



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS**

**L**as autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

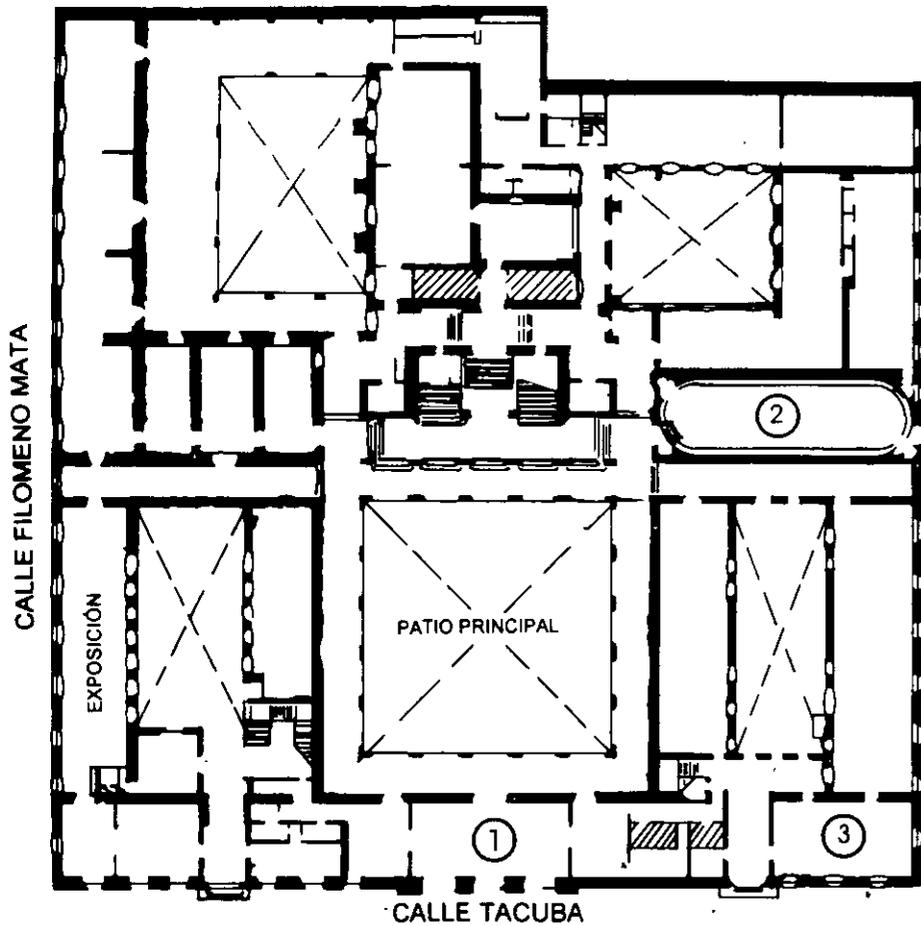
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

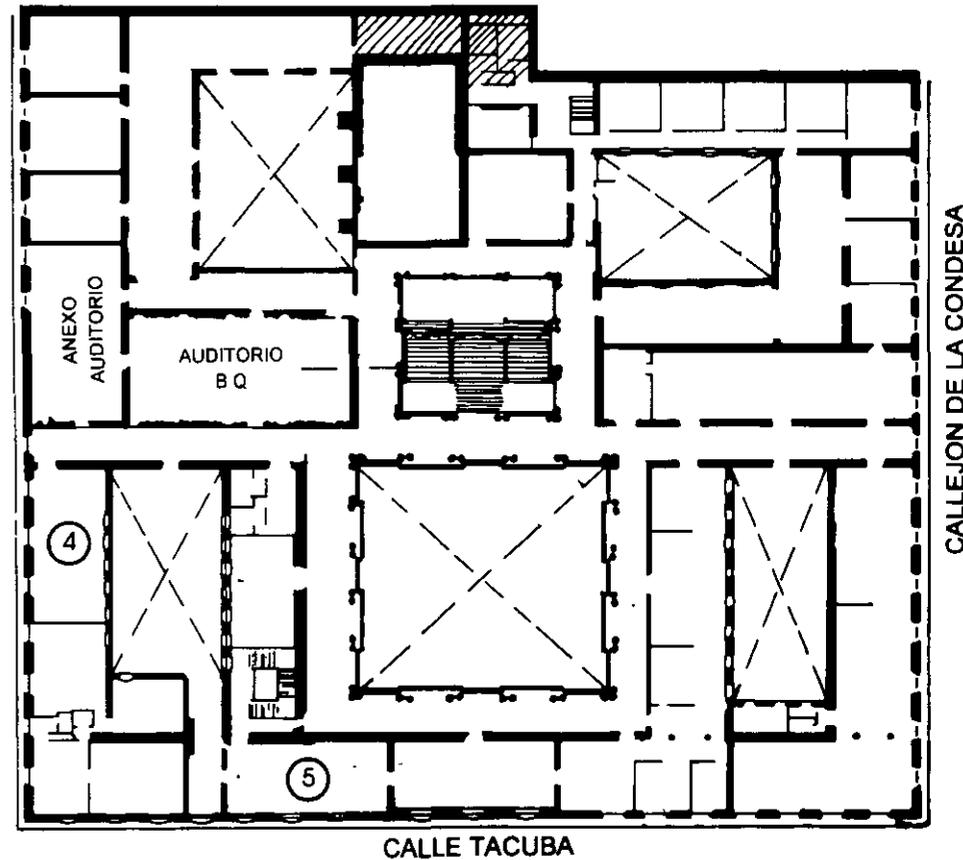
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente**  
**División de Educación Continua.**

# PALACIO DE MINERIA

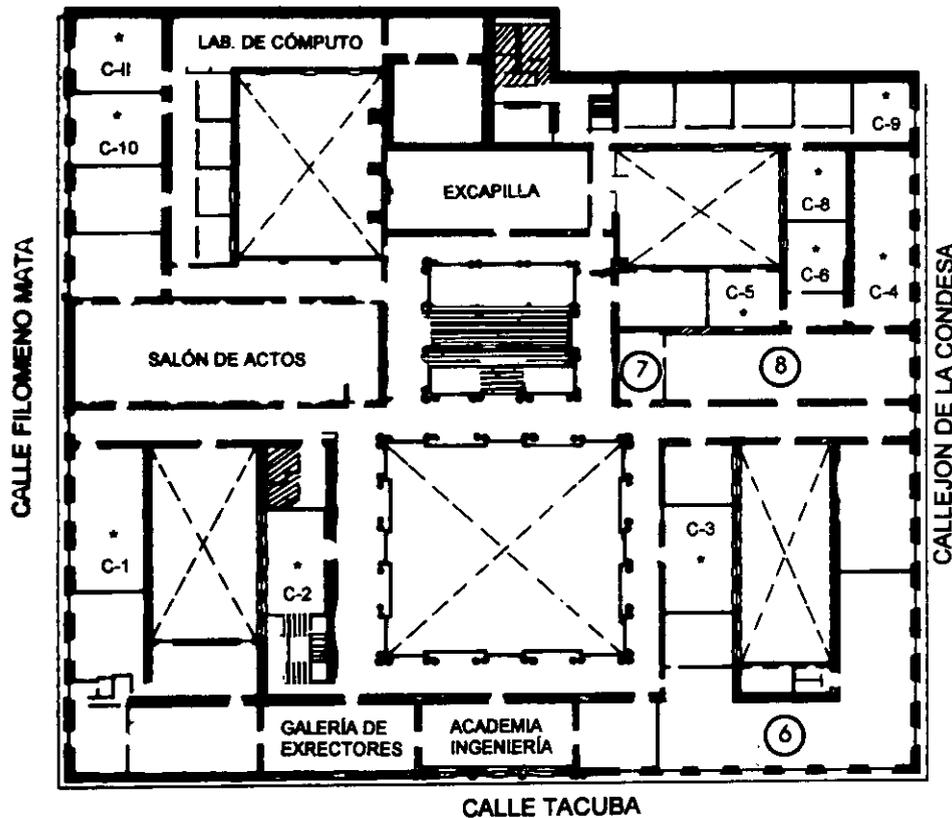


**PLANTA BAJA**



**MEZZANINNE**

# PALACIO DE MINERIA



## GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
  2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
  3. LIBRERÍA UNAM
  4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
  5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
  6. OFICINAS GENERALES
  7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
  8. SALA DE DESCANSO
- SANITARIOS
- \* AULAS

**1er. PISO**



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.  
CURSOS ABIERTOS

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA





AMCRESPAC

2001



## CURSO DE BARRIDO Y RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

### PROGRAMA DE TRABAJO

26 DE ABRIL DE 2001

HORA	TEMARIO	PONENTES
9:00 a 9:30	INAUGURACION	ING. ALFONSO CHAVEZ VASAVILBASO
9:50 a 11:30	BARRIDO MANUAL Y MECANICO TIPOS DE RECOLECCION RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON LA INADECUADA RECOLECCION	ING. DORAIDA RODRÍGUEZ SORDÍA
11:45 a 13:30	MODELOS DE PRIVATIZACION DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN AMERICA LATINA SALUD OCUPACIONAL	ING. DORAIDA RODRÍGUEZ SORDÍA
13:30 a 15:00	COMIDA (Tiempo libre)	
15:00 a 17:00	ESTACIONES DE TRANSFERENCIA	ING. HECTOR HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ
17:00 a 19:00	PARTICIPACION Y EDUCACION CIUDADANA	ING. HECTOR HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ



AMCRESPAC

**2001**



## **CURSO DE BARRIDO Y RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES**

### **PROGRAMA DE TRABAJO**

**27 DE ABRIL DE 2001**

<b>HORA</b>	<b>TEMARIO</b>	<b>PONENTES</b>
<b>9:00 a 10:15</b>	<b>INGENIERIA DE COSTOS</b>	<b>ING. RICARDO GARCIA SÁNCHEZ</b>
<b>10:30 a 11:45</b>	<b>EQUIPAMIENTO</b>	<b>ING. RICARDO GARCIA SÁNCHEZ</b>
<b>12:00 a 13:30</b>	<b>CONTROLES DE CALIDAD Y SEGURIDAD</b>	<b>ING. RICARDO GARCIA SÁNCHEZ</b>
<b>13:30 a 15:00</b>	<b>COMIDA</b>	
<b>15:00 a 16:45</b>	<b>ESTUDIO DE CASO</b>	<b>ING. RICARDO GARCIA SÁNCHEZ</b>
<b>18:00 a 19:00</b>	<b>TRABAJO DE APLICACIÓN</b>	<b>ING. RICARDO GARCIA SÁNCHEZ ING. DORAIDA RODRÍGUEZ SORDÍA</b>



AMCRESPAC

**2001**



## **CURSO DE BARRIDO Y RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES**

### **PROGRAMA DE TRABAJO**

**28 DE ABRIL DE 2001**

<b>HORA</b>	<b>TEMARIO</b>	<b>PONENTES</b>
9:00 a 10:00	ENTREGA DE RECONOCIMIENTOS	ING. DORAIDA RODRÍGUEZ SORDÍA ING. HECTOR HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ
10:00 a 10:30	CEREMONIA DE CLAUSURA	ING. DORAIDA RODRÍGUEZ SORDÍA ING. HECTOR HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ
11:00 a 14: 00	VISITA ESTACION DE TRANSFERENCIA (Tlalpan)	ING. DORAIDA RODRÍGUEZ SORDÍA ING. HECTOR HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

## **MODULO II: BARRIDO Y RECOLECCION DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

### **TEMA**

## **DECISIONES A TOMARSE EN LA LIMPIEZA DE VIAS Y AREAS PUBLICAS**

**EXPOSITOR: ING. DORAIDA RODRÍGUEZ SORDÍA  
PALACIO DE MINERIA  
ABRIL 2001**

Para mejorar el servicio de limpieza de vías y áreas públicas es necesario tomar una serie de decisiones entre las que podemos citar la de mantener limpias las calles y el método para lograrlo. Se debe decidir sobre las funciones de limpieza a ejecutar, los lugares donde se hará la limpieza así como la frecuencia y cobertura del servicio, el método de barrido a utilizarse, colaboración de otros sectores como apoyo a las decisiones tomadas y la decisión de financiación del servicio.

Compete a la autoridad de limpieza pública tomar estas decisiones, las mismas que deben estar basadas en fundamentos técnicos. De ahí la necesidad de contar en este sector con técnicos capacitados que recomienden acciones técnico-económicas en beneficio del servicio.

## 2.1 Método para obtener una ciudad limpia

2.1.1 La decisión de mantener una ciudad limpia debe venir acompañada de diversas medidas. En primer lugar es preciso que la recolección de basura se efectúe eficientemente. Sin embargo, también es indispensable que se dicten ordenanzas que definan claramente las obligaciones del público, las que deben ser conocidas por éste. Tales ordenanzas tienen que prohibir:

- a. Botar papeles, envases y basura de cualquier tipo en lugares públicos.
- b. Barrer el interior de las viviendas y locales comerciales hacia el exterior.
- c. Transportar materiales, y en especial tierra, de forma que vayan cayendo de los vehículos.
- d. Efectuar trabajos de mecánica, que no sean de emergencia y por desperfectos leves, en la vía pública, así como lavar vehículos en dichas vías.
- e. Quemar papeles, hojas o desperdicios en la vía pública o en lugares eriazos.
- f. Sacudir alfombras, ropas y toda clase de objetos en la vía pública, así como arrojar cualquier objeto o agua a la calzada.

2.1.2 Para que se pueda exigir el cumplimiento de estos dispositivos, se requiere instalar papeleros en las vías públicas, especialmente en los lugares en que circula gran cantidad de personas. Estos papeleros deben estar bien diseñados. En la figura 2.1 se muestra un papelerero utilizado en la ciudad de Lima (Perú) cuya capacidad

es de 20 litros. Nótese que la parte superior del papelerero remata en un panel cuya finalidad es la de colocar propaganda comercial que financie su costo. En general los papeleros deben 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 éste 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 tiene que ser resistentes para que golpes ocasionales no los doblen.
- g. El color debe 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 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.

2.1.3 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.

## 2.2 Funciones de limpieza por ejecutar

La segunda decisión a tomar es sobre las funciones de limpieza que se deben prestar y a quién compete esa responsabilidad.

2.2.1 El barrido de las vías de circulación, tanto de vehículos como de peatones, es la función básica. Hay que considerar que estas vías tienen normalmente tres superficies pavimentadas, es decir la calzada y dos aceras. Las aceras están un poco elevadas de la calzada y separadas de la misma por los bordes de la acera y por las cunetas (Figura 2.2)

La estructura de las vías públicas

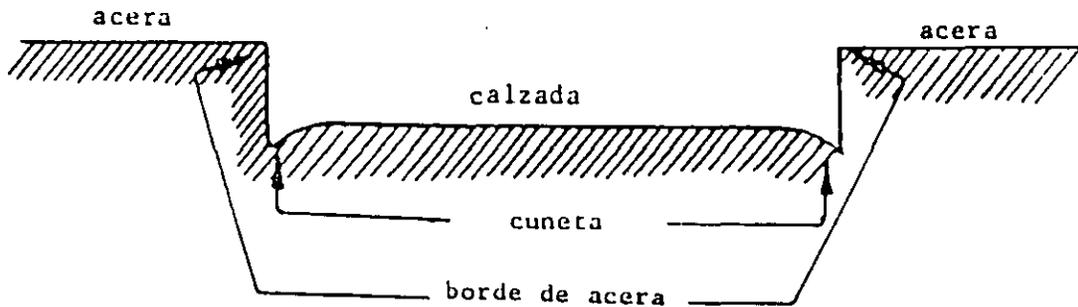


FIGURA 2.2

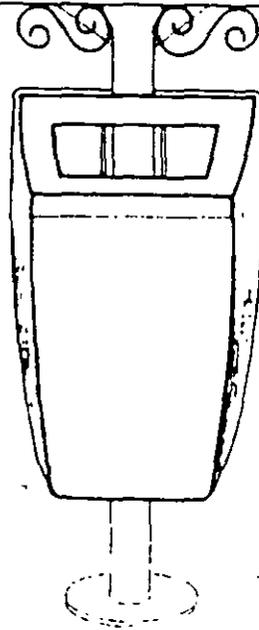
ESTRUCTURA DE VIAS PUBLICAS

- a. Es muy raro que se necesite barrer la superficie de la calzada, ya que toda la basura acumulada en ella es transportada y concentrada en las cunetas por los vientos producidos por los vehículos en movimiento.
- b. Es frecuente que las ordenanzas de aseo encarguen a los vecinos el barrido de las aceras frente a sus casas o locales comerciales, en cuyo caso la labor del servicio de limpieza pública se limita a exigir el cumplimiento de esta obligación, o en algunos casos de gran concurrencia de público, a complementar la limpieza. En otros casos el barrido de las aceras debe ser ejecutado por el mismo servicio de limpieza de vías. Una de las decisiones a tomarse es quién se encargará del barrido de las aceras.
- c. Las cunetas deben ser barridas por el servicio de limpieza de vías. Esta limpieza se debe ejecutar en toda su extensión y generalmente es necesario barrer hasta un ancho máximo de 0.60 m

2.2.2 Otra de las funciones importantes a ejecutarse es la de la limpieza de los mercados, ferias, playas y rivera de los ríos. Estos servicios deben ser prestados por el servicio de limpieza de vías. En cuanto a la limpieza de parques, éste servicio lo realiza el servicio de parques y jardines.

PAPELERA EN EL MERCADO DE  
LIMA

MANTENGA  
LA CIUDAD LIMPIA....  
CONSEJO PROVINCIAL DE LIMA



### 2.3 Lugares donde se hará limpieza

Otra de las decisiones a tomarse es sobre los lugares o sectores de la ciudad donde se hará el barrido de las calles, así como la frecuencia y cobertura de los servicios.

2.3.1 El sector comercial de una ciudad, indudablemente, tiene que ser barrido en su totalidad y la frecuencia dependerá de la cantidad de basura a retirar. Normalmente, no basta una limpieza diaria sino que el barrido debe repetirse varias veces durante el día, dependiendo también de la cantidad de personas que circularan. En algunas ciudades, en las calles principales del sector comercial, se asigna una cuadra a cada barredor, que tiene que estar limpiando en forma continua durante toda la jornada.

