y lateral; y algunos otros de carga lateral sin mecanismos de compactación pero con placa empujadora de basura.

- Equipos no convencionales.

Será cualquier vehículo utilizado para la prestación del servicio en cuestión que no presente las características mencionadas para los equipos especializados y de alta tecnificación.

Atendiendo a la clasificación antes descrita se presenta una descripción de los equipos de recolección de residuos sólidos comúnmente usados en el medio mexicano.

### 7.1.1 Equipos de Recolección Altamente Especializados.

Estos equipos están diseñados para atender la demanda del servicio, exclusivamente a través de la utilización de contenedores. Son equipos altamente tecnificados donde la variante radica casi exclusivamente en cuanto al mecanismo empleado para la carga y descarga de contenedores, cuya capacidad normalmente es muy alta. (De 6 m<sup>3</sup> hasta 24 m<sup>3</sup>).

Cuando se usan adecuadamente, su eficiencia de recolección es muy alta. Estos sistemas no son recomendables para la recolección domiciliaria con métodos tradicionales, solo cuando se cuenta con un acceso adecuado y/o en zonas de gran generación. Su utilización también es recomendable en mercados, hospitales, tiendas de autoservicio, multifamiliares de gran tamaño, industrias, etc. La diferencia básica con respecto a los vehículos compactadores de carga trasera, lateral o frontal con mecanismo para contenedores, radica en el tamaño de los contenedores por atender, ya que normalmente un sistema como los indicados, maneja contenedores de 2 a 5 veces más grandes que los que pueden atender vehículos con mecanismo de contenedores adaptado; amén de que estos últimos después de atender al contenedor lo dejan nuevamente en su sitio, mientras que los equipos altamente especializados sustituyen un contenedor lleno por uno vacío y limpio.

### 7.1.2 Equipos Especializados.

*Vehículos compactadores con mecanismo de carga trasera, frontal.*

Estos vehículos son generalmente de 12 a 30 m<sup>3</sup> de capacidad volumétrica con mecanismo de carga y descarga de contenedores, cuya capacidad varía desde uno hasta seis m<sup>3</sup>, según la potencia de dicho mecanismo. Su eficiencia de recolección es muy alta cuando se usa adecuadamente, por lo que no debe ser utilizado en la recolección domiciliaria con los métodos tradicionales de esquina, acera o de llevar y traer. Su principal uso es para la recolección de residuos sólidos en centros de gran generación como mercados, multifamiliares, unidades habitacionales y supermercados, etc.

*Vehículos compactadores de carga lateral.*

Pueden ser de caja cuadrada o cilíndrica con mecanismo de compactación. La carga de basura se hace lateralmente. Su capacidad de carga varía normalmente de 10 a 16 m<sup>3</sup>, pudiendo en algunos casos ser más elevada. Su principal ventaja es que cuenta con un mecanismo sencillo de compactación, amén de que se le puede adaptar un mecanismo para la carga y descarga de contenedores.

Su principal desventaja es que la altura de carga y su diseño obligan a que un empleado viaje dentro de la caja para recibir la basura, por lo que la compactación no se hace con la regularidad debida.

*Vehículo compactador de carga trasera.*

En este tipo de vehículos la carga de basura se hace a través de una tolva que se encuentra ubicada en la parte posterior de la carrocería, son de 10 a 20 m<sup>3</sup> de capacidad, con equipo opcional para carga de contenedores. Sus principales ventajas son que la altura de carga es baja, que los operarios no tienen acceso a la basura para "pepenarla" una vez que el mecanismo compactador de carga se ha hecho funcionar, y que puede atender contenedores pequeños en su ruta de recolección.