2.3.2 Los sectores residenciales e industriales también deben ser barridos en su totalidad pero, evidentemente, la frecuencia puede ser mucho más baja. En la tabla 2.1 se indica un ejemplo de frecuencia para diversas zonas de una ciudad aún cuando deba ajustarse según las condiciones de cada lugar, considerando en especial la cantidad de personas que transitan y sus hábitos de limpieza.

2.3.3 En general el barrido se ejecuta en las vías con pavimento pero es conveniente también limpiar las vías que carecen de él separando los elementos voluminosos, papeles y recogiendo los animales muertos.

TABLA 2.1

FRECUENCIA DE BARRIDO

Calles comerciales, zona central y mercado	5 veces/día
Calles principales, zona central	2 veces/día
Calles comerciales sub-urbanas	2 veces/día
Calles secundarias y zona central	1 vez/día
Calles principales sub-urbanas	1 vez/día
Calles residenciales, zona de bajos ingresos	3 veces/semana
Calles residenciales, zona de altos ingresos	1 vez/semana

Fuente: Management of Solid Wastes in Developing Countries, Frank Flintoff

## 2.4 Utilización del barrido mecánico

La cuarta decisión a tomarse es sobre el método del barrido. Para tomar esta decisión hay que tener presente las siguientes consideraciones:

2.4.1 El uso de la máquina barredora se supedita únicamente a vías pavimentadas y su uso es muy frecuente en países desarrollados donde es más barato y fácil adquirirlos y donde el costo de la mano de obra es muy cara y difícil de conseguir. Además, en estos países es muy fácil conseguir los repuestos adecuados y necesarios para lograr un mantenimiento eficiente.

2.4.2 En países en desarrollo, en cambio, solo se recomienda cuando hay que limpiar una gran longitud de calles en muy poco tiempo. Por ejemplo, el sector central de la ciudad a primeras horas de la mañana antes de la llegada del público y del estacionamiento de los vehículos en las calles. Igualmente, son eficaces para barrer avenidas de mucho tránsito y de gran longitud, pero siempre que se empleen antes de iniciarse el flujo intenso de vehículos.

2.4.3 Aún en estas condiciones, sobre todo en los sectores comerciales, el uso de las máquinas barredoras, tiene que complementarse con barrido manual para mantener la limpieza durante todo el día.

2.4.4 Además, podemos enumerar otros problemas para el uso de las barredoras que son:

- a. La dificultad para entrenar operarios. Estas máquinas necesitan una gran cantidad de ajustes para que efectivamente limpien, lo que requiere un entrenamiento muy intenso de sus operadores. Cuando éstos han sido adiestrados es frecuente que encuentren empleos mejores remunerados, a lo que contribuye el hecho de ser muy pesado el trabajo ya que estos equipos no pueden tener resortes, salvo en el asiento.
- b. No pueden trabajar en lugares donde hay muchos vehículos estacionados.
- c. Tampoco pueden hacerlo cuando existen muchos árboles bajos en la orilla de las veredas.
- d. Si el pavimento está en mal estado en el sector de las cunetas su eficiencia es muy baja.
- e. Si el tránsito es muy intenso, la máquina barredora lo entorpece por su gran tamaño.

- f. Las máquinas barredoras no pueden ir a descargar directamente a un relleno sanitario pues sólo es posible que transiten por vías pavimentadas por lo que se debe coordinar con los recolectores para su vaciado o de lo contrario disponer de algún lugar especial para esta labor.
- g. Hay que disponer de una cantidad importante de repuestos, pues su desgaste es bastante intenso.
- h. El mantenimiento mecánico tiene que ser muy cuidadoso, en especial el sistema de filtros, ya que estos equipos trabajan en un ambiente con mucho polvo.

#### 2.4.5 Algunos problemas se pueden resolver eligiendo las máquinas más adecuadas

- a. Las de triciclo tienen radio de giro muy pequeño, de modo que pueden resolver el problema de algunos pocos vehículos estacionados.
- b. Las de cuatro ruedas pueden avanzar a mayor velocidad en vías de mucho tránsito entorpecidiéndolo menos.
- c. Las con tolva de almacenamiento del material de barrido de 4 yd<sup>3</sup> reducen el problema de vaciado, siendo por lo tanto más recomendables que las de 3 yd<sup>3</sup> pero siempre deberán llevar mecanismo hidráulico para levantar la tolva y descargar sobre un camión.

#### 2.5 Coordinación multisectorial

La quinta decisión a tomarse es la de coordinar con otros sectores con la finalidad de mejorar la eficiencia del servicio.

2.5.1 Se debe coordinar con los sectores de Educación y Comunicaciones ya que se requiere de amplias campañas de educación de la población lo que debe incluirse especialmente en las escuelas y en los programas de televisión y cine.

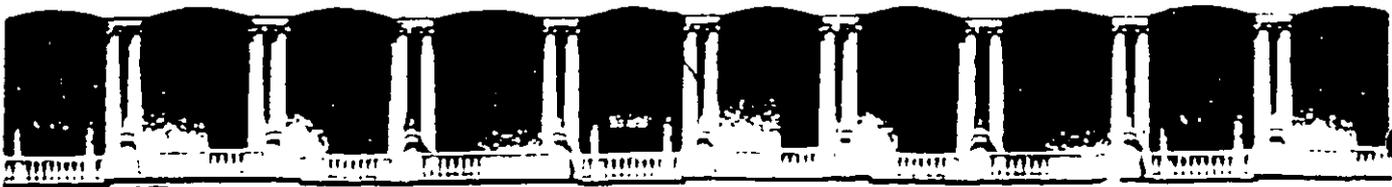
2.5.2 Se debe considerar con la Dirección de Tráfico, el estacionamiento de los vehículos a fin de que éste se haga alternando un día en una cuneta y al siguiente en la otra, siempre que sea posible. Así mismo, colocar dispositivos que prohíban el estacionamiento en un sector en una determinada hora que coincida con el barrido de la calle.

2.5.3 Y por último se debe coordinar con el servicio de Obras Públicas para lograr la buena conservación del pavimento, en particular en las cunetas, ya que es muy importante tanto para el barrido manual como para el barrido mecánico.

## 2.6 Financiación

La última decisión a tomarse por la autoridad del servicio de aseo es sobre el método de financiación del costo necesario.

2.6.1 Siendo el principal motivo del barrido de las vías y áreas públicas la salud de las personas, ésta tiene que darse como mínimo hasta el nivel permisible de limpieza dado por la autoridad sanitaria. Pero este nivel mínimo ocasiona un costo y compete a la autoridad del servicio de limpieza pública el tomar la decisión de su financiamiento. Para tomar esta decisión es necesario conocer el costo de operación de los servicios así como el costo del capital si hubiera que adquirir equipos. La autoridad de limpieza pública podrá decidir si el cobro del servicio lo realiza a base de tarifas o tasas o si será necesario subsidiar parcial o totalmente el servicio.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

## **MODULO II: BARRIDO Y RECOLECCION DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

**TEMA**

**BARRIDO MECANICO**

**EXPOSITOR: ING. DORAIDA RODRÍGUEZ SORDÍA  
PALACIO DE MINERIA  
ABRIL 2001**

#### 4.1 Equipo de barrido mecánico

4.1.1 En el punto 2.2.1 se vio que el centro de las calles generalmente se mantiene limpio porque el tránsito de vehículos desplaza los desperdicios hacia las cunetas, de modo que solo es necesario barrer éstas.

4.1.2 Las máquinas barredoras de mayor importancia son las diseñadas para barrer cunetas y son de gran tamaño (3 a 4 yd<sup>3</sup>) para que puedan remover varios kilómetros sin necesidad de ir a descargar y son las que se estudian con mayor frecuencia (figura 4.1).

4.1.3 Sin embargo, también se fabrican máquinas barredoras pequeñas (de menos de 1 yd<sup>3</sup>) para la limpieza de áreas concentradas - como lugares de estacionamiento de vehículos, patios de fábricas, etc. - que si bien funcionan en forma parecida son más sencillas (figura 4.2). Una diferencia importante es que aún cuando suelen tener un motor a gasolina, frecuentemente éste es eléctrico. En los tipos más grandes, el operador va sentado en la máquina, que es autopropulsada, pero en los más pequeños camina detrás de ellas empujándolas manualmente. A veces se ha pretendido usar estas barredoras para limpiar las veredas, pero los resultados son muy deficientes, en especial por los muchos obstáculos que encuentran (postes de alumbrado, árboles, etc.).

4.1.4 Las barredoras de cuneta son de dos tipos: mecánicas y aspiradoras.

4.1.5 Ambas tienen un sistema de propulsión similar al de cualquier vehículo automotriz y un sistema de barrido, que en los sistemas más nuevos es accionado por un motor independiente.

4.1.6 También en los dos tipos hay escobillones delanteros ubicados a uno o a ambos lados de la máquina (figura 4.3), que giran con un eje vertical. Estos escobillones remueven y recogen los desechos de las cunetas y los lanzan hacia el centro de la máquina para ser luego recogidos. Estos escobillones son de alambre de acero y tienen diversos sistemas de ajustes.

4.1.7 La basura acumulada en el suelo, debajo de la máquina, tiene que ser recogida por el mismo vehículo y depositada en una tolva incorporada al mismo.

4.1.8 Para que la basura pueda ser recogida, las barredoras de tipo mecánico llevan otro escobillón de eje horizontal (figura 4.4) que se extiende a todo lo ancho del vehículo, el que levanta la basura y la vacía en una banda transportadora de paletas, que finalmente la deposita en la tolva de almacenamiento.

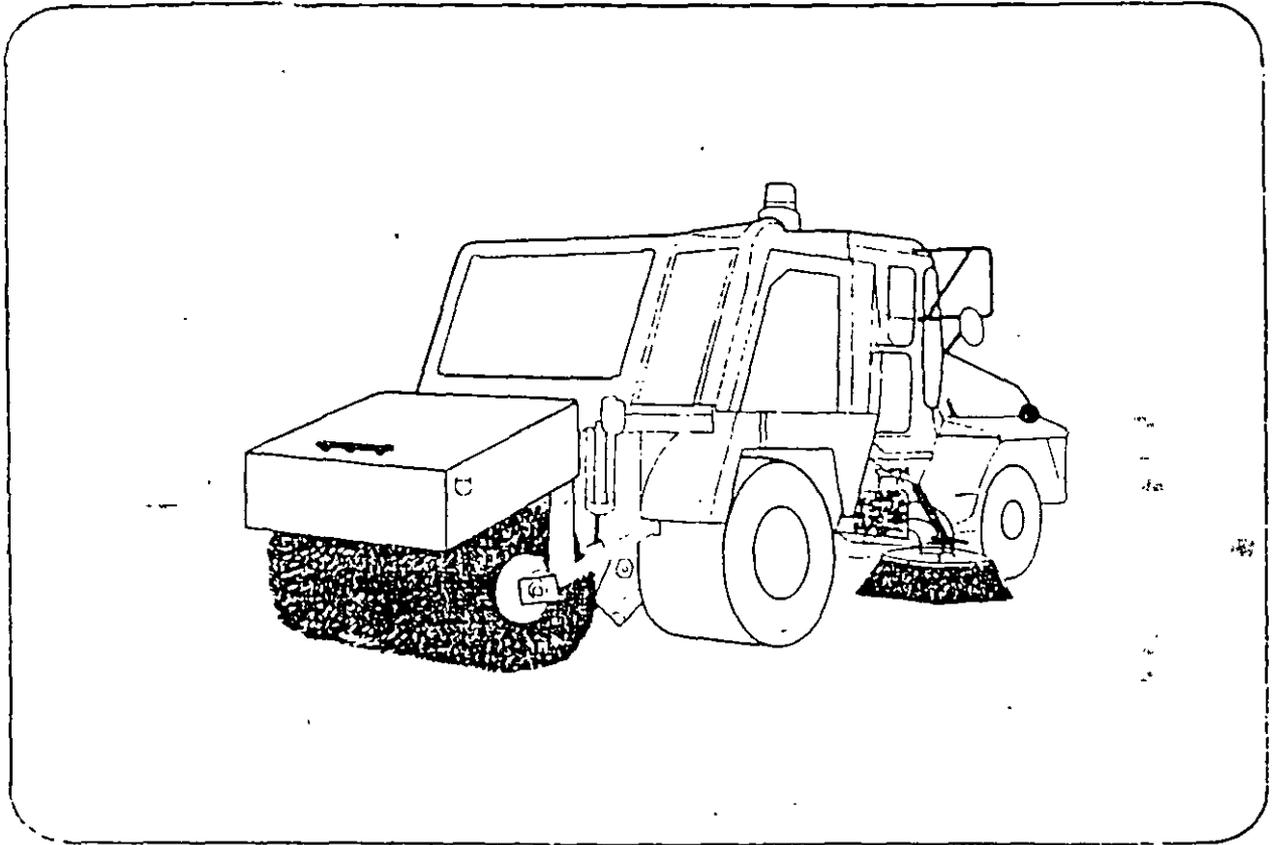


FIGURA 4.1

MAGGIORE PARAFODI BRUNDE

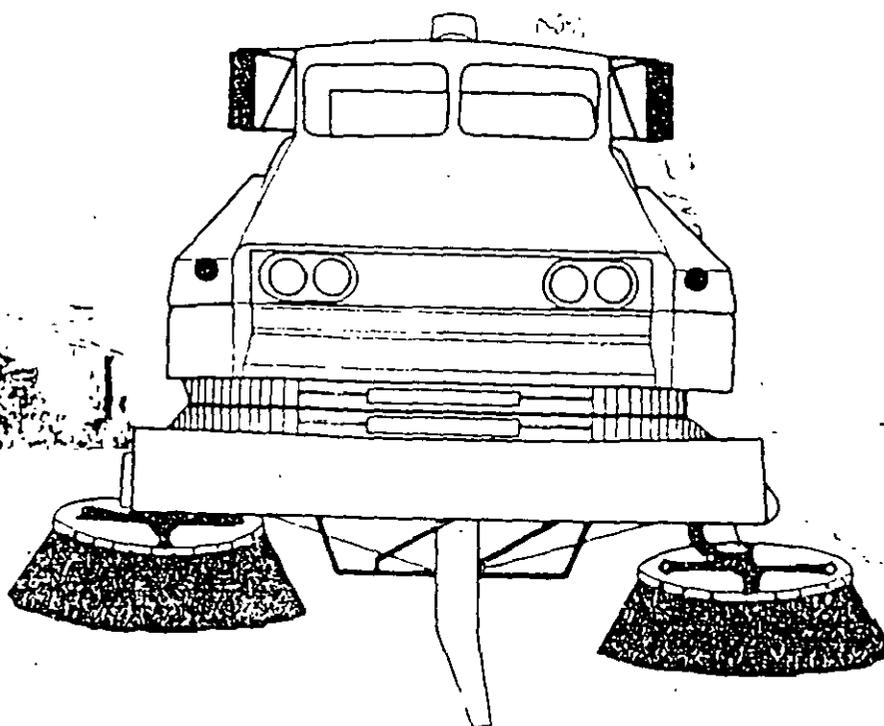


FIGURA 4.3

MAQUINA BARREDORA CON DOBLE ESCOBILLON DELANTERO

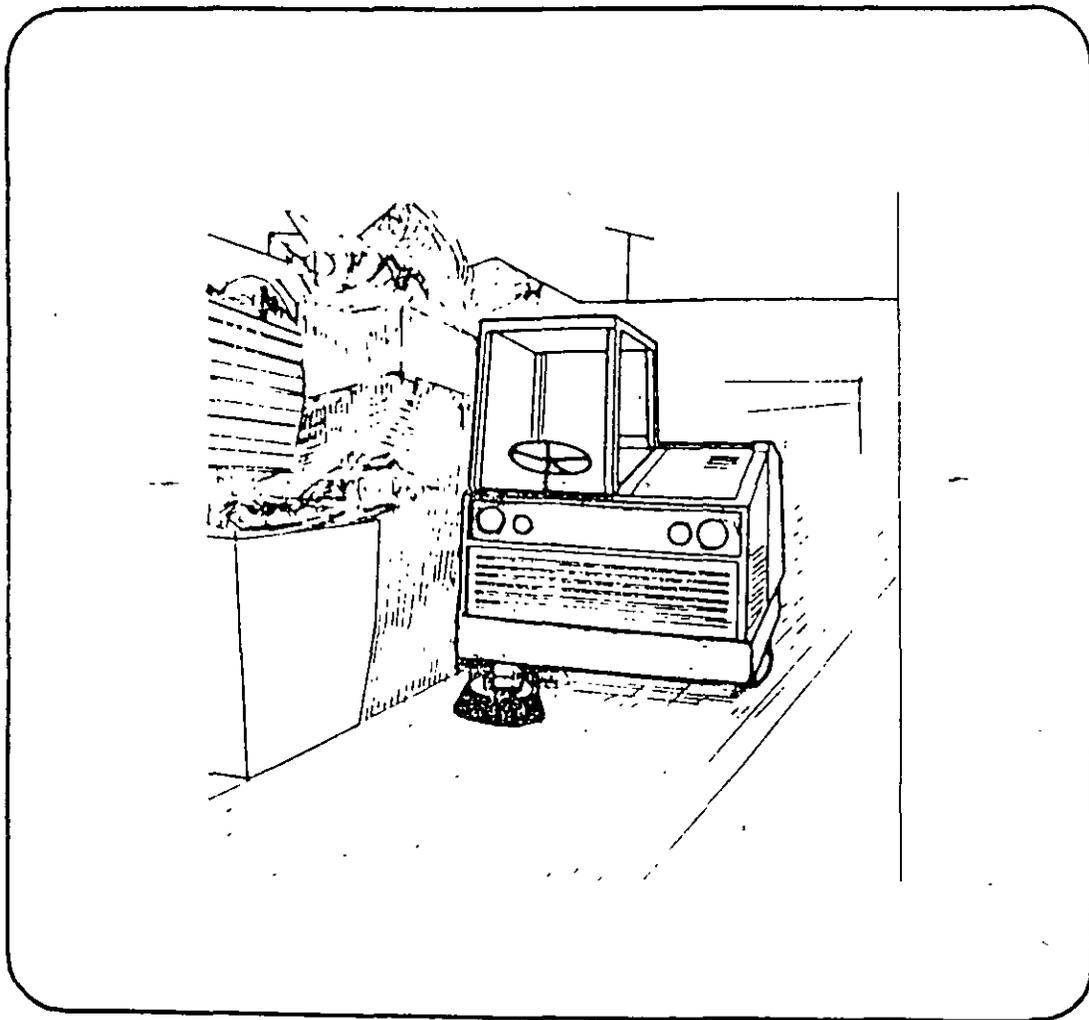


FIGURA 4.2

MAQUINA BARREDORA PEQUERA

- 4.1.9 En las barredoras aspiradoras, en cambio, la basura es succionada a través de una manguera de 20 a 25 cms (figura 4.5) y depositada en la tolva de almacenamiento.
- 4.1.10 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 es frecuente 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. Por otra parte, son equipos más sofisticados y requieren un mantenimiento más cuidadoso.
- 4.1.11 Se dijo que la máquina barredora tenía uno o dos escobillones delanteros. Se necesitan dos cuando la máquina debe barrer calles de una sola dirección de tránsito, donde en la misma dirección tiene que barrer ambas cunetas. En tal caso también debe tener doble dirección, porque el conductor siempre tiene que ir sentado al lado de la cuneta que está barriendo para ir observando el trabajo que realiza.
- 4.1.12 Si se acerca demasiado al sardinel puede golpear el escobillón delantero contra él, dañándolo. Para evitar que esto ocurra el escobillón debe tener resortes que lo mantengan en su posición pero que le permitan absorber golpes sin que su eje se dañe.
- 4.1.13 Las máquinas barredoras pueden ser también de tipo triciclo o bien de cuatro ruedas.
- 4.1.14 Las de tipo triciclo tienen un radio de giro muy pequeño lo que hace posible que se desvíen si encuentran un vehículo estacionado y se acerquen de nuevo a la cuneta, dejando un tramo mínimo sin barrer. En cambio, son poco estables y es fácil que se vuelquen si giran a una velocidad excesiva.
- 4.1.15 Por eso en el caso de querer limpiar avenidas de tránsito rápido son preferibles las máquinas de cuatro ruedas que pueden operar a velocidades mayores.
- 4.1.16 En algunos modelos, la tolva se puede levantar por medio de dos brazos hidráulicos (figura 4.6) para ser descargada ya sea en un sitio elegido o sobre un camión recolector. En caso de no contar con este dispositivo, la tolva se descarga por abajo, abriéndose una puerta de descarga.
- 4.1.17 Para evitar que se levante mucho polvo durante la operación de barrido las máquinas barredoras llevan un estanque con agua y una tubería que va humedeciendo la basura antes de ser barrida.

FILTRO DE AIRE

ELEVADOR

DEPOSITO DE BASURA

ESCOBILLON TRASERO

EXTRACTOR DE AIRE

CONTROL DE ESCOBILLON

PEDAL DE CONTROL DE VELOCIDAD

ESCOBILLON LATERAL

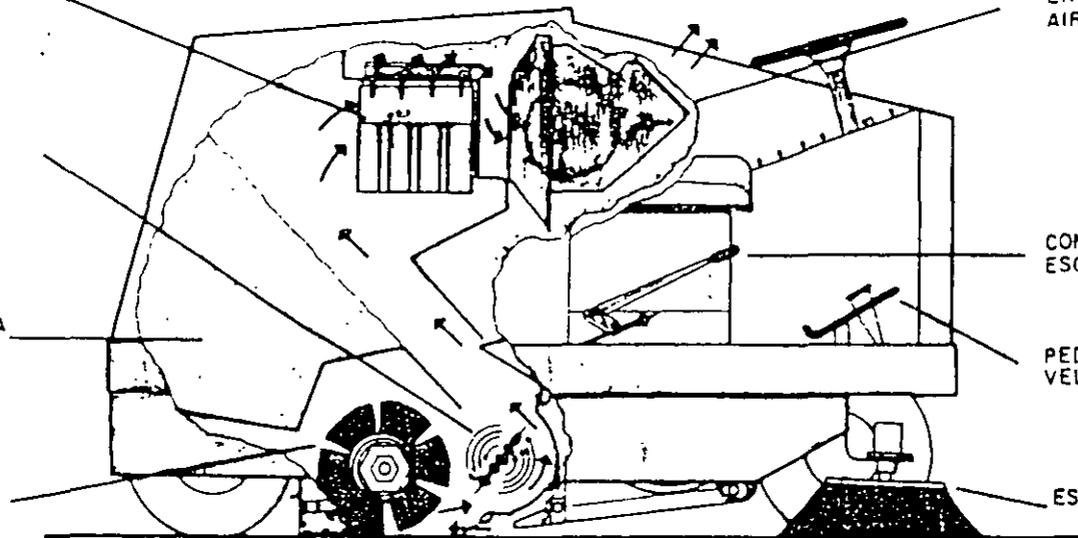


FIGURA 4.4

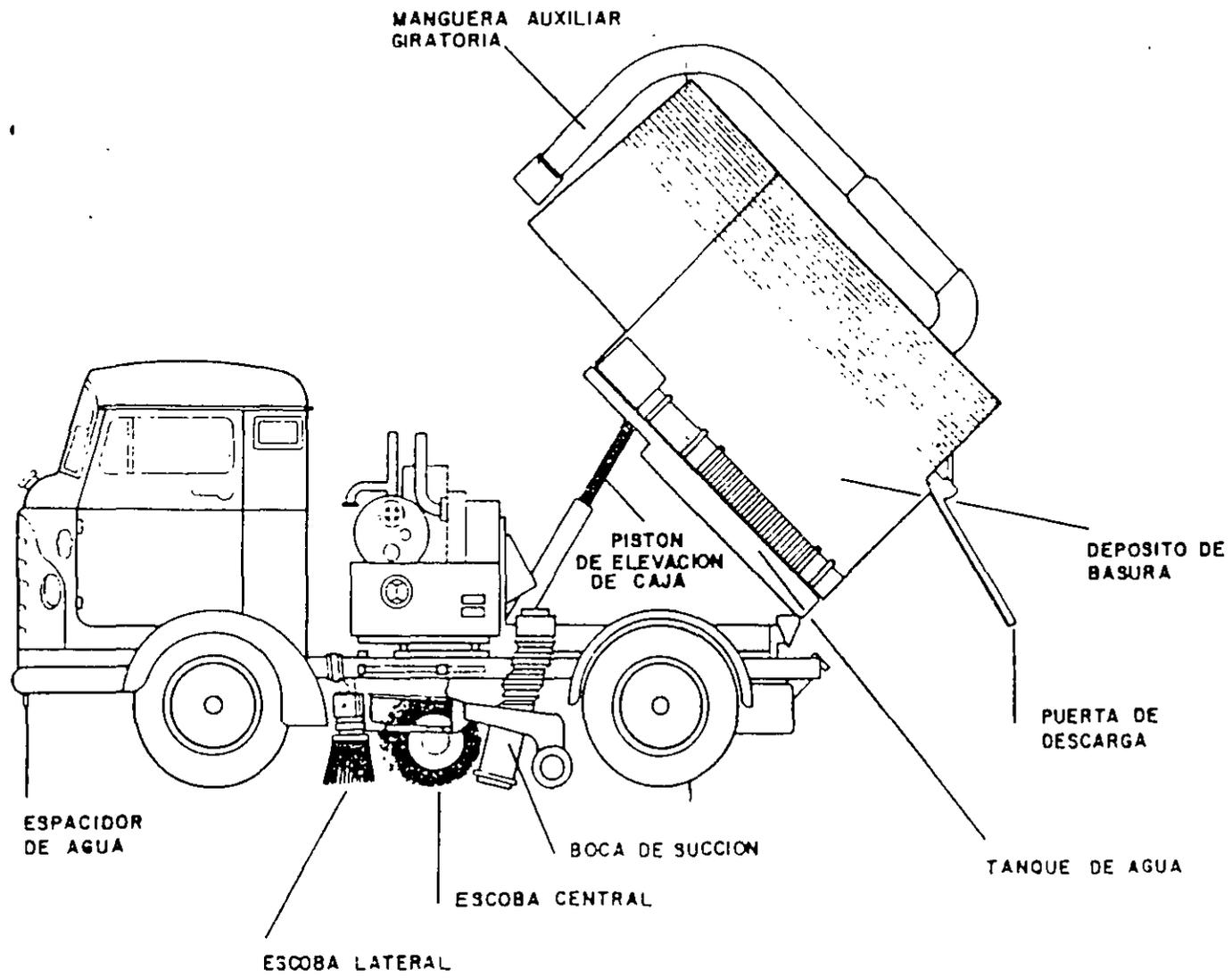


FIGURA 4.5

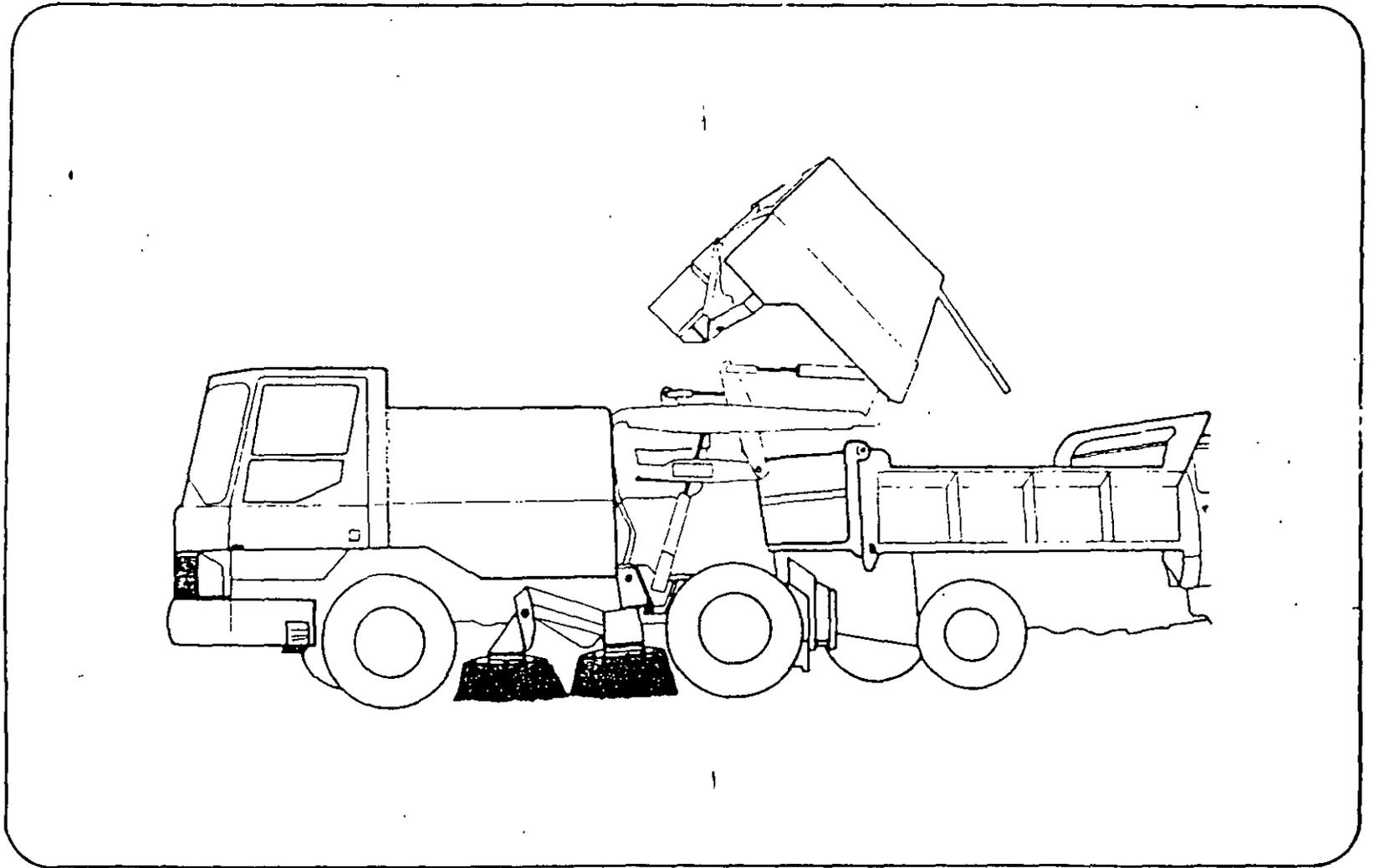


FIGURA 4.6

BARREDORA CON SISTEMA HIDRAULICO DE DESCARGA

4.2

#### Horario de barrido mecánico

4.2.1 Una vez establecidos los lugares donde se hará el barrido mecánico, se determinará el horario de barrido dependiendo de las costumbres de la población y de las características de las vías principalmente.

4.2.2 Así el barrido nocturno se hará:

- a. En las zonas comerciales e industriales donde durante el día hay muchos peatones y generalmente los vehículos son estacionados en los cordones de las aceras sobre las cunetas que es el lugar donde se debe barrer
- b. En las grandes avenidas donde durante el día hay un tráfico intenso que impide el barrido diurno.

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

#### 4.3 Procedimiento del barrido mecánico

4.3.1 Las máquinas deben salir del garage con su estanque lleno de agua para evitar pérdidas de tiempo.

4.3.2 Al llegar al punto de inicio de su ruta, el operador debe 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 el escobillón central y accionar el sistema de riego. Recién entonces se puede iniciar el barrido.

4.3.3 Es recomendable que trabajen siempre dos máquinas juntas, una por cada lado de la calle, aunque separadas unos 50 metros para no producir demasiada obstrucción del tránsito.

4.3.4 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 demoras innecesarias o la necesidad de amontonar basura en la vía pública.

#### 4.4 Preparación de rutas

4.4.1 El planeamiento del barrido mecánico se hace generalmente siguiendo las mismas recomendaciones que para el barrido manual pero como es lógico muchos casos sufren variaciones considerando que el barrido mecánico necesita de agua y las rutas tienen que estar supeditadas también a los puntos de abastecimiento.

4.4.2 Para diseñar una ruta de barrido mecánico se debe tener en cuenta, básicamente, las siguientes consideraciones:

- a. Velocidad media del barrido: de 6 a 8 kms/hora
- b. Rendimiento medio del barrido: 40 kms/jornada de trabajo
- c. Tiempo efectivo de trabajo: 80% del total
- d. Consumo medio de agua: 500 litros por cada 6 kms.

#### 4.5 Mantenimiento de barredoras

4.5.1 Considerando que la eficiencia del barrido mecánico depende de poder utilizar el mayor tiempo posible el equipo, es necesario que éste tenga un eficiente mantenimiento preventivo a fin de facilitar los mantenimientos correctivos y alargar la vida útil del equipo o preservarla. Este tipo de equipo debe tener un mantenimiento más cuidadoso que cualquier otro equipo de limpieza. La máquina barredora requiere frecuente y especial atención, (la naturaleza del trabajo expone todas las uniones al polvo y a la mugre por eso la principal operación de mantenimiento es la limpieza diaria de la máquina y de los motores y, en especial, de todos los filtros ya que pueden producirse desgastes excesivos si no se toman estas precauciones.

4.5.2 La segunda operación de mantenimiento es el ajuste de altura de los escobillones laterales para compensar su desgaste y la comprobación de la presión sobre el suelo de éstos y del escobillón trasero. Con estas precauciones se obtiene duración de los escobillones laterales que varían de 200 a 400 kms. El escobillón trasero debe reemplazarse cada 250 a 500 kms si es de fibra vegetal, y con fibra de polipropileno con moléculas orientadas, cada 600 a 1,200 kms.

4.5.3 Como estos equipos tienen numerosos puntos de engrase y lubricación, se puede ahorrar mucho mantenimiento con el uso de aceites sellados.

4.5.4 Se debe, además, prestar mucha atención a la faja transportadora si fuese el caso. Gran parte del desgaste prematuro de la máquina depende del mal ajuste de ésta y de las escobillas, las cuales al trabajar a excesiva presión desgastan excesivamente la transmisión y el motor.

4.5.5 Se requiere una eficiente administración a fin de que se mantenga un stock permanente de repuestos, escobillones y filtros con una buena programación de sus adquisiciones para lo cual deberá tenerse presente el tiempo de vida de cada uno de ellos, datos éstos que serán proporcionados por los fabricantes de las máquinas.

4.5.6 Periódicamente, y de acuerdo también a las recomendaciones de los fabricantes o a la experiencia de los técnicos en mantenimiento, se deberán realizar las siguientes operaciones:

- a. Revisión de la máquina
- b. Rectificación del motor
- c. Lubricación de la máquina
- d. Lubricación del motor
- e. Sustitución de piezas de la máquina
- f. Sustitución de piezas del motor
- g. Sustitución de neumáticos, escobillones de fibra vegetal, escobillones de nylon o acero.

Es indispensable, también, la pintura y conservación externa de la máquina con el fin de mejorar la apariencia de ella.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

## **MODULO II: BARRIDO Y RECOLECCION DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

**TEMA**

**BARRIDO MANUAL**

**EXPOSITOR: ING. DORAIDA RODRÍGUEZ SORDÍA  
PALACIO DE MINERIA  
ABRIL 2001**

### 3.1 Frecuencia

3.1.1 La frecuencia es variable según el sector de la ciudad o la apariencia que se le quiera dar a ciertos sectores; una pauta nos la puede dar la tabla 2.1 (página 11).

### 3.2 Horario

3.2.1 El barrido nocturno permite que la ciudad amanezca limpia y presenta más facilidades por la disminución del tránsito. Pero en ciudades donde la temperatura es muy baja no se puede llevar esto a la práctica contando además que por la noche es muy difícil la supervisión no pudiéndose por eso garantizar un servicio eficiente.

3.2.2 Por estas razones es preferible el barrido diurno comenzando la jornada muy temprano, lo que permite continuar limpiando durante gran parte del día.

3.2.3 En los sectores comerciales, o con mucho público, es necesario incluso barrer en dos turnos ya que las calles se van ensuciando continuamente y es preciso repetir el barrido varias veces.