*Vehículos sin mecanismo de compactación de carga lateral o trasera.*

La utilización de este tipo de vehículos cada día se hace más frecuente por los altos costos de inversión y mantenimiento del equipo especializado. Su capacidad normalmente varía de 8 a 16 m<sup>3</sup> de capacidad. La carga de basura se hace en la mayoría de los casos en forma lateral, aunque para ciertas cajas es mejor hacerlo por la parte trasera. Su diferencia con respecto a los vehículos con mecanismos de compactación, radica básicamente en la carencia justamente de tales mecanismos.

El bajo costo de inversión y los reducidos requerimientos económicos y de mano de obra especializada para su mantenimiento, son sus principales ventajas. Su principal desventaja es la disminución en cuanto al tonelaje de basura que puede transportar, ya que

por la falta de mecanismo de compactación, el peso volumétrico alcanzado dentro de la carrocería por los residuos, difícilmente rebasa los 350 Kg/m<sup>3</sup>. No es recomendable adoptar a este tipo de vehículos mecanismos para la carga y descarga de contenedores, por la falta de dicho mecanismo de compactación.

### 7.1.3 Equipos no Convencionales.

#### *Vehículos de volteo y de redilas.*

Estos vehículos ocasionalmente se emplean para cumplir con el servicio de recolección de basura, a falta de equipos más tecnificados o debido a que se adaptan más las características de la localidad por servir y al tipo de actividades y servicios que en general se brinda a la comunidad.

Su capacidad puede variar desde 6 hasta 12 m<sup>3</sup>, aunque los más usuales son de 7 y 8 m<sup>3</sup>. Se estima que un vehículo de 6 m<sup>3</sup> de capacidad, puede atender hasta 6 000 hab/día en promedio, sobre todo en localidades eminentemente rurales. Su principal desventaja, es la elevada la altura de carga, lo que obliga a contar con un empleado adicional que viaje dentro de la caja para ayudar a cumplir con la función de carga de residuos.

#### *Vehículos tipo volteo de gran capacidad.*

Estos vehículos con mecanismos de descarga tipo volteo, cuentan en la mayoría de los casos con puertas laterales para facilitar la carga dentro de la carrocería del vehículo así como con extensiones para alimentar su capacidad volumétrica y aprovechar la gran capacidad de soporte de carga del chasis. Las principales ventajas son: su bajo costo comparado con un camión más tecnificado, que la descarga por volteo en ocasiones es mucho más rápida que cuando se tienen cajas fijas. Las desventajas obvias son las siguientes: la altura de carga es muy elevada, el acomodo de la basura dentro de la caja es manual, se requiere de un empleado adicional en la cuadrilla de trabajo. Así mismo, al adicionarle a la caja volumen hacia arriba, se eleva el centro de gravedad por encima de las especificaciones de diseño.

### *Tractor Agrícola y Remolque*

Tractor agrícola con cargador frontal y remolque de 6 m<sup>3</sup>.

En pequeñas localidades el tractor puede servir como recolector y al mismo tiempo como una máquina que en el relleno sanitario realice las principales tareas de acomodar la basura y cubrirla, ya que la única función que no puede cumplir es la de excavar. El remolque tiene un sistema de volteo hidráulico.

## **7.2 Equipos de Compactación.**

Los residuos sólidos municipales presentan un gran contenido de humedad debido principalmente a un alto porcentaje de materia orgánica, por lo que difícilmente puede compactarse a menos de la mitad de su volumen suelto, siendo recomendables los vehículos con carrocerías de gran capacidad provistos de compactadores, que pueden ser descargados mecánicamente para ahorrar tiempo y esfuerzo humano, abatiendo los costos de recolección.

Este vehículo mediante la compresión mecánica, incrementa la rapidez de vaciado de la basura, aumentando su capacidad, la cual varía de 7 a 11 m<sup>3</sup>. Otras de sus ventajas serían además del aspecto estético, la altura baja de las bocas de carga y el aumento de la densidad de basura por compactación, lo que exige que el chasis del camión sea más resistente para soportar la basura y el peso del mecanismo de compactación. Los equipos compactadores son de diseños muy variados, distinguiéndose varias características:

- Sistema de compactación.
- Lugar de carguío.
- Forma de carguío.
- Método de vaciado.