### 3.3 Rendimiento

3.3.1 El rendimiento de un barredor depende del tipo de distrito, de la topografía, de las condiciones del pavimento, de la densidad de 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 barredor y por jornada efectiva de trabajo son de 2.0 a 2.5 kilómetros (según experiencias obtenidas en algunas ciudades de América Latina) por lo que es posible asignar a cada barredor una zona que cubra de diez a doce cuadras. Esto es en función de que en la mayoría de los casos cada vía tiene dos aceras y más o menos 100 metros de longitud y que la frecuencia es de una vez por día.

3.3.2 Aunque el barrido manual tiene rendimientos bajos y frecuentes accidentes de trabajo, éste sigue siendo el sistema principal de barrido especialmente en países en desarrollo ya que presenta la expectativa del beneficio social en lo que se refiere al empleo de mano de obra no calificada abundante en el crecimiento acelerado de las ciudades de América Latina.

3.3.3 Aparte del beneficio social enumerado, el barrido manual presenta otras ventajas, tales como:

- a. Posibilidad de barrer en cualquier tipo de pavimento

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

3.3.4 También citaremos las desventajas que ocasiona el uso del barrido manual y que por consiguiente afectan el rendimiento del barrido:

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

### 3.4 Equipo de barrido manual

3.4.1 La herramienta principal es un escobillón con fibras cortas y duras ya sean vegetales o de plástico (figura 3.1). En calles sin pavimentar es preferible escobas con fibras largas y flexibles y en muchos lugares utilizan ramas de árboles con el objeto de abaratar el servicio.

3.4.2 Un carrito de mano con uno o dos receptáculos cilíndricos de una capacidad de 80 litros es muy importante, pues permite que el barredor vaya recogiendo la basura barrida. Si no cuenta con este implemento tiene que formar montones en la cuneta que quedan en la calle hasta que los recoja el camión recolector estando expuesto a ser desparramados por el tráfico y volviendo a ensuciar la vía. La estructura de estos carritos debe ser sólida y liviana, recomendándose que sean de tubo de acero y las ruedas con rodamiento (figura 3.1)

En algunos lugares utilizan cilindros metálicos de 200 litros, únicamente por la facilidad de obtenerlos ya que constituyen envase de otros productos, no siendo recomendable su uso ya que dificulta la operación tanto del barredor como de los recolectores.

3.4.3 A fin de recoger la basura suelta o aislada o para pasar de los montículos al cilindro es necesario el uso de un recogedor de metal al cual va adherido un mango de madera para facilitar su operación (figura 3.1).

3.4.4 En muchos casos, especialmente en lugares de fuertes lluvias, es necesario ayudarse de una pala para levantar el lodo o tierra húmeda que han sido arrastrados hacia la cuneta. Así mismo, es necesario proveer al barredor de un cucharón metálico para limpieza de los sumideros de las bocas de tormenta.

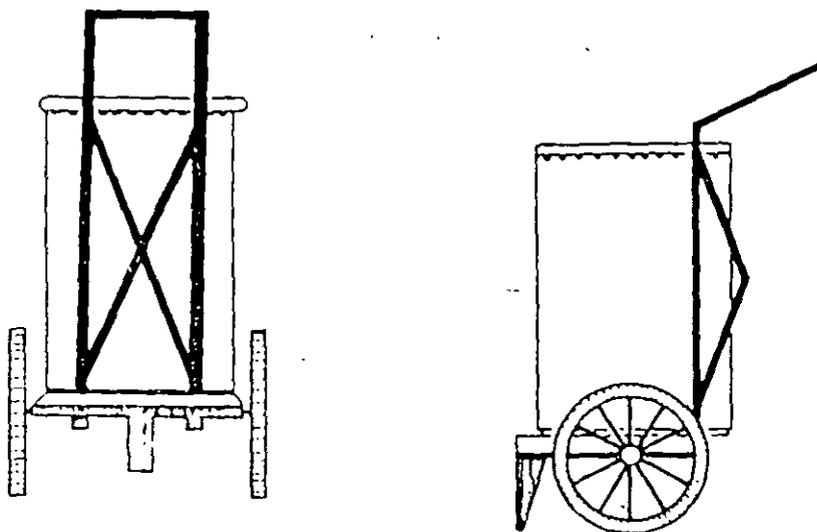
3.4.5 A fin de facilitar la operación de barrido y la de recolección se deberán, siempre que las condiciones económicas lo permitan, proveer de bolsas plásticas de 100 litros, las mismas que se colocarán dentro del cilindro y serán retiradas de él cuando se hayan llenado y colocado en lugares pre-establecidos de donde serán retiradas por los recolectores. Estas bolsas deben ser de colores a fin de dar mayor facilidad a la supervisión.

### 3.5 Procedimiento del barrido manual

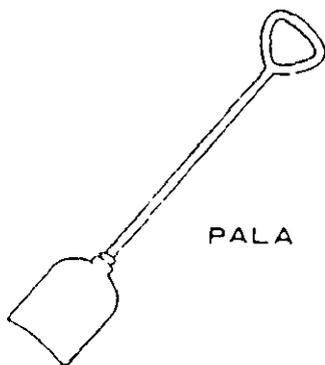
3.5.1 El barrido manual se puede hacer por cuadrilla de barredores o por rutas fijas asignadas a un barredor.

3.5.2 La limpieza por cuadrillas se utiliza en casos de limpieza de áreas públicas o casos de limpiezas en ocasiones especiales, por ejemplo aniversarios patrios, limpiezas estacionales, limpiezas periódicas de zonas, etc.

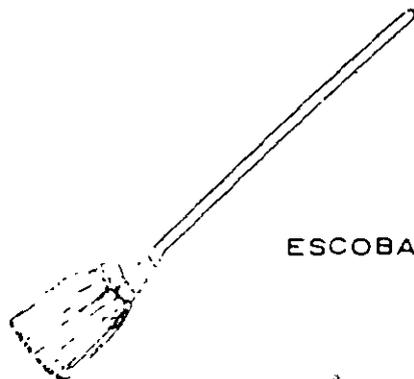
ELEMENTOS DE BARRIDO MANUAL



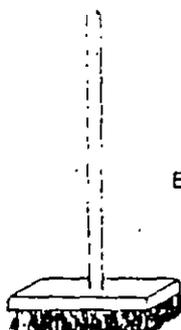
CARRO DE MANO



PALA



ESCOBA



ESCOBILLON



RECOGEDOR

El tamaño de la cuadrilla varía entre 3 y 25 hombres, dependiendo de la forma de trabajo, pero grupos de 6 a 10 son los más comunes. En cada cuadrilla se asigna uno o más camiones para recolectar el producto del barrido y un supervisor para controlar el trabajo.

3.5.3 El barrido por rutas fijas consiste en asignar un circuito a un barredor quien es responsable de mantenerlo limpio. Se puede seguir dos métodos: el de asignación de calles o el de asignación de manzanas. Los detalles se muestran en las figuras 3.2 y 3.3. En situaciones normales de aceras y sardineles y con decisión de barrer aceras y cunetas y con la finalidad de minimizar el recorrido no productivo de un barredor y la posibilidad de accidentes de trabajo se debe seguir el siguiente procedimiento:

- a. Estacionar el carrito en las aceras al comienzo del recorrido
- b. Forrar por dentro el cilindro con un saco plástico
- 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
- e. Mover el carrito por las aceras e ir recogiendo los montículos y estacionar en la siguiente estación
- f. Depositar el saco plástico que ha sido llenado con la basura recogida en un punto pre-determinado y volver a forrar el cilindro con otra bolsa plástica
- g. Recolectar los sacos plásticos de los puntos pre-determinados (figura 3.2) por medio de camiones recolectores.

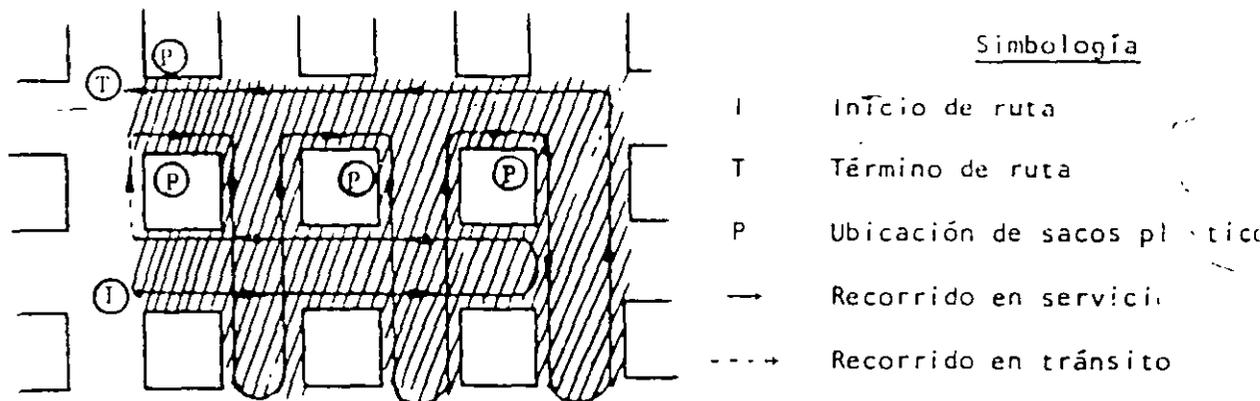
3.5.4 Se deba barrer empujando el escobillón o la escoba según sea el caso, hacia adelante con movimientos sucesivos, cortos y fuertes.

### 3.6 Preparación de rutas

3.6.1 Establecer rutas para el barrido es fundamental para aprovechar bien el trabajo del personal. En Santiago de Chile se ha aumentado el rendimiento del barrido en sectores residenciales de 1.73 km por hombre y por día a 2.52 km con el diseño racional de rutas, sumado al uso de bolsas de plástico en los carros y a la selección del personal, destinando a otras labores a quienes no estaban en condiciones físicas para trabajar en esta tarea (ver la tabla 1.2).

3.6.2 Para tener un buen diseño de rutas se debe, en primer lugar, determinar las zonas de barrido manual en un plano a escala conveniente (1:5000). Procurando que el local de reunión y distribución de barredores estén en el centro de masa de las zonas.

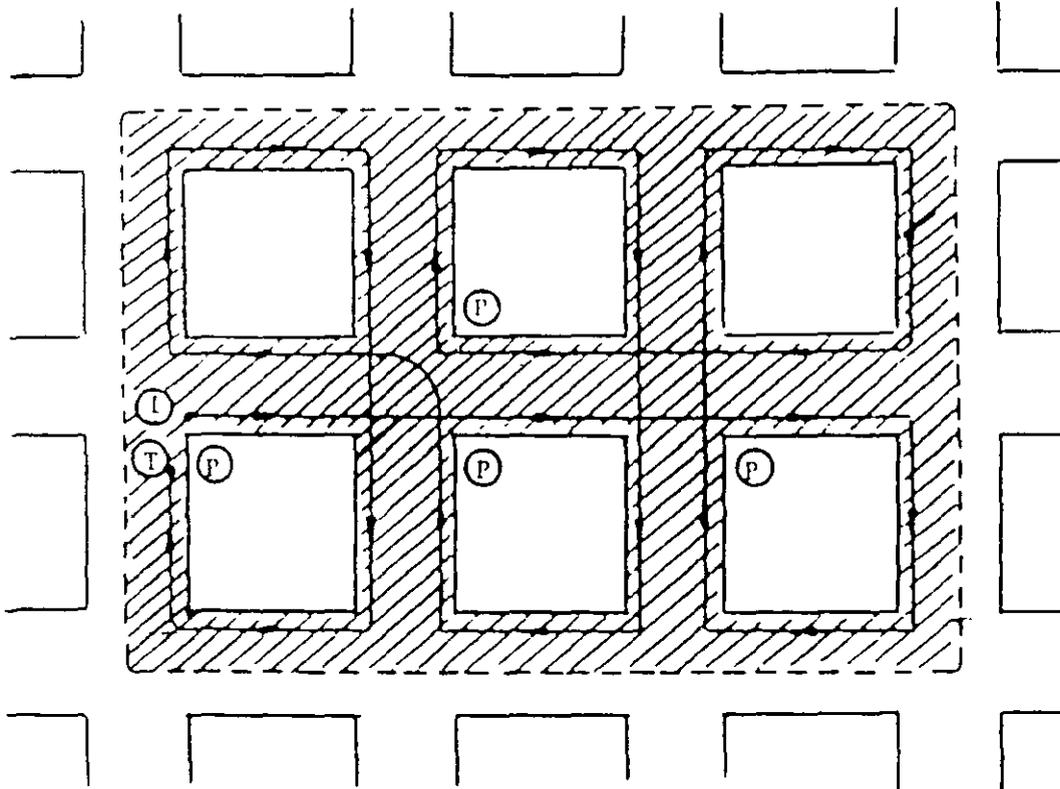
- 3.6.3 Se clasificará las zonas y determinará la frecuencia requerida del barrido manual.
- 3.6.4 Se subdividirá las zonas de barrido en sectores.
- 3.6.5 Se establecerán los puntos de inicio y término de la ruta y la ubicación de los sacos de plástico.
- 3.6.6 Se diagramarán rutas tratando minimizar el recorrido no productivo para lo cual se recomienda seguir las siguientes pautas:
- Las rutas deben establecerse de modo que no 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 cruce de calles posible (figuras 3.2 y 3.3). La ruta de la figura 3.3 es un diseño mejorado de la ruta de la figura 3.2



Trabajo asignado = 12 cuadras  
 Número de cruces = 18

NOTA: Esta diagramación no es buena por tener demasiados cruces

FIGURA 3.2  
 RUTA DE BARRIDO MANUAL  
 (Método de Asignación de Calles)



Trabajo asignado = 6 manzanas  
 Número de cruces = 8

NOTA: Diagramación de ruta correcta

FIGURA 3.3

RUTA DE BARRIDO MANUAL  
 (Método de Asignación de Manzanas)

3.6.7 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.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

**MODULO II: BARRIDO Y RECOLECCION DE  
RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

**TEMA**

**TIPOS DE RECOLECCION**

**EXPOSITOR: ING. DORAIDA RODRÍGUEZ SORDÍA  
PALACIO DE MINERIA  
ABRIL 2001**

## **1. FRECUENCIA Y METODOS DE RECOLECCION**

**Recolección** Es la acción de transferir los residuos sólidos desde las fuentes generadoras hasta el vehículo recolector

La presentación del servicio de recolección es una de las partes más caras de un sistema de manejo de basura y una de las que presenta mayores oportunidades para la minimización de costos. El costo de tonelada movida por este concepto es aproximadamente una disposición final higiénica. Uno de los factores que más influyen sobre el sistema es la frecuencia de recolección, la cual deberá prever que el volumen acumulado de basura no sea excesivo, y que el tiempo transcurrido desde la generación hasta la disposición final no exceda el ciclo de reproducción de la mosca, que varía según el clima de 7 a 10 días

**Métodos de Recolección.** Los métodos de recolección más comunes se describen a continuación:

- a) **Recolección de esquina.** Es el método más barato, en que los usuarios llevan sus recipientes hasta el sitio en que se encuentra estacionado el camión para entregarlos a los operarios. Presenta la desventaja de que siempre tiene que haber una persona en la caseta atenta al paso del camión, y cuando por alguna razón no la hay la basura se acumula en exceso de la capacidad de los recipientes, existiendo el riesgo de que sea arrojado clandestinamente
- b) **Recolección de acera.** En este método sólo se usan camiones con carrocería de carga trasera. Consiste en que el camión circula a una velocidad muy baja en ambos sentidos de la calle, donde los usuarios depositan sus recipientes sobre la banqueta, los operarios los recogen, vacían y regresan al mismo sitio, de donde los usuarios los introducen ya vacíos a sus casas. Este método requiere de un civismo alto entre la gente y presenta el inconveniente de los animales callejeros que se ven atraídos por los recipientes en las calles
- c) **Recolección de llevar y traer.** Es parecido al método anterior con la variante de que el operario entra hasta los predios por la basura, regresando el recipiente al mismo sitio.

Los dos métodos anteriores, aunque presentan un nivel superior de servicio, son más costosos debido a que el manejo de los recipientes consume mucho tiempo en ruta

- d) **Recolección con contenedores.** Es el mejor método de recolección para centros de gran generación como podrían ser hoteles, mercados, centros comerciales, hospitales, industrias, etc., la localización de los contenedores deberá ser de tal forma que el vehículo recolector tenga un fácil acceso y pueda realizar las maniobras sin problemas.

**Vehículos Recolectores.** Son recomendables los vehículos con carrocerías de gran capacidad provista de contenedores, para abatir los costos de recolección. Las carrocerías de volteo, aunque son preferidas por las localidades de provincia debido a su menor costo y versatilidad no son adecuadas para la recolección de basura doméstica desde el punto de vista salud pública. Existen carrocerías con carga lateral, trasera y frontal, estos últimos se usan exclusivamente para la carga metálica 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 eficientes pues la recolección se efectúa más cómoda y menos fatigosa para el usuario y el recolector debido a su altura de carga no mayor de 1.20 m además permiten prescindir de un operario en su tripulación

**Diagnóstico de los Sistemas de Recolección.** Puede decirse que la situación actual en la prestación de este servicio adolece de muchas fallas, debido quizá a la impreparación de los administradores y técnicos de los sistemas de limpia y a una legislación incompleta al respecto.

A continuación se presentan algunas de las deficiencias observadas (\*) en varios sistemas de recolección del país, que influyen para el bajo nivel del servicio.

- a) No existe método para ejecutar el servicio de recolección
- b) Por la ausencia de método en la recolección, el usuario recibe un "baño" de polvo o líquido y partículas de basura, mientras el recolector vacía y sacude el recipiente de basura dentro

de la carrocería del vehículo

- c) El vehículo recorre la misma calle en ambos sentidos por varias cuadras, y para conseguirlo efectúa una vuelta en "U" en el final
- d) Se violan multitud de reglas elementales de tránsito y la más común es transitar en sentido contrario, se han reportado accidentes por estas causa
- e) Debido a la urbanización de varias ciudades existen esquinas donde para dar vuelta el vehículo debe hacer tres maniobras consistentes en avance hacia adelante y hacia atrás
- f) El vehículo de recolección transita cargado durante varias cuadras donde la pendiente de la calle es contraria, ocasionando un esfuerzo adicional al motor, además de representar un peligro potencial para peatones y vehículos en tránsito calle abajo.
- g) Se efectúan cargas provenientes de hospitales particulares donde carecen de incineradores y se recogen desechos patógenos peligrosos
- h) Existen sitios de privilegio donde se recogen hasta dos veces al día descuidando otras rutas
- i) El vehículo de recolección no ejecuta la ruta regularmente, o la cambia de voluntad
- j) El equipo no se utiliza adecuadamente ya que la recolección que se logra no es la recomendada y consecuentemente el peso de la basura transportada es menor que el especificado, y de esta forma se está desperdiciando equipo que es muy costoso
- k) El sitio de disposición final es un tiradero a cielo abierto sin ningún control sanitario
- l) Generalmente al personal de recolección no se le proporciona o no usa el equipo adecuado para cuidar su salud

## 2. SELECCION Y REVISION DE EQUIPOS

No sólo el escaso o nulo mantenimiento preventivo y correctivo de un equipo de recolección, es la única causa del estado deplorable que guardan algunos vehículos en muchas localidades; ya que una selección de carrocerías de recolección inadecuada para cierto chasis o viceversa, es otra de las causas más importantes. De lo anterior se desprende el hecho de que la selección adecuada de un vehículo de recolección, depende de la aplicación de algunos principios del equipo que el fabricante quiera hacer resaltar.

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 solo 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 alto 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, que hagan un uso extensivo de la mano de obra.

Lo anterior no solo 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 cuál es la tecnología apropiada para una cierta región o ciudad.

Con base en lo antes comentado, 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. Para responder a esta inquietud, a continuación 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.

A continuación se pretende proporcionar a los técnicos de los sistemas de manejo de residuos sólidos, herramientas para la toma de decisiones para una correcta selección de equipo.

La selección adecuada de un vehículo de recolección depende de la aplicación de algunos principios de la física, ingeniería y no de las características que el fabricante quiera hacer resaltar.

Los vehículos con motores de combustión interna son sistemas mecánicos en los que se aprovecha la energía de combustión de un combustible líquido (gasolina o diesel) para transformarla a energía mecánica para vencer las resistencias que se oponen al desplazamiento.

El elemento fundamental del vehículo es el motor en el que la energía térmica se transforma en energía mecánica, la utilización final de esta energía ocurre mediante un sistema de transmisión precisamente en la zona de contacto de las llantas con el pavimento.

Para formarse una idea de las ventajas que presentan los motores de combustión de gasolina y diesel para la selección del tipo de motor se presentan sus características más importantes en el siguiente cuadro.

## **GASOLINA**

Bajo costo de adquisición  
Alto consumo de combustible  
Alto costo de litro de combustible

Poco peso

El sistema de encendido eléctrico requiere mantenimiento

Las bujías requieren reemplazo regular

El clima tropical influye para una operación defectuosa  
Las reparaciones mayores ocurren entre rangos bajos de kilometraje

Bajo costo de refacciones en la reparación mayor

Máquina más flexible para alcanzar mayores velocidades

Un par motor que requiere componentes de menor capacidad para transmitir potencias al eje trasero

Bajo par motor de arranque que obliga a menos capacidad de batería

Buenas características de arranque en frío

Los mecánicos encargados del mantenimiento son menos especializados

El equipo requerido para el mantenimiento de carburador y encendido eléctrico es menos complejo y caro

## **DIESEL**

Alto costo de adquisición  
Bajo costo de combustible  
Bajo costo de litro de combustible

Bastante peso

El sistema de encendido por compresión está libre de mantenimiento eléctrico

No hay bujías

El clima tropical influye  
Para una operación correcta  
Las reparaciones mayores ocurren entre rangos altos de kilometraje

Alto costo de refacciones en la reparación mayor

Máquina menos flexible

Un par motor que requiere piezas resistentes para transmitir potencia al eje trasero

Alto par motor de arranque que requiere mayor capacidad de batería

El arranque de la máquina en ambiente de baja temperatura generalmente requiere de ayuda por calentamiento

Los mecánicos encargados de mantenimiento son más especializados

El equipo referido para el mantenimiento del sistema de inyección de combustible es más complejo y caro

## 2.1 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 transmite 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. Para hallar los centros de gravedad, se puede aplicar el método de los momentos que se describe a continuación, tomando como referencia la Fig. No. 2.1.1.

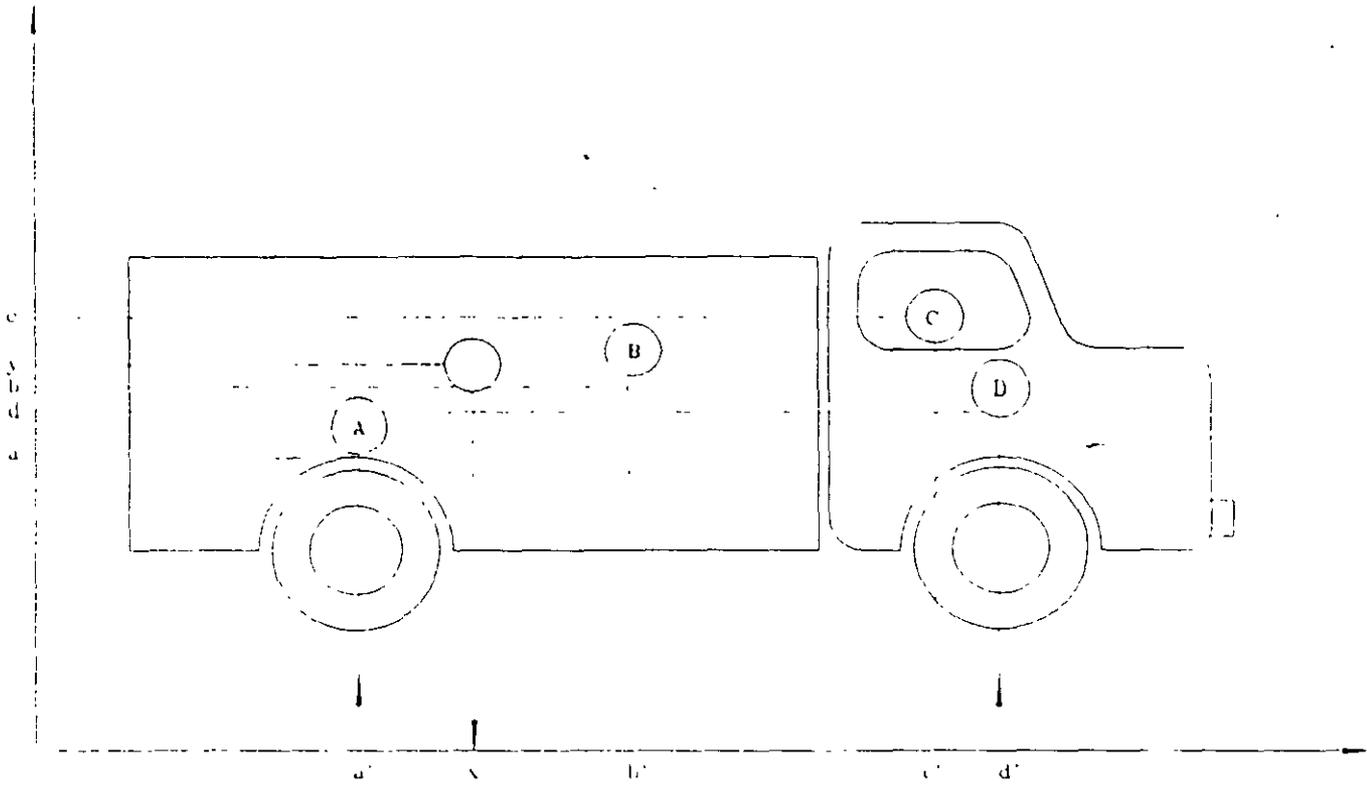


DIAGRAMA DE DEFINICIONES PARA EL CALCULO  
DE LOS CENTROS DE GRAVEDAD

FIG No 2.1.1

Según la Figura No 2.1.1, se tiene

$$Y = \frac{Aa + Bb + Cc + Dd}{A + B + C + D}$$

$$X = \frac{Aa' + Bb' + Cc' + Dd'}{A + B + C + D}$$

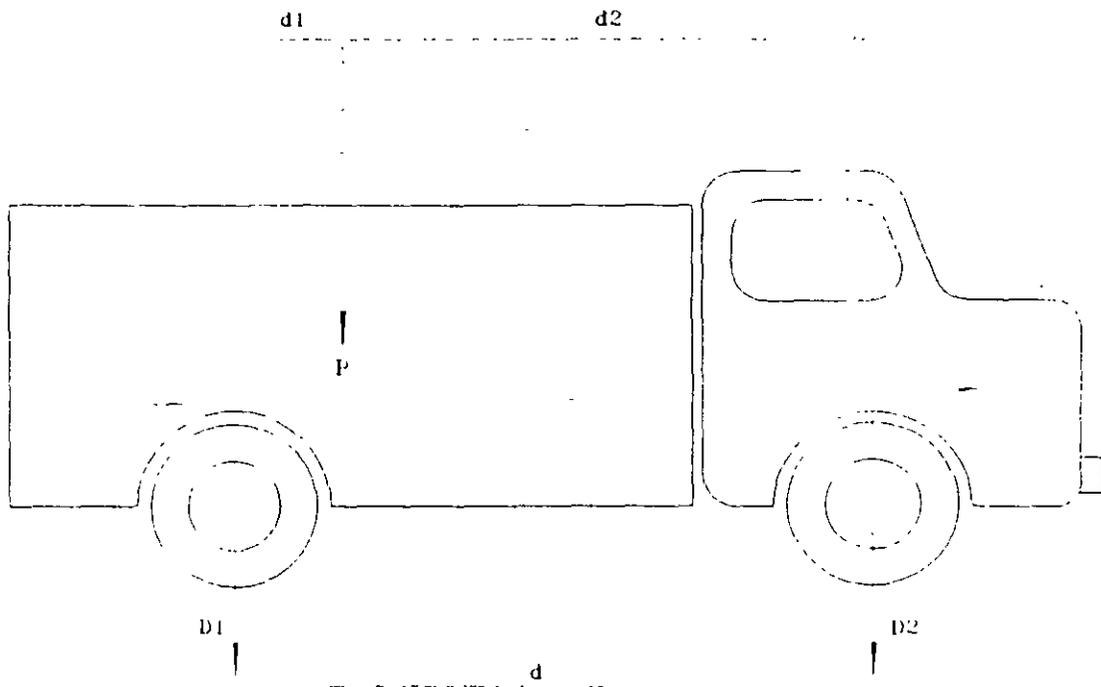
Donde

A, B, C y D    Peso de los diferentes polígonos que integran el vehículo

a, b, c y d    Distancia de los Centros de Gravedad de los polígonos con respecto al eje "Y"

a', b', c' y d'    Distancia de los Centros de Gravedad de los polígonos con respecto al eje "X"

La determinación de descarga a los ejes del vehículo, se realiza como a continuación de indica en la Fig No 2.1.2



ILUSTRACION DE LAS DESCARGAS VEHICULARES  
EN LOS EJES DE LA UNIDAD

FIG. No. 2.1.2

De la Figura No 2 1 2, se tiene

$$D1 = \frac{(P) (d2)}{(d)}$$

$$D2 = \frac{(P) (d1)}{(d)}$$

Donde.

P Peso considerado según la carga correspondiente para la condición elegida (ton)

D1. Descarga vehicular en el eje trasero (ton)

D2 Descarga vehicular en el eje delantero (ton)

d1: Distancia del Centro de Gravedad al eje trasero (m )

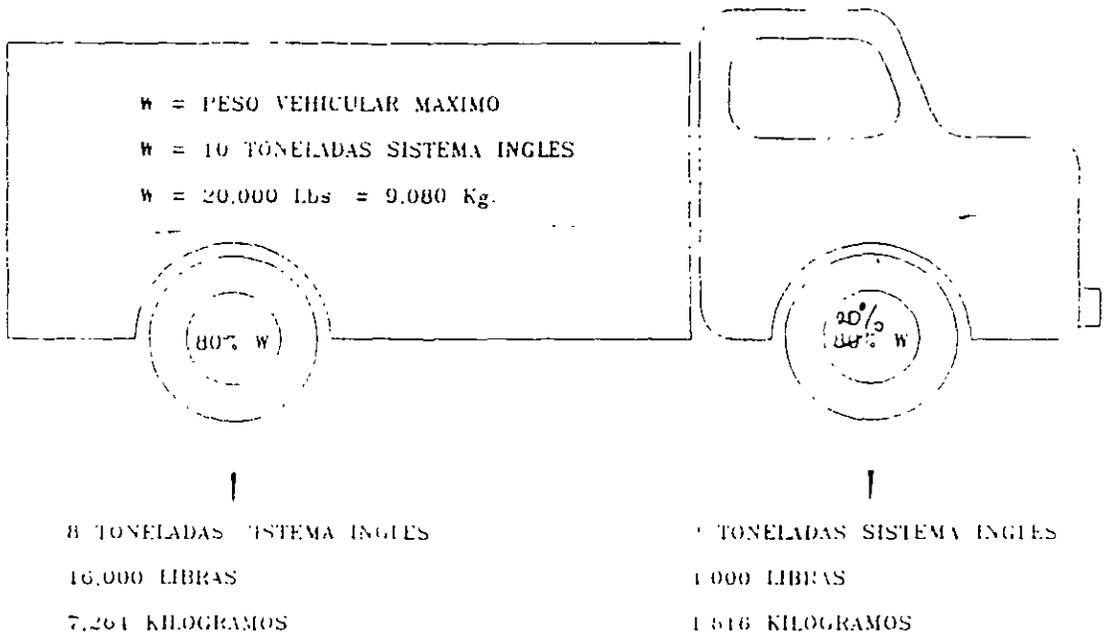
d2 Distancia del Centro de Gravedad al eje delantero (m )

d. Distancia entre ejes (m )

Finalmente se debe indicar que para normar las descargas vehiculares, se recomienda utilizar las especificaciones de la American Association of State Highway Officials (AASHO), según se indica en las Figs Nos 2.1 3, 2 1 4 y 2 1 5

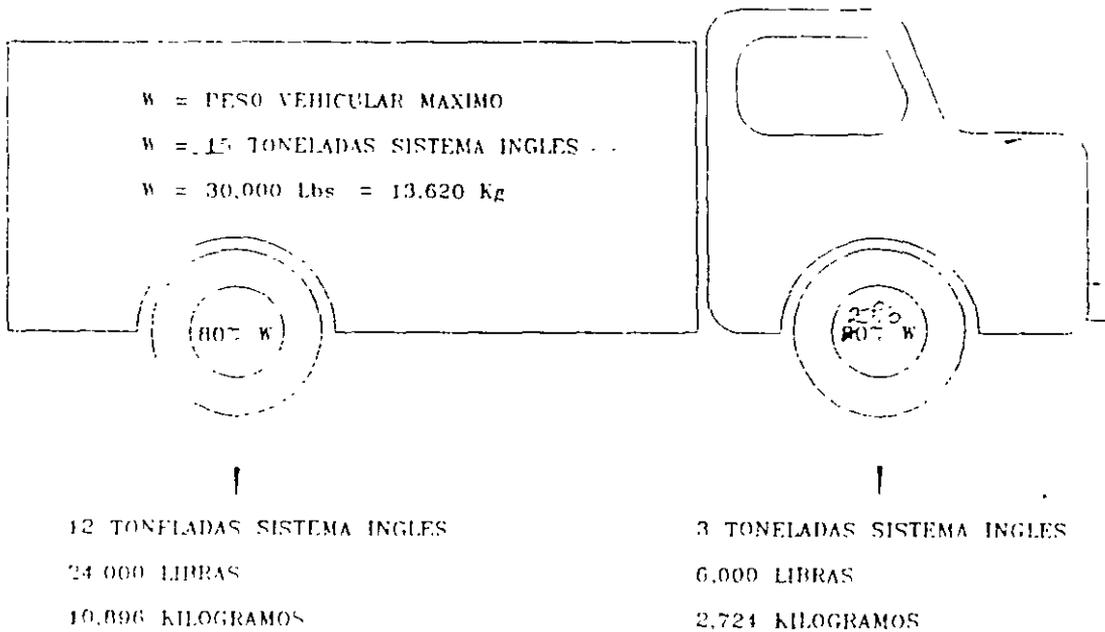
NORMAS PARA DESCARGAS VEHICULARES DE UN  
CAMION CON UN SOLO EJE TRASERO  
(NORMA H-10)

FIG. No. 2.1.3



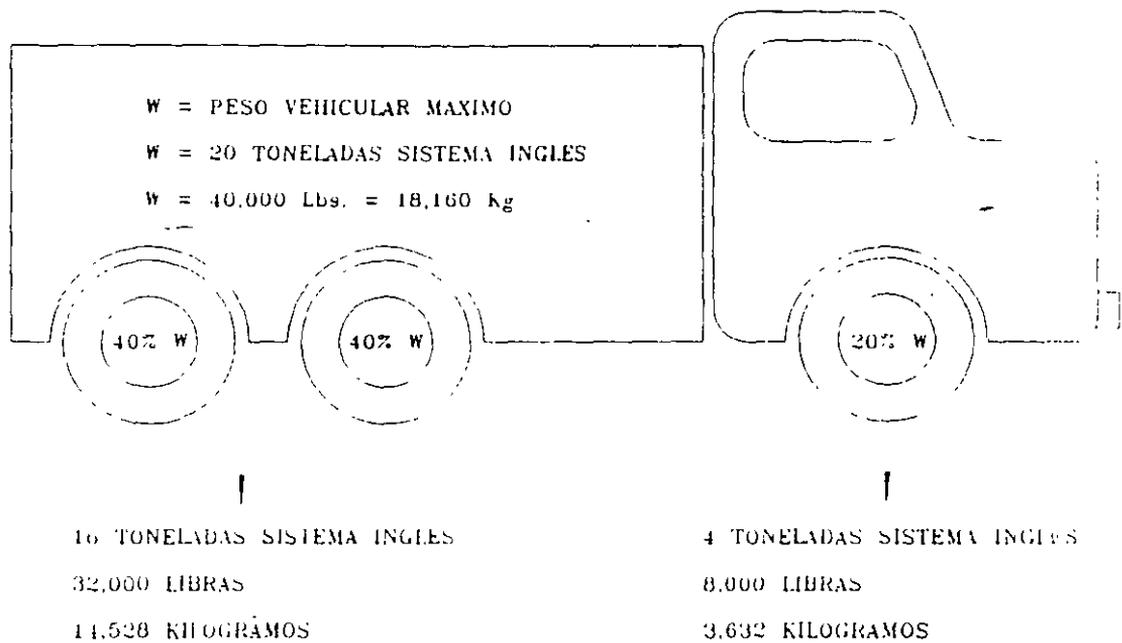
NORMAS PARA DESCARGAS VEHICULARES DE UN  
CAMION CON UN SOLO EJE TRASERO  
(NORMA H-15)