### 7.2.1 Sistemas de Compactación.

Estos camiones cuentan con diferentes tipos de cajas, pudiendo ser:

#### *Cajas Rotativas.*

Estas cajas tienen forma tronco-cónica y en su interior llevan una pestaña helicoidal. Su rotación continua hace que las partes más duras de la basura trituren las más blandas. De esta manera la pestaña helicoidal va empujando los residuos hacia el interior lo que hace que se compacten aproximadamente a la mitad de su volumen. Presentando las siguientes ventajas y desventajas

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Son equipos sencillos y eficientes.	La operación demora hasta 5 minutos
Se reparan fácilmente.	El ruido que se produce al comenzar a llenarse
La carga puede hacerse por atrás manualmente o con elevadores mecánicos de contenedores.	Tienen un alto costo de adquisición.
Se vacían haciendo girar la caja al revés	Tienen un alto costo de mantenimiento.

Otro sistema semejante tiene un pistón en la cola del camión que empuja la placa hacia el lado de la cabina. La altura de carguío es menor y se hace por atrás, pero como el mecanismo de la placa queda a poca distancia del pavimento en las calles con baches puede golpear contra el suelo y dañarse.

Estos vehículos tienen poca compactación, existiendo la posibilidad de volcamiento del vehículo, debido a que al descargar hay desplazamiento del centro de gravedad, ya que se hace levantando el sistema de prensado y volteando la caja hacia atrás. Una forma de evitar esta desventaja es cargando la basura por una abertura en el techo de la caja. Delante del camión va un contenedor, que se levanta por sobre la cabina (mediante dos brazos

hidráulicos) vaciándose en la abertura del techo y en el interior de la caja, una placa compacta la basura contra la puerta trasera. En el contenedor delantero se pueden vaciar los receptáculos individuales, estos equipos son caros, por lo que se recomiendan casi exclusivamente para vaciar contenedores estacionarios de gran tamaño.

El sistema típico que funciona con una sola placa, tiene una tolva trasera de fondo curvo, donde se deposita la basura y la placa gira barriendo el fondo de la tolva y empujando la basura al interior de la caja a través de una pequeña abertura, por donde se compacta. Debido a lo pequeño de la misma son muy pocos los residuos que se devuelven al retroceder la placa para inicio de un nuevo ciclo. Su altura de carga es reducida, por lo que sólo se consigue un mediano grado de compactación. Para el vaciado del camión se levanta el sistema de compactación (tail-gate) y otra placa (eyectora), que se encuentra ubicada en el interior de la caja, empuja los residuos hacia afuera, evitándose la posibilidad de riesgo por volcamiento. El costo de estos equipos es de los más altos en el mercado.

#### *Cajas con placas múltiples.*

Estas cajas tienen una tolva trasera con fondo curvo, donde se vacia la basura y una placa que gira barriendo el fondo y empujando los desperdicios hacia el interior de la caja. Una segunda placa abre la abertura para que la basura se introduzca en la caja. Cuando la placa rotatoria la sobrepasa, la segunda placa se cierra compactando los desechos e impidiendo que se devuelvan. La tercera placa es la eyectora, que cuando el camión comienza a llenarse se coloca cerca de la cola, reduciendo el volumen de la caja. Lo que permite que desde el comienzo la basura se vaya compactando. Conforme el camión se va llenando, la basura va empujando la placa eyectora hacia la cabina, venciendo la fuerza hidráulica de su pistón. Estos vehículos alcanzan un alto grado de compactación. La descarga se hace levantando el tail-gate y haciendo funcionar la placa eyectora hacia atrás. El costo de estos equipos resulta más alto que el de placas simples.

### 7.2.2 Lugar de Carga.

*Trasero:*

Este es el más recomendable, sobre todo para recoger simultáneamente la basura de los dos lados de la calle.

*Lateral:*

Se puede emplear sólo cuando se trabaja por un lado de la calle.

*Delantero:*

Se prefiere cuando hay que levantar contenedores de gran tamaño.

### 7.2.3 Forma de Carga.

*Receptáculos individuales, Carga manual:*

Todos los equipos permiten esta forma de carga pero, para que este sistema tenga un costo razonable, la altura de carga no debe exceder nunca de 0.8 a 0.9 m. sobre el suelo. Además, la boca de admisión debe permitir que trabajen 2 o 3 hombres simultáneamente.

*Receptáculos individuales, carga mecánica:*

Reduce el esfuerzo humano pero no siempre justifica el costo adicional de este mecanismo. Sólo lo traen cajas con altura de carga muy alta.

*Contenedores:*

Es difícil que todos los residuos estén en contenedores, por lo que sólo se agrega a algunos camiones el equipo para levantarlos. Además no a todos los sistemas de compactación se pueden agregar equipos para levantar contenedores.

#### 7.2.4 Método de Vaciado.

*Por volteo de la caja:*

Es peligroso porque por el desplazamiento del centro de gravedad, puede volcarse el camión, sobre todo si el terreno en el punto de disposición está suelto o desnivelado.

*Por placa eyectora:*

Es ligeramente más caro, pero proporciona seguridad.

*Por inversión de la rotación de la caja:*

Resulta muy lento.

#### 7.3 Tamaño de los Equipos.

El tamaño de las cajas compactadoras varía entre 5 y 20 m<sup>3</sup>, pudiendo transportar entre 3 y 11 toneladas de basura. La elección de la capacidad del vehículo siempre debe hacerse considerando: El ancho de las calles, radios de giro en las curvas e intensidad del tránsito, factores que a menudo exigen el uso de vehículos de poca capacidad. Es importante señalar que la elección del camión requerido debe ser el que este acorde a cada tamaño de caja. Por otra parte si el peso del camión más la caja y más la basura es muy grande, esto hará necesario adquirir camiones de mucha capacidad y por lo tanto el costo es más alto.

*Carga Máxima:*

A menudo se reglamenta la carga máxima por eje de 10 ó 12 toneladas. Por esto si el peso total es muy grande, pueden requerirse camiones con doble eje trasero, encareciéndose el equipo y la operación, necesitando de 4 neumáticos adicionales, aumentando su desgaste por roce con el pavimento, ya que estos vehículos están diseñados para transitar en carreteras y no dentro de la ciudad.

*Costos:*

Es preciso comparar los costos finales, es decir los de inversión inicial mas los de operación y consumos, de los diferentes vehiculos, preseleccionados con o sin equipo de compactación, para elegir lo más conveniente.

*Cargas:*

Es importante calcular las cargas que resultan en los ejes traseros y delantero para cada combinación de camión de caja, a fin de no sobrepasar sus capacidades e exigir esfuerzos. Es común que el eje trasero reciba mucha más carga cuando se usan equipos compactadores que cuando se colocan en el camión cajas sin equipo de compactación. Pudiendo dañarse los resortes, el eje y la transmisión. Además con poca carga en el eje delantero, la conducción del vehículo se hace difícil.

#### **7.4 Costo del equipo de recolección.**

El costo de operación de la recolección debe incluir los gastos fijos y de mantenimiento de los vehículos de recolección. Existiendo varios métodos para calcular el costo de operación, el más común consiste en determinar el costo anual de operación y dividirlo por las toneladas de basura recolectada anualmente.

Al emplear este método requiere de determinar:

- Tipo, número y costo del equipo de recolección (estimando su depreciación).

- Costo de la operación y mantenimiento de los vehículos.
- Número de toneladas recolectadas anualmente.