FIG No. 2.1.4



NORMAS PARA DESCARGAS VEHICULARES DE UN  
CAMION CON UN SOLO EJE TRASERO  
(NORMA H-20)

FIG. No. 2.1.5



## 2.2 Revisión Vehicular.

### a) Revisión del motor

El elemento fundamental del vehículo es el motor, a través del cual la energía térmica se transformará en energía mecánica, para que mediante un sistema de transmisión de 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.

$$P = 1.013 ( 0.0037 V (aW + PW + 0.0047 S V^2) )$$

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>

### b) 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 el chasis se arruinan en corto tiempo

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

$$\text{Cap muelles} \geq \frac{(\text{descarga en eje}) - (\text{peso ( muelles + eje + rueda )})}{2}$$

c) 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 descarga en el eje considerado, el peso de los mismos ejes y las ruedas

$$\text{Cap eje} \geq \frac{(\text{descarga en eje}) - (\text{peso eje y ruedas})}{2}$$

d) Revisión del Bastidor

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

El momento flexionante resistente se calcula según

$$M = S \cdot F$$

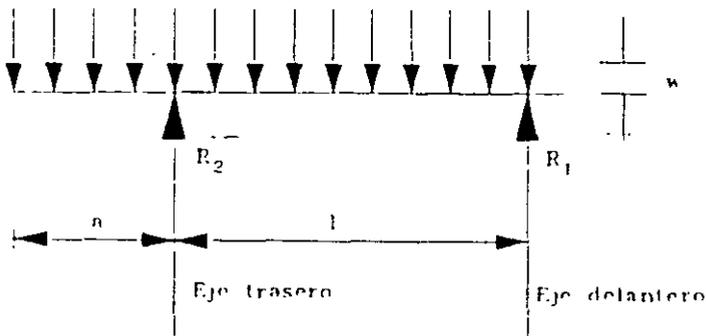
Donde

$$F = \text{Esfuerzo máximo de trabajo del material del bastidor en Kg/cm}^2$$

S = Módulo de sección en cm<sup>2</sup>

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

Las fórmulas para el cálculo de los momentos máximos positivos y negativos, las reacciones en los ejes, así como el diagrama de momentos para las condiciones de cargas descritas, se presenta a continuación



MOMENTO MAXIMO POSITIVO

$$M = \frac{w}{8 l^2} (l + a)^2 - (l - a)^2$$

MOMENTO MAXIMO NEGATIVO

$$M_{(-)} = \frac{w a^2}{2}$$

DESCARGA SOBRE EL EJE DELANTERO

$$R_1 = \frac{w}{2 l} (l^2 - a^2)$$

DESCARGA SOBRE EL EJE TRASERO

$$R_2 = \frac{w}{2 l} (l + a)^2$$

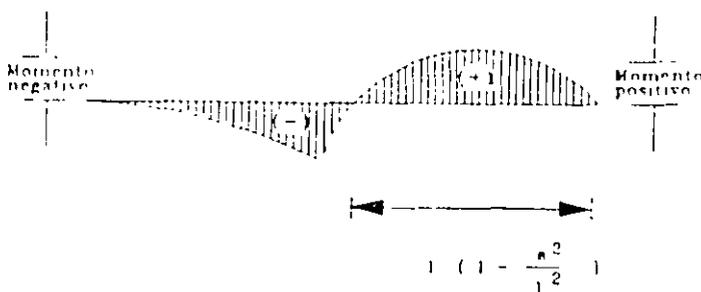


DIAGRAMA DE MOMENTOS

e) 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 daños, la mayoría de las veces, debido a un mal manejo que por malas condiciones de 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 terracerías con baches, cuando se transita al sitio de disposición final.

Evitar "montarse" sobre las banquetas, tratando de hacer más cortas las vueltas

Evitar transitar sobre el hombro de la carpeta asfáltica en el acotamiento con una sola llanta de las dobles del eje trasero.

Evitar el uso inapropiado y brusco de los frenos

Evitar acelerar y desembragar rápidamente de manera que las llantas resbalen sobre el pavimento al empezar a rodar

Evitar una disminución impropia o desbalanceada de la carga de basura

f) Revisión de Dimensiones

Como un ejemplo pondremos el caso particular de la Ciudad de México, en donde el Departamento del Distrito Federal en 1976, dictó normas que determinan las dimensiones máximas que deben tener los vehículos en su longitud (12.00 m), altura (4.00 m) y anchura (2.60 m), mismos que no deben ser excedidos. Entonces la revisión de la combinación chasis-caja, debe incluir la verificación de las dimensiones antes indicadas

### 2.3 Ejemplo de Aplicación

A continuación para ejemplificar la aplicación de lo visto anteriormente, se revisará un vehículo con chasis semejante al tipo Ford F-600, que será acondicionado para trabajar como vehículo recolector adaptándole una carrocería de volteo.

**Características del chasis (175" entre ejes)**  
(Dadas por el fabricante)

Peso bruto vehicular	_____	11130 Kg
Eje delantero (capacidad)	_____	3176 "
Eje trasero (capacidad)	_____	8393 "
Muelle delantero (capacidad)	_____	1678 "
Muelle trasero (capacidad)	_____	5275 "
Potencia de motor	_____	155 HP
Peso de muelles, eje y ruedas	_____	600 Kg (Delantero)
Peso de muelles, eje y ruedas	_____	1000 Kg (Trasero)
Módulo de sección del bastidor	_____	213 50 cm <sup>3</sup>
Dimensiones Longitud = 6 38, Ancho = 2 00 m, Altura = 2.40 m		
Volumen de la caja	_____	6.0 m <sup>3</sup>

**a) Revisión del chasis**

Se revisó que las descargas en los ejes fueran menores que las especificadas por la S C T , y que el peso total no excediera el peso bruto vehicular. Se consideró una densidad de la basura de 500 Kg/m<sup>3</sup>. Estos cálculos se muestran en el diagrama anexo, en donde se observa que

$$\begin{aligned} \text{Peso total} &= 6525 \text{ Kg} + 2462 \text{ Kg} = 8987 \text{ Kg} \\ 8987 \text{ Kg} &< 11130 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Descarga eje trasero} = 6525 \text{ Kg} < 9000 \text{ Kg especificado por la S C T}$$

Respecto a las dimensiones se tiene:

Longitud 3.38 < 12.00 m

Anchura 2.00 < 2.60 m

Altura 2.40 < 4.00 m

**b) Revisión del motor**

$$P = 1.013 \left\{ 0.0037V \left[ aH + p'H + 0.0047 SV^2 \right] \right\}$$

Se revisará considerando una velocidad promedio cargado de 40 Km/h, transitando sobre pavimento asfáltico, con una pendiente del 5%

De acuerdo a lo anterior tendremos:

V = 40 Km/h

a = 0.0175 (para pavimento asfáltico)

p = 0.05

A = Área expuesta = 2.00 × 2.40 m = 4.80 m<sup>2</sup>

v = 8985 Kg (de revisión del chasis)

Sustituyendo valores en la fórmula anterior se obtiene que

$$P = 97 \text{ HP} < 155 \text{ HP aceptable}$$

**c) Revisión de ejes**

Delanteros 2462 Kg < 3176 Kg de fabricante

Traseros 6525 Kg < 8393 Kg de fabricante

Se aceptan

d) Revisión de muelles

$$\text{Delanteros} \quad \frac{2462 - 600}{2} = 931 \text{ Kg}$$

$$931 \text{ Kg} < 1678 \text{ Kg de fabricante}$$

$$\text{Traseras} \quad \frac{6525 - 1000}{2} = 2763 \text{ Kg}$$

$$2763 \text{ Kg} < 5275 \text{ Kg de fabricante}$$

e) Revisión del bastidor

Para nuestro caso y de acuerdo a las dimensiones del chasis tendremos

$$l = 4.45 \text{ m.}$$

$$a = 1.30 \text{ m}$$

$$w = \frac{\text{peso total del vehiculo}}{l + a} = \frac{8985 \text{ Kg}}{4.45 + 1.3}$$

$$w = 1563 \text{ Kg/m}$$

Cálculo de los momentos

$$M(\pm) = \frac{w}{8l^2} (l \pm a)^2 (l - a)$$

$$= \frac{1563}{8 (4.45)^2} (4.45 + 1.3)^2 (4.45 - 1.3)^2$$

$$M (+) = 3236 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M (-) = \frac{wa^2}{2} = \frac{1563 (1.3)^2}{2} = 1320 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

Con lo anterior revisaremos que el módulo de sección del bastidor sea suficiente para resistir el momento flexionante máximo

$$S = \frac{M}{f} = \frac{323600 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}{1518 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$S = 2130 \text{ cm}^3 < 21350 \text{ cm}^3 \text{ de fabricante}$$

Puede suceder que el módulo de sección calculado sea mayor que el bastidor, cuando esto sucede, se refuerza el bastidor que generalmente es un perfil de canal, con una placa de acero soldada. El espesor de la placa y su longitud se calcula de la siguiente manera.

$$S = \text{faltante} = S \text{ calculada} - S \text{ fabricante}$$

Para una sección rectangular (caso de placa), el módulo de la sección viene dado por:

$$S = \frac{I}{Y} = \frac{bh^3/12}{h/2}$$

De aquí el espesor de la placa será

$$b = \frac{6S}{h^2} \text{ faltante}$$

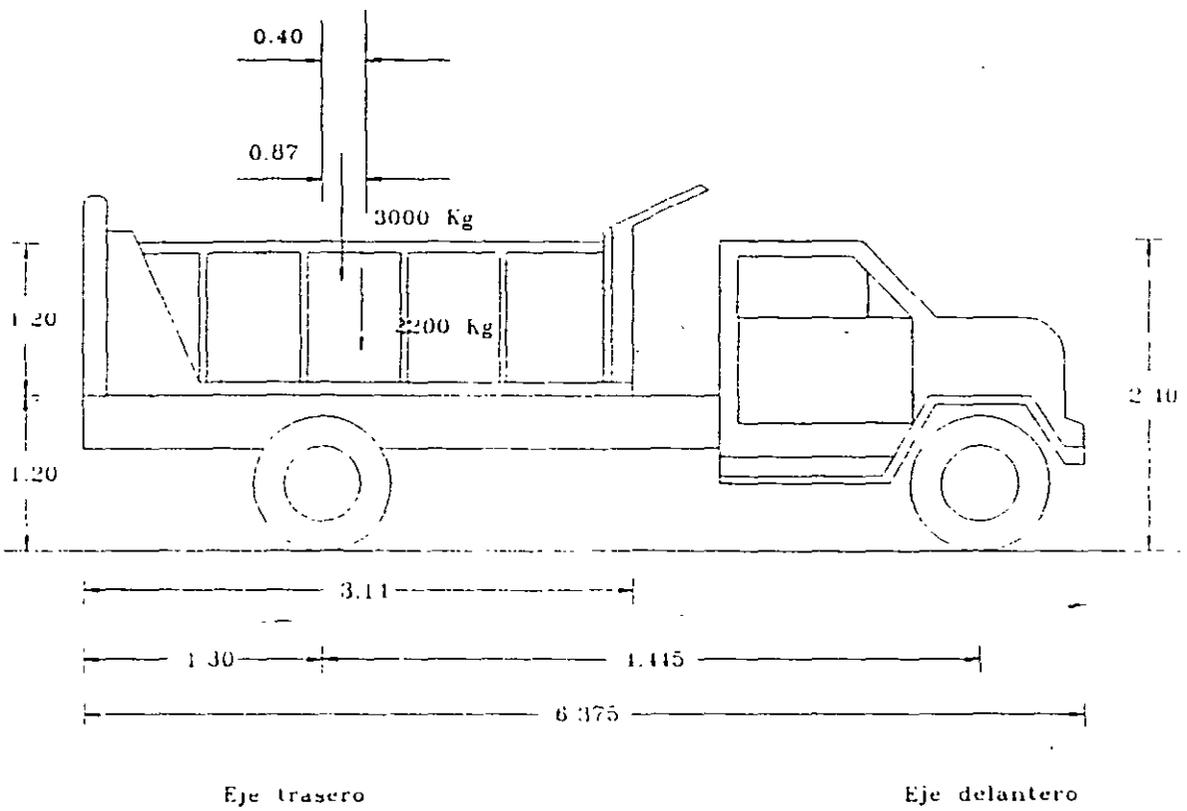
Para calcular lo anterior, el peralte de la placa se obtiene restando al peralte del bastidor uno o dos centímetros para soldadura

Finalmente la longitud de la placa de refuerzo se calcula de la forma siguiente

$$S \text{ faltante} = \frac{M}{f}$$

$$M = S \text{ faltante} \cdot f$$

Este momento excedente que deberá absorber la placa, se gráfica a escala en el diagrama de momentos desde la parte superior del momento máximo y su intersección con el diagrama define la longitud de la placa



Cargas debidas a

Chassis \_\_\_\_\_ 170 Kg \_\_\_\_\_ 2062 Kg

Caja  $\frac{2200 \times 4.05}{4.45} = 2002$   $\frac{2200 \times 0.40}{4.45} = 198$

Basura  $\frac{3000 \times 4.18}{4.45} = 2820$   $\frac{3000 \times 0.27}{4.45} = 182$

6525 < 9000 Kg (SCT)

## Datos

Peso bruto vehicular	_____	11130 Kg
Volumen de la caja	_____	6 m <sup>3</sup>
Peso de la caja	_____	2200 Kg
Peso de la basura	_____	3000 Kg
P V de la basura	_____	500 Kg/m <sup>3</sup>
Peso del chasis	_____	3785 Kg



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

**MODULO II: BARRIDO Y RECOLECCION DE  
RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

**TEMA**

**SALUD OCUPACIONAL**

**EXPOSITOR: ING. DORAIDA RODRÍGUEZ SORDÍA  
PALACIO DE MINERIA  
ABRIL 2001**

# La Salud Ocupacional en el Manejo de los Residuos Sólidos

## Jorge Ricardo Bernal

### Ingeniero Químico

---

#### Introducción.

Toda actividad humana organizada se orienta hacia la obtención de unos propósitos muy concretos. Alcanzar esos propósitos con el mínimo de esfuerzos, en el menor tiempo que sea posible y con un mínimo de pérdidas, puede considerarse como una realización exitosa de tal actividad.

Una Empresa Industrial tiene como objetivo básico la obtención de beneficios económicos fundamentándose en una óptima productividad, o sea el logro de una máxima producción (en lo referente a cantidad y calidad), con el menor costo posible.

En otras palabras, la producción industrial debe ser una operación rentable y esto se consigue mediante:

1. El aprovechamiento completo de todos los elementos de la producción,
2. La reducción de todos los gastos innecesarios,
3. El control de pérdidas de todo orden.

#### Elementos de la Producción.

1. Potencial humano: personal directivo, personal técnico, oficinistas, trabajadores de producción, etc.
2. Instalaciones y equipos: edificaciones, vehículos y demás elementos físicos diferentes de la maquinaria.
3. Maquinaria: máquinas- herramienta, maquinaria auxiliar, herramientas de mano y otros elementos de trabajo.
4. Materiales: materias primas, productos intermedios, productos terminados,
5. Tiempo: aprovechamiento satisfactorio de todo el tiempo remunerado. El caso contrario lo constituyen la lentitud en la producción, los "cuellos de botella", etc.

Dentro de estos elementos de la producción, el más importante, no solo desde el punto de vista ético, es el potencial humano, al cual debe prestarse una atención preferencial. Del trabajador se obtendrá el máximo de retribución productiva cuando:

- a. Se ha efectuado una buena planeación de sus labores,
- b. Se ha hecho una selección personal adecuada y se le ha ubicado convenientemente,
- c. Se le mantiene en el mejor estado de salud física y de salud mental.

Es posible establecer un paralelismo con una Empresa de Servicios Públicos cuyo objetivo es el ofrecimiento de un servicio eficiente para la comunidad a través de un funcionamiento optimizado que implica:

- a. La utilización adecuada de los elementos de producción,
- b. La minimización de los gastos innecesarios o de las pérdidas.

En cualquier tipo de empresa industrial o de servicio, se reduce la productividad cuando se afectan los elementos de la producción

Las enfermedades profesionales y los accidentes de trabajo son factores perturbadores que influyen adversamente sobre uno o más de los elementos de la producción.

Se eliminarán o se reducirán apreciablemente las pérdidas cuando se establece un programa de prevención de los riesgos profesionales. Para una mayor efectividad, la prevención debería comenzar a aplicarse desde la etapa de planeación de la prestación de un servicio o de la fabricación de algún producto.

Varias disciplinas se dedican a la prevención de las enfermedades y de los accidentes originados en los sitios o por razones del trabajo. Algunas definiciones permitirán identificarlas claramente.

### **Salud Ocupacional**

Un comité conjunto de la Organización Mundial de la Salud y de la Organización Internacional del Trabajo adoptó la siguiente definición en 1950

"La Salud Ocupacional tiene como objetivos la promoción y mantenimiento en el más alto grado, del bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones, la prevención de las enfermedades ocupacionales causadas por las condiciones del trabajo, la protección del personal de los riesgos resultantes por factores adversos para la salud en las diferentes labores, la ubicación y conservación de los trabajadores en los ambientes ocupacionales de acuerdo con sus aptitudes fisiológicas y psicológicas, en resumen, la adaptación del trabajo al hombre y de cada hombre a su propio trabajo

### **Higiene Industrial**

La Asociación Americana de Higiene Industrial ha adoptado esta definición

"La Higiene Industrial es la ciencia y el arte dedicados al reconocimiento, a la evaluación y al control de todos aquellos factores y condiciones ambientales que se originan en el sitio de trabajo y que pueden ocasionar enfermedad, deterioro de la salud y del bienestar, o incomodidad apreciable y baja eficiencia entre los trabajadores o entre los demás ciudadanos de la comunidad".