Es conveniente, con la finalidad de hacer comparaciones, evaluar el costo de operación para diferentes tipos de vehículos, y de esta manera establecer el más conveniente. En el caso de los países menos desarrollados como México, la tendencia ha sido usar equipos y métodos, que con menor inversión hagan uso mayormente de la mano de obra existente, creando una fuente de trabajo a los desocupados.

## **7.5 Metodología para Seleccionar Vehículos de Recolección.**

Se presenta en forma resumida una metodología que permite en principio, mediante análisis de descargas sobre los ejes vehiculares, elegir la combinación chasis-cabina más adecuada para el trabajo por realizar; para después llevar a cabo la revisión mecánica del vehículo, mediante la aplicación de ciertos principios de la física.

### **7.5.1 Selección Vehicular.**

Consiste en realizar un análisis de descargas vehiculares de las diferentes combinaciones chasis-carrocería que ofrezca el mercado nacional para contar con el tipo de vehículo requerido para efectuar la recolección de la basura, según sea el método elegido para tal fin. Para efectuar este análisis se debe considerar que el peso de la unidad se trasmite al piso a través de los ejes de la misma. Así mismo, es necesario contar con el peso de la carrocería y del chasis, para determinar el tonelaje que puede transportar la unidad sin exceder la capacidad de carga de sus elementos mecánicos ni los esfuerzos que deben ser transmitidos a la carpeta de rodamiento. Lo más importante de éste análisis, consiste en determinar los centros de gravedad de la carrocería para las condiciones de carga nula y carga última, para después distribuir las descargas a cada uno de los ejes del vehículo. Se supone que en el centro de gravedad se estará ejerciendo el peso de la unidad con o sin basura, según sea el caso.

### 7.5.2 Revisión Vehicular.

#### *Revisión del motor.*

El elemento fundamental del vehículo es el motor, a través del cual la energía térmica se transforma en energía mecánica, para que mediante un sistema de transmisión en la zona de contacto de las llantas con el pavimento del vehículo se ponga en movimiento. Por otro lado, el tamaño de la máquina y su potencia, son función del peso bruto total, del área frontal, del tipo de superficie de rodamiento, de la pendiente a vencer y de la velocidad de tránsito. Considerando los factores antes descritos se ha encontrado la siguiente fórmula empírica para calcular la potencia del motor.

$$P = 1.013 \times \left( 0.0037 \times V \times (aWpW + 0.0047 \times S \times V^2) \right) \dots\dots (16)$$

Donde:

P = Potencia requerida en HP.

V = Velocidad del vehículo en Km/hr.

a = coeficiente adimensional que es función del tipo de pavimento donde se transite

W = Peso bruto total que incluye peso propio más carga de basura.

p = Pendiente de la calle o carretera esperada en %.

S = Superficie frontal expuesta en m<sup>2</sup>.

#### *Revisión de la capacidad de los muelles.*

La función de los muelles, es soportar las cargas aplicadas a los ejes a la vez de amortiguar el efecto de los choques de las llantas con baches, topes, etc. Sin la adecuada capacidad de los muelles, las llantas y elchasis se arruinan en corto tiempo.

La revisión se efectúa, restando a la capacidad de la descarga en el eje considerado, el peso de los propios muelles, ejes y ruedas y dividiendo este resultado entre dos.

*Revisión de la capacidad de los ejes.*

Los ejes sirven para soportar las descargas vehiculares y transmitir las a la carpeta de rodamiento.

La revisión se efectúa, restando a la capacidad de la descarga en el eje considerado, el peso propio del mismo eje y las ruedas.

*Revisión del bastidor.*

La resistencia de un bastidor depende de las dimensiones, material y forma del mismo. Se expresa en términos de la resistencia al momento flexionante, ó sea a la cantidad de flexión que el bastidor puede resistir con seguridad sin causarle deformación permanente.

El momento flexionante resistente se calcula según:

$$M = S \times F \dots\dots\dots (17)$$

donde:

F = Esfuerzo máximo de trabajo del material del bastidor en Kg/cm<sup>2</sup>.

S = Módulo de sección en cm<sup>3</sup>.

El bastidor puede revisarse como una viga doblemente apoyada con un voladizo y carga uniformemente repartida.

*Revisión de las llantas.*

Las características de las llantas y su presión de inflado deben apegarse a lo recomendado por el fabricante para el peso bruto vehicular.

Las llantas sufren más daño, la mayoría de las veces, debido a un mal manejo que por malas condiciones del camino. Por lo anterior se considera pertinente incluir aquí, algunas reglas que el conductor debe guardar para una mayor vida de las llantas:

- Evitar altas velocidades sobre caminos de terracería con baches, cuando se transita al sitio de disposición final.
- Evitar subirse sobre las banquetas, tratando de hacer más cortas las vueltas.
- Evitar el uso inapropiado y brusco de los frenos.
- Evitar transitar sobre el borde de la carpeta asfáltica en el acotamiento con una sola llanta de las dobles del eje trasero.
- Evitar acelerar y desembragar rápidamente de manera que las llantas resbalen sobre el pavimento al empesar a rodar.
- Evitar una distribución impropia o desbalanceada de la carga de residuos sólidos.

#### *Revisión de dimensiones.*

Como ejemplo pondremos el caso particular de la Ciudad de México, en donde el Departamento del Distrito Federal, dictó normas que determinan las dimensiones máximas que deben tener los vehículos, en su longitud (12.00 m), altura (4.0 m) y anchura (2.60 m); mismas que no deben ser excedidas. Entonces la revisión de la combinación chasis-caja, debe incluir la verificación de las dimensiones antes indicadas.

#### 7.5.3 Selección de los ejes.

Para una correcta selección de ejes, es importante considerar la carga que actúa sobre el eje, la cuál es función del peso propio del chasis, el peso de la carrocería de la recolección y el peso de la basura. Los ejes trasero y delantero deberán seleccionarse con base en la distribución del peso de las cargas sobre cada uno y en función de la carga.

*Cálculo de la carga por eje.*

En cada caso debe determinarse el peso específico de la basura suelta. Una tolerancia de 15% en la capacidad de carga de los ejes es aceptable porque estos generalmente se fabrican sobredimensionados y por la baja velocidad a que se desplazan los camiones recolectores de basura, pero no en la capacidad de carga de los resortes. Para la elección definitiva del tamaño de las cajas, se deberán considerar las diferentes características de los sectores de la ciudad, o cuando en algunos vehículos se van a usar contenedores de gran tamaño, pueden usarse distintos camiones recolectores. Siendo recomendable usar de una misma marca por facilidades de intercambiar equipos de una ruta a otra y de mantenimiento mecánico.

7.5.4 Elección del tipo de motor.

Para esta selección es importante considerar las ventajas y desventajas que presentan los motores de combustión de gasolina y los de diesel.

## SEDESOL

GASOLINA	DIESEL
Bajo costo de adquisición.	Alto costo de adquisición.
Alto consumo de combustible.	Bajo consumo de combustible.
Alto costo por litro de combustible.	Bajo costo por litro de combustible.
El sistema de encendido eléctrico requiere mantenimiento.	El sistema de encendido por compresión está libre de mantenimiento eléctrico.
El clima tropical influye para una operación defectuosa.	El clima tropical influye para una operación correcta.
Las reparaciones mayores ocurren entre rangos bajos de kilometraje.	Las reparaciones mayores ocurren entre rangos altos de kilometraje.
Bajo costo de refacciones en la reparación mayor.	Alto costo de refacciones en la reparación mayor.
Máquina más flexible para alcanzar mayores velocidades.	Máquina menos flexible para alcanzar mayores velocidades.
Un par motor bajo que requiere componentes de menor capacidad, para transmitir potencias al eje trasero.	Un par motor alto que requiere piezas resistentes para transmitir potencias al eje trasero.
Bajo motor de arranque que obliga a menos capacidad de batería.	Alto par motor de arranque que requiere mayor capacidad de batería.
Buenas características de arranque en frío.	El arranque de la máquina en ambientes de baja temperatura generalmente requiere de ayuda por calentamiento.
Las bujías requieren reemplazo regular.	No hay bujías.
Los mecanismos encargados del mantenimiento son menos especializados.	Los mecanismos encargados del mantenimiento son más especializados.
El equipo requerido para el mantenimiento de carburador y encendido eléctrico es menos complejo y caro.	El equipo requerido para el mantenimiento del sistema de inyección de combustible es más complejo y caro.