## Ergonomía

Una descripción que hace la Organización Internacional del Trabajo puede tomarse como definición.

"Ergonomía es la aplicación de las ciencias de la biología humana, en conjunto con las ciencias de la ingeniería, para lograr el ajuste mutuo óptimo del hombre y su trabajo, cuyos beneficios podrán medirse en términos de eficiencia y de bienestar humanos"

Expresándolo de otra manera, la ergonomía se propone: asegurar la máxima eficiencia de operación, minimizar la posibilidad de error humano, reducir la fatiga y eliminar, en cuanto sea posible, el riesgo para el trabajador

## Seguridad Industrial

La Seguridad Industrial se dedica a prevenir la ocurrencia de accidentes de trabajo, evitando así todas las consecuencias o efectos adversos.

El accidente de trabajo se define como un suceso inesperado e indeseable que se origina en el ambiente ocupacional. Es el resultado de una falla en algún elemento físico del trabajo o por el desempeño inseguro de alguna(s) persona(s). Puede(n) presentarse o no, lesión(es) personal(es) o daños sobre las instalaciones, los equipos o los materiales. De todas maneras interrumpe la marcha normal del trabajo y está asociado con pérdidas de tiempo.

Es necesario establecer una diferencia entre "**accidente**" y "**lesión**" debido a que no todo accidente produce lesión y a que la acción preventiva se orienta hacia las causas de los accidentes

El accidente es el suceso que puede prevenirse. La lesión es la consecuencia última de algunos accidentes.

Del estudio de los objetivos de la Salud Ocupacional, de la Higiene Industrial, de la Ergonomía y de la Seguridad Industrial, se deduce fácilmente que estas disciplinas coadyuvan en la tarea de lograr el mejor desempeño del elemento humano y que, de ninguna manera llegan a constituirse en motivo de interferencia con la producción o con la prestación de un servicio

Contribuyen directamente en la reducción de los costos de producción. De ahí que pueda expresarse que un **trabajo seguro** es un **trabajo eficiente** y que la **manera más sencilla** de realizar una tarea, generalmente es la **más segura**.

## **Consecuencias Indeseables**

Al fallar la prevención de los accidentes y de las enfermedades profesionales, se presentarán muchos efectos adversos.

1. Las personas sufrirán un deterioro de su salud, enfermedades, lesiones leves, lesiones graves y aún la muerte. Indirectamente se afecta la productividad de los individuos, lo cual representa un perjuicio tanto para los trabajadores como para la empresa.
2. La propiedad se ve afectada puesto que en los accidentes ocurren daños en las edificaciones, en las máquinas, en las herramientas, en los materiales y demás elementos físicos necesarios para la producción.
3. En determinados sucesos, a pesar de que no se presenten lesiones ni daños materiales, habrá pérdidas de tiempo que también significan pérdidas económicas.

## **Costos de los Accidentes**

Se acostumbra dividirlos en dos grupos:

- A- Costos "asegurables", a veces denominados "costos directos", que son aquellos fácilmente identificables puesto que corresponden a egresos específicos. Son ejemplos de costos asegurables.
- a. Los gastos médicos y de hospitalización
  - b. Los costos por rehabilitación
  - c. Los costos de las compensaciones y pensiones de invalidez
  - d. Los costos por servicios funerarios
  - e. Los costos de reparación o de reemplazo de los bienes que se malograron en el suceso.
- B- Costos "no asegurables", también denominados "costos indirectos", más difíciles de establecer puesto que no son contabilizables directamente. Ejemplos
- a. El tiempo gastado en la atención de los casos que requieren la prestación de primeros auxilios
  - b. Tiempo para el transporte del(os) lesionado(s) a los centros hospitalarios
  - c. Tiempo perdido (remunerado) por el trabajador que se lesionó
  - d. Tiempo no productivo de los trabajadores no lesionados pero que detuvieron su labor para ayudar o para observar al lesionado y los daños causados.
  - e. Tiempo gastado en la limpieza del área en donde ocurrió el accidente
  - f. Tiempo consumido para organizar la reanudación de las tareas interrumpidas por causa del accidente
  - g. Horas extra necesarias para recuperar el tiempo perdido de producción normal
  - h. Bajo rendimiento del lesionado cuando retorna al trabajo o durante el entrenamiento del reemplazo

- i Tiempo gastado en la investigación de las causas del accidente, en el diligenciamiento de los formularios, etc.
- j Intangibles como ánimo decaído de los trabajadores testigos del accidente (baja productividad); aumento de los conflictos laborales (por altos índices de accidentalidad); relaciones públicas desfavorables, etc.

Los costos no asegurables superan a los costos asegurables por un factor que puede estar entre 4 y 10 o un valor mucho mayor.

Siempre que ocurre un accidente, la productividad individual, la productividad de la empresa y la economía del país se verán afectadas directa o indirectamente.

Todo lo anteriormente expresado constituye un respaldo incontrovertible para adoptar dentro de toda empresa, un programa de prevención de accidentes y de enfermedades profesionales

### **Organización del Programa de Prevención de los Riesgos Profesionales.**

Con el fin de lograr los objetivos de:

- (a) Evitar la ocurrencia de accidentes y de enfermedades
- (b) Reducir los costos de operación o de producción,

deberán tenerse en cuenta estos puntos fundamentales:

1. Ubicación del programa dentro de un organigrama
2. Las políticas de las directivas sobre el tema
3. La conformación de un equipo multidisciplinario
4. La participación activa de todos los miembros de la empresa o entidad

#### **1 Ubicación del programa dentro de un organigrama.**

Las actividades de la Salud Ocupacional contribuyen a una eficiente producción y no son motivo de interferencia con ella.

Las funciones tienen carácter asesor más bien que ejecutivo. De esta manera el trabajador recibirá órdenes únicamente del superior jerárquico

Si los técnicos de Salud Ocupacional encuentran una situación de riesgo inmediato para los trabajadores, no intentarán ordenar la suspensión de labores si no que informarán al jefe de Sección, Departamento o Grupo, para que se corrija la condición peligrosa. Si esta persona está suficientemente motivada, atenderá las sugerencias y se conseguirán los efectos buscados sin causar traumatismos.

Obviamente que se contará siempre con la asesorara de los encargados de adelantar el programa de Salud Ocupacional

De lo anterior se deduce que la ubicación del programa dentro del organigrama, será el de un organismo asesor de las directivas, sin funciones ejecutivas. Debería depender de la gerencia o de otro ejecutivo del más alto nivel, quien; tenga la capacidad de tomar decisiones sobre el programa. Una comunicación directa, sin intermediarios, es uno de los factores básicos para la buena marcha de las actividades que le son propias.

Igualmente, se debería tener contacto con todos los jefes de Departamento o Sección para adelantar en conjunto muchas fases del plan integral.

## 2. Políticas de las directivas.

Es indispensable que las directivas de la empresa manifiesten explícitamente que la prevención de los riesgos profesionales es un objetivo importante de la organización y que respaldan completamente el programa y a sus ejecutores.

La actitud positiva de las directivas se manifiesta de diversas maneras.

- a) Promoviendo las comunicaciones para que la información sobre los temas de la seguridad y la higiene industrial lleguen a todos los sectores de la empresa
- b) Participando en los comités de higiene y seguridad a fin de tener un conocimiento directo de lo que allí se discute.
- c). Orientando lo referente a la selección del personal.
- d). Organizando el programa de capacitación, en forma que se integren los aspectos técnicos con los de salud y seguridad en las tareas.
- e) Estimulando a individuos o grupos que se destaquen por su comportamiento acorde con las normas de salud y seguridad.

## 3 Equipo humano multidisciplinario

La complejidad de los problemas involucrados requiere el concurso de varias disciplinas. El equipo básico estará formado por ingenieros y médicos especializados en las áreas de higiene y seguridad industrial y de medicina industrial

De acuerdo con las características de los procesos y los riesgos inherentes, puede ser necesario complementar el grupo de especialistas con químicos de higiene industrial, ergonomistas, toxicólogos industriales, psicólogos, epidemiólogos, etc.

Teniendo en cuenta los turnos de trabajo y la presencia de ciertos riesgos, el personal puede ser de tiempo completo o de tiempo parcial.

#### 4. Participación de todos los miembros de la empresa.

Dentro de una entidad bien organizada, ninguno de sus miembros puede considerarse ajeno al programa de prevención de los riesgos ocupacionales. En mayor o menor grado, todo individuo tiene alguna relación directa o indirecta con el programa

Por grupos, es posible definir funciones concretas, así:

##### a. Las directivas de la empresa deberán:

- Proporcionar un sitio seguro para el trabajo.
- Expedir un Reglamento de Higiene y Seguridad.
- Establecer los mecanismos para que los trabajadores:
  - Reciban una instrucción sobre la manera segura de desempeñarse
  - Sean supervisados para comprobar el cumplimiento de las normas respectivas
  - Se motiven para que presten una colaboración efectiva.
- Visitar periódicamente los sitios de trabajo con el propósito de enterarse directamente de la marcha de algunas fases del problema

##### b. Los jefes de departamento o sección, los supervisores o jefes de grupo tendrán que

- Conocer el Reglamento de Higiene y Seguridad.
- Estar enterados de los riesgos existentes y sobre los métodos preventivos y de control
- Vigilar a los trabajadores para que se desempeñen con el máximo de seguridad.
- Orientar y dar ejemplo a los subalternos, con sus actitudes positivas hacia el programa.
- Tomar las providencias para que se corrijan las condiciones de riesgo y los actos inseguros.
- Organizar las actividades de mantenimiento rutinario y de mantenimiento preventivo para garantizar unas condiciones seguras para el trabajo.
- Coordinar las acciones, en caso de que ocurran accidentes con lesión, para que los afectados reciban una atención médica oportuna.

##### c. A los trabajadores les corresponde.

- Cumplir el Reglamento de Higiene y Seguridad.
- Conocer y aplicar los procedimientos seguros en el trabajo.
- Colaborar en las actividades del Comité de Higiene y Seguridad.
- Informar con la mayor brevedad sobre la existencia de condiciones de riesgo.
- Informar sobre la ocurrencia de accidentes y acudir a la atención médica, aún en casos de que la lesión sea leve

## Investigación de las Causas de los Accidentes de Trabajo.

Un error muy común cuando se investigan las causas de los accidentes es el de la falta de profundización o el quedar satisfecho con una identificación apresurada de las causas inmediatas, que a veces son aparentes y que desorientan en la adopción de las medidas correctivas o preventivas

Fijados en principio el acto inseguro, la condición ambiental insegura o ambos, indispensablemente debe formularse la pregunta. **por qué?** (el porqué del acto inseguro o el porqué de la condición insegura).

La respuesta proporciona la información que permitirá identificar las causas mediatas, si las hay, de modo que se logrará dirigir una acción efectiva sobre las verdaderas causas del accidente.

El esquema que se presenta en la página 13 se denomina "diagrama de flujo de la anatomía de los accidentes", el cual intenta mostrar de manera ordenada, la secuencia de eventos para que se produzca un accidente. Partiendo de las consecuencias podrá llegarse a las causas.

La experiencia revela que el 80 % de los accidentes tiene su origen en el factor humano y el 20 % en el factor ambiental. Este hecho indica que el programa preventivo debe dar importancia primordial a la corrección (o a la prevención) del comportamiento inseguro de los trabajadores

A la identificación de las causas de los accidentes podrá llegarse a través de dos procedimientos: el retrospectivo y el prospectivo.

El procedimiento retrospectivo se basa en la investigación de los accidentes ocurridos dentro de la empresa. No es raro que las investigaciones se hayan limitado a los casos en que se ha presentado una lesión incapacitante. Siendo estrictos, las investigaciones deberían adelantarse para todos los sucesos que cobija la definición técnica de accidente de trabajo.

Deben mencionarse dos limitaciones para el procedimiento retrospectivo: (a) es necesario esperar a que ocurran accidentes para identificar las causas, (b) la acción preventiva básicamente será para accidentes del mismo tipo de los ocurridos.

El método prospectivo o de anticipación, denominado también análisis de riesgos se fundamenta en la identificación de los riesgos potenciales para orientar la adopción de los mecanismos preventivos, antes de que ocurran los accidentes. Tiene la ventaja de que cubre la más amplia gama de accidentes probables

Los procedimientos no son excluyentes entre sí y es posible emplear en la práctica una combinación de ambos, la cual es muy recomendable

## **Metodología de la Investigación**

Resumen sobre los temas que deben contemplarse en la investigación de las causas de los accidentes de trabajo

1. Todo accidente tiene que ser investigado, sin que interese cual haya sido la gravedad de las consecuencias
2. Se adelantará la investigación con la mayor brevedad. Las demoras aunque sean cortas, permiten que las pruebas se destruyan, se retiren o se olviden los detalles por parte de los testigos.
3. La investigación será conducida por una o más de las siguientes personas
  - a El superior inmediato del lesionado
  - b Un miembro de la dependencia de Seguridad Industrial o un miembro del Comité de Higiene y Seguridad
4. Los investigadores tendrán como guía estos principios:
  - a Objetividad y orden (usar un formato)
  - b No despreciar a priori ninguna pista
  - c Comprobar la existencia de condiciones y/o actos inseguros
  - d Preparar un informe escrito, el cual contendrá las sugerencias sobre medidas correctivas
5. Obtener la mayor cantidad de información posible de:
  - a El sitio concreto en donde sucedió el accidente (ubicación geográfica)
  - b Datos sobre el o los implicados (nivel de educación, experiencia en la tarea, edad, etc )
  - c Todos los datos sobre ubicación en el tiempo (hora, turno, día de la semana, etc )
  - d Lo que estaba haciendo el trabajador inmediatamente antes del accidente (es el oficio habitual?)
  - e Los elementos físicos que intervinieron (máquinas, herramientas, materiales, otros objetos)
  - f Las razones por las cuales existía una condición insegura o se realiza un acto inseguro.

## **Apreciación Cuantitativa de la Accidentalidad**

Cuando se dispone de una medida de la accidentalidad será posible:

- a Establecer comparaciones con otras empresas similares
- b. Comprobar si el programa de seguridad se mantiene acorde con los cambios introducidos (procesos, condiciones ambientales, etc.)
- c. Apreciar la efectividad de los métodos correctivos que se han adoptado

Son de amplia aceptación el Índice de Frecuencia (de los accidentes) y el Índice de Gravedad (de las lesiones), cuyas definiciones se enuncian enseguida.

$$I.F. = \frac{\text{No. de lesiones incapacitantes} \times 10^6}{\text{Número de horas-hombre de exposición}}$$

Donde:

**I.F.** = Índice de frecuencia, para periodos mensuales o anuales (acumulativo)

**Lesión incapacitante** = Aquella en que el tiempo perdido es de un día o más.

**Horas- hombre de exposición** = Obtenidas de manera exacta o por estimativos

Este índice tiene la desventaja de no incluir los accidentes sin lesión que son muy numerosos. Con base en estadísticas, Heinrich (en 1931) y Bird (en 1966) establecieron las relaciones:

<b>Heinrich</b>	<b>Accidentes</b>	<b>Bird</b>
1	Con lesión incapacitante	1
29	Con lesión leve	100
300	Sin lesión (con daños sobre la propiedad)	500

$$I.G. = \frac{\text{Número total de días perdidos o cargados} \times 10^6}{\text{Número de horas-hombre de exposición}}$$

Donde:

**I.G.** = Índice de gravedad, para periodos anuales

**Días perdidos o cargados** = Los días reales de incapacidad más la penalización cuando hay incapacidad permanente total o parcial.

**Número de horas- hombre de exposición** = Valor exacto o estimativo.

### Análisis de los Riesgos

El método es aplicable para actividades que aún no se están realizando, lo cual significa una intervención del programa de seguridad en la etapa de planeación de las tareas. Esta situación es la más ventajosa posible.

También se aplica en empresas en funcionamiento. En este caso se adelanta un estudio detallado de los riesgos potenciales, mediante la observación cuidadosa del personal en el desempeño efectivo de sus funciones.

El análisis de los riesgos puede ser cualitativo o cuantitativo. El primero consiste en una revisión no matemática de todos los factores que pueden afectar el sistema hombre-máquina. No se incluyen estudios de probabilidad de ocurrencia de un accidente.

El propósito es el de lograr las condiciones de máxima seguridad por eliminación o minimización de los riesgos, sin que se tenga en cuenta la probabilidad de ocurrencia para adoptar los métodos de control.

La búsqueda de los riesgos probables por factores ambientales (condiciones físicas del ambiente de trabajo) se orienta:

- a. Identificando las propiedades inherentes o características de los equipos, sustancias, etc. en contacto directo con los trabajadores
- b. Identificando las posibles fallas de tales elementos
- c. Precizando el grado de esfuerzo requerido por las tareas que se ejecutan

La búsqueda de los riesgos potenciales por factores personales (fallas humanas) podrá orientarse.

- a. Identificando los errores pronosticables y los errores al azar (aquellos difíciles de anticipar)
- b. Identificando los errores primarios, o sea los de la(s) persona(s) directamente relacionada(s) con la actividad, son los errores de operación
- c. Identificando los errores contribuyentes, que son los cometidos por otra(s) persona(s); son los errores de diseño, los de fabricación, los de mantenimiento etc

En todo análisis de riesgos se evalúan.

- 1 Las relaciones mutuas entre los riesgos primarios y los riesgos contribuyentes
- 2 Las condiciones del equipo y del personal en el sistema hombre- máquina (movimientos, esfuerzos, proximidad al punto de riesgo, etc.)
- 3 Los mecanismos para eliminar o controlar los riesgos (diseño especial; materiales adecuados, etc.)
- 4 Los aditamentos que pueden requerirse para una operación segura (guardas para la maquinaria, elementos de protección personal)
- 5 Los posibles efectos adversos que pueden resultar cuando se pierde el control de aquellos riesgos que no hayan podido eliminarse

Un análisis Cuantitativo puede ser necesario para determinar. (a) frecuencia de ocurrencia ya sea probabilística o relativísticamente, (b) magnitudes de riesgo; (c) costos comprendidos.