#### 7.5.5 Selección del chasis.

Para la selección del chasis debe hacerse un buen cálculo de las descargas que se transmiten a cada eje, considerando el peso propio del chasis, el peso de la caja y el peso de los residuos sólidos, comparandolas con las descargas permitidas por la S.C.T. Descarga del eje trasero < 9000 Kg.

Estas normas limitan la distancia entre ejes y las cargas máximas que pueden descargarse sobre cada eje.

#### 7.6 Tipos de Vehículos de Transferencia.

Los residuos municipales se recolectan tradicionalmente en vehículos distribuidos para tal fin. Sin embargo, ya llenos pueden ir al sitio de disposición final o pasan por una fase media de transferencia de donde son trasladados en contenedores de grandes capacidades al lugar donde se lleva a cabo la disposición final. La transferencia se hace con el fin de transportar una mayor cantidad de residuos, disminuyendo los costos de transporte e incrementando la cobertura del servicio de recolección con el mismo número de vehículos, disminuyendo el deterioro de los mismos por recorridos largos a los sitios de disposición final.

En general la maquinaria de transporte la componen unidades de contenedor, los sistemas autocargantes, chasis y camiones de transporte.

Los equipos de transferencia se clasifican generalmente en: rodoviarios, acuáticos y ferroviarios. Con sus diferentes tipos de camiones, barcas y vagones, siendo los primeros los que más se utilizan en América Latina.

##### 7.6.1 Equipos Rodoviarios.

Estos camiones cuentan con carrocería de gran capacidad (30 a 75 m<sup>3</sup>) y se clasifican en camiones de:

- Carrocería abierta.

- Carrocería cerrada.
- "Roll-on, Roll-off"

*Camiones de carrocería abierta.*

Estos camiones reciben la carga por arriba y la descargan por diferentes métodos. El más utilizado es el de volquete por equipo hidráulico, cabe señalar que también se están utilizando otros sistemas que requieren un fondo móvil.

En algunas situaciones se usan camiones con carrocería fija y la descarga se hace por cables que se colocan cruzados dentro de la caja, antes de cargar la basura. Estos cables son jalados por equipos de oruga en los rellenos sanitarios que sostienen y tiran de sus extremidades. Una solución más sofisticada es el empleo de equipos sobre orugas que elevan los camiones hasta un ángulo que provoca la descarga de basura.

Los camiones de carrocería abierta se presentan en diversos tamaños. Los más utilizados son del tipo trailer (semi-remolque) con cajas de hasta 75m<sup>3</sup> y capacidad de transporte de 30 toneladas de residuos.

Los camiones abiertos están dotados de aparatos para cerrar la parte superior a fin de impedir la dispersión de residuos por la calle durante el desplazamiento del vehículo. Estos aparatos pueden ser cuadros de tela de alambre accionados manual o hidráulicamente, o toldos de lona.

*Camiones de carrocería cerrada.*

Generalmente estos camiones son utilizados en estaciones dotadas de equipos compactadores que colocan la basura por la puerta trasera del vehículo. Son del tipo trailer acoplado y tienen una capacidad máxima de 50m<sup>3</sup> y transportan hasta 30 toneladas de basura compactada.

En la mayor parte de los casos la descarga se hace mediante un placa de eyección impulsada por un cilindro hidráulico telescópico. El accionamiento de este cilindro puede ser por medio del motor del camión tractor o de un motor auxiliar.

Algunos camiones tienen carrocería cilíndrica, pero la mayoría tienen forma de paralelogramo.

En el cuadro siguiente se señalan algunas ventajas y desventajas de los vehículos descritos:

TIPO DE VEHICULO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Camiones de carrocería abierta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* simplicidad de su construcción y mantenimiento.</li> <li>* Mayor relación carga-hora.</li> <li>* Menor costo de inversión para la misma capacidad de carga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Posibilidad de esparcimiento de basura en la calle si el equipo cobertor no tiene un buen mantenimiento.</li> <li>* Operación de descarga lenta.</li> </ul>
Camiones de carrocería cerrada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mejor garantía en el transporte de la basura.</li> <li>* Descarga rápida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Costos de inversión y mantenimiento altos.</li> </ul>

*Camiones tipo "roll on, roll off".*

Son contenedores tirados por camiones con estructuras inclinables y un gancho que permite cargar el contenedor sobre la estructura. Estas cajs pueden ser abiertas para cargar por arriba, o cerradas y acopladas a compactadores estacionarios.

Estos camiones son poco utilizados en América Latina, su empleo se limita a pequeñas estaciones de transferencia donde se reciben residuos seleccionados como los de las fábricas, supermercados, hospitales y otros edificios donde se genera gran cantidad de residuos.

#### 7.6.2 Equipos acuáticos.

Usualmente consisten en barcazas que reciben los residuos de los equipos de transferencia y los trasladan a los sitios de disposición, ya sean plantas de tratamiento o rellenos sanitarios.

Las barcazas son impulsadas por remolcadores y tienen una capacidad de hasta 1,500m<sup>3</sup>.

Estos equipos se usan siempre que el transporte marítimo o hidroviario sea más económico que el rodoviario.

### 7.6.3 Equipos Ferroviarios.

Este equipo se usa en lugares donde existe red ferroviaria y los recorridos de transporte sean largos. Los vagones empleados son de diseño especial, con una gran capacidad volumétrica y dispositivos especiales para la descarga, sea tolva o volteo rotatorio.

## 7.7. Recomendaciones.

En nuestro país como en muchos otros, actualmente se tiende a efectuar la recolección ocasionando el mínimo de impacto ambiental, procurando siempre que los residuos se entreguen en recipientes perfectamente cerrados, evitando así los derrames en el momento de entrega a los vehículos recolectores.

Asimismo la selección del equipo adecuado constituye una parte estratégica para el logro de una mayor eficiencia en la recolección de residuos. Con la finalidad de realizar esta acertada selección de vehículos se sugiere que, antes de seleccionar el tipo de camión se soliciten propuestas públicas para decidir el que más convenga a la población, procurando mantener una sola marca en los equipos con la finalidad de facilitar el mantenimiento.

Para una buena selección del equipo debemos considerar los siguientes factores:

- Tamaño de la población (cantidad de residuos sólidos generados).
- Tipo de residuos a recolectar y transportar.
- Densidad del residuos (peso volumétrico).
- Método de recolección elegido.
- Trazo de la localidad.
- Vialidad de la localidad.
- Topografía de la localidad,
- Economía del Sistema.

Seleccionar también:

- Resistencia de chasis, bastidor y muelles.
- Potencia del motor.
- Cargas fijas del vehículo (adecuadas a la localidad).
- Tripulación de los vehículos recolectores.
- Su número dependerá del vehículo, método de recolección y carga de residuos sólidos.
- Mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos.
- Altura de carga.
- No se ha establecido la altura de carga más conveniente, sin embargo se recomienda de acuerdo a la experiencia que las alturas que varían de 1 a 1.40 m son satisfactorias, ya que se facilita el trabajo de carga, siendo lo suficientemente alta, para no reducir la capacidad del vehículo.