### **Análisis relativístico.**

En este tipo de análisis se hace intervenir la frecuencia aproximada con la que un evento adverso específico ha ocurrido con elementos operacionales existentes. Las gradaciones (ocurrencia remota, al azar, rara y crónica) se basan en la experiencia obtenida con sistemas componentes similares o se fundamentan en los resultados de las pruebas preliminares efectuadas con partes del sistema en estudio.

## **Análisis probabilístico.**

Es una determinación del nivel de seguridad de un sistema o subsistema en el cual se expresa el resultado en términos de probabilidad.

Una probabilidad es la expectativa de que un suceso ocurra un cierto número de veces en un número específico de ensayos.

El método considera que el nivel de seguridad de un sistema o subsistema en operación, podrá indicarse determinando la probabilidad de que los accidentes serán causados por riesgos específicos o combinaciones de riesgos, cuya presencia se ha establecido por medio de análisis cualitativos.

Las probabilidades se obtienen por experiencias de operación de sistemas similares, por pruebas preliminares, etc. Algunas objeciones a este procedimiento

- a Una probabilidad, como la confiabilidad, no garantiza nada. La probabilidad indica que un error o un accidente es posible, aunque sea rara la ocurrencia en un cierto periodo o durante un número considerable de operaciones. Es poco afortunado el hecho de que la probabilidad no indique cuando ocurrirá.
- b Éticamente no podría justificarse la existencia de un riesgo no controlado, no importa que tan alto sea el nivel probabilístico de seguridad.
- c Las probabilidades son proyecciones calculadas a partir de estadísticas obtenidas por experiencia. Aunque el equipo es estudio sea el mismo con el cual se obtuvieron las estadísticas mencionadas, las condiciones bajo las cuales funcionará quizás sean diferentes.
- d. El error humano puede tener efectos perjudiciales, así la confiabilidad en el equipo no se haya reducido

## **I- Sobre los Factores Humanos.**

Podrá prevenirse un comportamiento inseguro de los trabajadores, al organizar actividades en los campos de

- a Selección y ubicación del personal
- b. Educación y capacitación
- c Motivación y promoción del programa
- d Control de factores originados fuera del ambiente de trabajo.

### **a. Selección y ubicación del personal**

La selección considerada en un sentido positivo tiene por objeto poner en evidencia las capacidades y las habilidades de un aspirante para ubicarlo correctamente (si hay varios cargos disponibles) o para comprobar que esos atributos concuerdan con los requisitos o exigencias para una determinada tarea. Si se descubriesen deficiencias físicas o mentales, no se intentará descalificar a la persona para todo tipo de labor sino que se evitará localizarla en donde pueda agravarse su condición o en donde pueda llegar a constituirse en un riesgo para sí misma o para los compañeros de trabajo.

Se hace uso de gran variedad de pruebas y de exámenes físicos y psicotécnicos con el propósito de obtener la información deseada.

#### b. Educación y capacitación.

Exceptuando las acciones reflejas y las instintivas, puede expresarse que los actos humanos son aprendidos. Por tanto, la manera segura de actuar puede aprenderse. El hecho es muy significativo y constituye el pilar de cualquier programa de educación y de capacitación

La educación persigue crear una mentalidad receptiva hacia la prevención de los diversos riesgos del trabajo.

Mediante la selección se llegará a escoger individuos aptos y con ciertas habilidades, pero es probable que no posean una preparación suficiente. Por esta razón se requiere someterlos a un programa de capacitación en el cual se suministran conocimientos técnicos y se desarrollan habilidades adicionales como parte de plan de ajuste mutuo entre los elementos del sistema hombre- máquina, haciendo énfasis en el postulado de que producción y seguridad constituyen una unidad indivisible.

Varios principios deberán tenerse en mente cuando se programe la capacitación

1. Tiene que existir algún interés por parte del trabajador. No es posible aprender cuando faltan motivos para hacerlo.
2. La enseñanza debe ser metódica y gradual, teniendo en cuenta que hay individuos que asimilan los conocimientos de manera más lenta que otros.
3. El personal será más receptivo cuando ha comprendido perfectamente las razones por las cuales una tarea deberá realizarse en determinada forma
4. Habrá una completa concordancia entre los aspectos teóricos y los prácticos.

Además de enunciar claramente las etapas del procedimiento seguro, se demostrará como hacerlo, para desarrollar así hábitos seguros. El mejor entrenamiento práctico será el desempeño real del trabajo, con una supervisión muy estrecha inicialmente, para corregir de inmediato los errores que puedan cometerse

1. Parte de la capacitación consistirá en dar a conocer al trabajador el Reglamento de Higiene y Seguridad de la empresa a fin de que se familiarice con él desde el comienzo de su vinculación laboral a la entidad.
2. Para no perder los esfuerzos realizados en la fase de capacitación del personal, habrá una supervisión continuada

#### c. Motivación de los trabajadores.

Sin la cooperación de los trabajadores será muy difícil la marcha satisfactoria del programa. El grado de cooperación está en relación directa con la motivación del personal.

Por medio de la coacción o las amenaza con sanciones es posible conseguir una cooperación más aparente que efectiva. Se requerirá una vigilancia policiva, con todas las limitaciones que ello representa, para que se cumplan las normas.

Lo ideal sería lograr la cooperación voluntaria, por convencimiento, que tiene un carácter de firmeza y de perdurabilidad. Sus pilares estarán en:

1. los conceptos que se tengan acerca del trabajo
2. el conocimiento de que las directivas de la empresa se encuentran interesadas en la defensa de la integridad física y mental de sus trabajadores
3. el reconocimiento de que hay ventajas para todos con la realización segura de las labores diarias
4. la existencia de incentivos (de diversa índole) para retribuir el desempeño seguro en las tareas.

Se considera oportuno traer a colación algunas ideas relacionadas con el numeral 1. En la página 145 del libro "Empresas y hombres" se lee.

"Para unos la labor, especialmente la material, se presenta como un castigo de Dios o como una forma de someter la parte material del hombre a la servidumbre de su espíritu. El trabajo es una condena, una penitencia, una forma de purificación "

"Para otros, por el contrario, el trabajo es un constitutivo esencial de la naturaleza humana, es la expresión y autorrealización del ser humano. Por lo mismo el trabajo debe ser en si mismo fuente de satisfacciones "

"Todo trabajo es noble, pues manifiesta y realiza al hombre "

Ciertas labores pueden parecer para algunos, poco importantes o aún denigrantes. Los encargados de realizarlas pudieran sentirse frustrados y con un ánimo completamente decaído. La falta de motivación impedirá todo tipo de cooperación.

La actitud negativa podrá tornarse en algo positivo si se logra hacer comprender al trabajador que su labor es importante dentro de la empresa; que el buen funcionamiento de la entidad dependerá de la contribución individual y en conjunto de la totalidad de sus miembros

Otro de los temas que es preciso presentar a consideración de directivas y de trabajadores es el de los requisitos personales y la selección.

Una labor disminuye de categoría cuando se tiene la idea sobre ella de que no requiere condiciones personales especiales para desempeñarla que, por lo tanto, no es necesario hacer una selección de personal; que a ese cargo llegan personas que no han demostrado aptitudes en ningún otro oficio.

3. Antes de comenzar labores, se comprobará como mínimo el estado de la dirección del vehículo, el estado de los frenos, de las luces y los mecanismos de transferencia y compactación,

#### c. Elementos de protección personal.

Antes de suministrar esta clase de protección es preciso adelantar una campaña de educación y de motivación para que tales elementos cumplan su función.

Se explicará a los trabajadores la existencia de ciertos riesgos, la necesidad del uso de los elementos de protección; se mostrará la manera de emplearlos correctamente, se mencionará la forma de establecer cuándo están fallando.

La selección de estos elementos debe ser muy cuidadosa. Debe guiar su adquisición la calidad y no exclusivamente el costo.

Se establecerá un servicio de mantenimiento adecuado para estos elementos. Guía sobre necesidades de protección:

1. Cabeza cascos resistentes a los golpes, no necesariamente dieléctricos  
Respiradores—adecuados cuando sea el caso. Pañuelos y bayetillas no son sustitutos de los respiradores
2. Manos: guantes de cuero con refuerzo palmar; guantes de caucho con recubrimiento interior de algodón, con refuerzo palmar externo y superficie rugosa para conseguir buen agarre
3. Pies: zapatos de seguridad con puntera de acero y suela antideslizante
4. Tronco: uniforme de tejido resistente y doble costura; de colores muy visibles (amarillo, naranja, amarillo verdoso) Talla justa sin que apriete demasiado. Deseable manga corta o manga larga muy ajustada en los puños. Bota angosta, lisa (sin doblez). Sin partes sueltas (sobran las presillas). Parches de cuero en las hombreras y en las caderas (según la forma de trasladar los objetos) Capotes impermeables para tiempo lluvioso, de color claro o de color oscuro con franjas amarillas o naranja

#### **Control de los Riesgos - Aspectos Médicos**

Ya se ha tratado lo referente a la participación de los profesionales de la medicina en la selección del personal, en la ubicación de los trabajadores nuevos; en la realización de los exámenes periódicos, en el adiestramiento del personal para la prestación adecuada de los primeros auxilios

También correspondē a los médicos orientar y realizar el programa de vacunación periódica, adelantar campañas de educación sanitaria (inducir a los trabajadores para que tomen una ducha al finalizar la jornada de trabajo, para que se cree el hábito de lavarse las manos antes de comer, etc.).

Primeros Auxilios por las características del trabajo de los recolectores de residuos sólidos, que no permite tener un sitio permanente para laborar, se hace necesario que todo el personal reciba un entrenamiento en la aplicación de los primeros auxilios para los lesionados.

Las emergencias se presentan en cualquier sitio, distante del dispensario médico; si la ayuda que se presta no es la adecuada, podrá causarse un serio perjuicio a la víctima

No puede pretenderse aplicar convenientemente la respiración artificial, un torniquete o trasladar técnicamente a un fracturado, si no se ha recibido un buen entrenamiento. Corresponde al servicio médico, organizar este tipo de entrenamiento especializado

El personal médico conceptuará sobre la conveniencia o no de que en cada vehículo haya un botiquín de primeros auxilios y, en caso positivo, indicar su contenido

**El recurso humano es el potencial más valioso con que puede contar una empresa o entidad. Se protegerá y se conservará en condiciones óptimas mediante la correcta aplicación de los principios de la salud ocupacional.**

## **Bibliografía**

- International Occupational Safety and Health Information Centre (CIS) - Information Sheet No. 3 - "Manual Lifting and Carrying" - International Labour Office. Ginebra, 1962.
- Fawcett, H H and W.S. Woods, editors - "Safety and Accident Prevention in Chemical Operations" - John -Wiley and Sons, New York, 1965.
- Organización Internacional del Trabajo - "La Prevención de los accidentes" - Ginebra, 1970.
- De Montmollin, M. - "Introducción a la Ergonomía. Los Sistemas Hombres- Máquinas" - Aguilar, Madrid, 1971.
- Hammer, W - "Handbook of System and Product Safety" - Prentice Hall, Inc Englewood Cliffs, 1972.
- Suárez, Reinaldo - "Empresas y Hombres". - Editorial Centro Don Bosco. Bogotá, 1974
- Mc Cormick, E.J. - "Human Factors in Engineering and Design", - Tata Mc Graw- Hill Publishing Co Ltd New Delhi, 1976
- Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux - "Técnicas de Higiene Urbana - Recogida de Basuras - Limpieza de las Vías Públicas" - Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, 1977.
- Handley - "Industrial Safety Handbook", 2nd edition - Mc Graw- Hill Book Co. (UK) Ltd England, 1977
- Clayton, G D. and F E. Clayton - "Patty's Industrial Hygiene and Toxicology", 3rd edition Vol. 1 John Wiley & Sons New York, 1978.
- Margolis, B L and W.H. Kroes - "El Lado Humano en la Prevención de Accidentes" - Editorial el Manual Moderno, S.A Mexico, 1979.

## **Anexo - Guía Económica para el Manejo de Cargas**

Cuando se trata de movilizar manualmente diverso tipo de objetos, es necesario tener en cuenta, además del respectivo peso, variables como las que se enumeran a continuación:

- a. Variables relacionadas con la tarea: peso, tamaño y forma del objeto, altura, distancia y frecuencia del levantamiento del(os) objeto(s)
- b. Variables relacionadas con las condiciones ambientales: temperatura, humedad, movimiento del aire, presencia de agentes que contaminan el aire.
- c. Variables relacionadas con el factor humano: edad, sexo, condiciones físicas, postura asumida.

Lesiones características en los encargados del manejo manual de cargas:

- a. Afecciones de la espalda, con lesión aguda o crónica de los músculos sacroespinales y de los discos intervertebrales
- b. El riesgo de lesión aumenta cuando se combinan el esfuerzo excesivo con los cambios degenerativos en la espalda por razón de la edad avanzada o por cambios patológicos --
- c. Hernias abdominales de varias clases, dependiendo de la magnitud del esfuerzo realizado.
- d. Fatiga por un trabajo repetido, la fatiga puede ser origen de muchos accidentes
- e. Lesiones de los pies por caída de los objetos que están siendo movilizados especialmente cuando no se usa calzado de seguridad (con puntera de acero).
- f. Agravación de enfermedades circulatorias y respiratorias.

Evaluación del riesgo.

- a. Se consideran el peso de los objetos que se levantan y la frecuencia con que se realiza esa operación
- b. El método empleado hay perjuicios aún con cargas livianas, si se encorva la espalda, haciendo uso de los músculos débiles principalmente.
- c. Edad del trabajador. habrá mayores riesgos si se emplean trabajadores muy jóvenes o de edad avanzada. La edad más recomendable está entre los 20 y los 35 años.

La tabla que se incluye a continuación muestra el esfuerzo que soporta el quinto disco lumbar cuando se dobla la espalda, sin izar cargas o levantando determinados pesos.

Cargas permisibles.

La Organización Internacional del Trabajo sugiere como máximos los siguientes valores, cuando el izar cargas es una labor ocasional:

<u>Edad</u>	<u>Hombre</u>	<u>Mujer</u>
Adultos	40 Kg	15 a 20 Kg
16 – 18 años	15 - 20	12 a 15

**Tabla N° 2 – Limites razonables para izar cargas.**

Edad del Trabajador	Levantar ocasionalmente		Levantar frecuentemente	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
14 - 16	15 kg	10 kg	12 kg	7,5 kg
16 - 18	19	12	14	9
18 - 20	23	14	17	10,5
20 - 35	25	15	19	12
35 - 50	21	13	16	10
Más de 50	16	10	12	7,5

Es indispensable hacer una selección muy cuidadosa del personal y realizar un entrenamiento adecuado, en el caso de que se requiera movilizar frecuentemente cargas cuyo peso está por encima de los valores consignados en esta guía.

Otro aspecto fundamental es el de la forma como se izan y se movilizan los objetos. Las recomendaciones respectivas se presentan enseguida:

#### **Método para el manejo adecuado de cargas.**

1. Estimar el peso de la carga. No intentar hacerlo solo si se considera que es demasiado pesada. No sentirse apenado por solicitar ayuda.
2. Asegurarse de tener un buen apoyo en el piso. El cuerpo debe estar bien balanceado.
3. Colocarse lo más cerca posible del objeto. Los pies pueden apartarse unos 30 - 40 centímetros entre sí. También podrá tenerse un pie adelante y al lado del objeto.
4. Doblar las rodillas y agacharse como si fuese a sentarse, manteniendo la espalda recta. Si es necesario, bajar más una de las rodillas para estar aún más cerca del objeto.
5. Agarre correcto. Debe hacerse un agarre palmar para mayor seguridad. Así no se emplean músculos débiles y permite mantener los brazos rectos.
6. Comenzar a levantarse haciendo uso de los músculos de las piernas y de los brazos (que son poderosos) y no los de la espalda (que son débiles). Así se vence la inercia del objeto. Empleando el movimiento se permite que el peso del cuerpo se use ventajosamente, que tenga que realizarse un esfuerzo mínimo y que haya poca posibilidad de lesión.
7. Izar el objeto hasta la posición de transporte, procurando siempre que la espalda permanezca recta y llevando la carga cerca del cuerpo. Mantener los brazos tan cerca del tronco como sea posible.

8. Si es necesario cambiar de dirección, no se torcerá ni se rotará el tronco sino todo el cuerpo, variando la posición de los pies.
9. El mentón atrás. Las lesiones de los discos intervertebrales no se limitan a la región lumbar sino que también se presentan en la región cervical. Al retraer el mentón se alinea la cabeza con el cuerpo y se reduce la posibilidad de lesión. Esta posición facilita la respiración durante el esfuerzo .
10. Mantener una buena visibilidad por encima del objeto que esta siendo movilizad  
Es necesario ver por donde se camina para no tropezar ni caer



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

**MODULO II: BARRIDO Y RECOLECCION DE  
RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

**TEMA**

**MODELOS DE PRIVATIZACION DEL MANEJO DE  
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN AMÉRICA LATINA**

**EXPOSITOR: ING. DORAIDA RODRÍGUEZ SORDÍA  
PALACIO DE MINERIA  
ABRIL 2001**

## **Modelos de privatización del manejo de residuos sólidos urbanos en América latina**

*Noviembre de 1997*

**Autor: Ing. Luiz Edmundo Costa Leite**

**Edición y coordinación: Ing. Alvaro Cantanhede, CEPIS**

**Ing. Francisco Zepeda, HEP/HES**

---

### **PRESENTACIÓN**

La División de Salud y Ambiente de la Organización Panamericana de la Salud tiene el agrado de presentar este documento que analiza los procesos de privatización en el sector de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Estos procesos no son aislados, sino una consecuencia de la globalización de la economía y de los modelos neoliberales de desarrollo que la mayoría de países de la Región está adoptando. Con esta publicación la OPS busca, además de la documentación de casos, proporcionar orientación a las municipalidades que desean privatizar sus servicios e iniciar un proceso de evaluación para observar si este proceso está cerrando o ampliando la brecha de inequidad existente en la prestación de servicios a las comunidades más pobres de las ciudades. Agradecemos al autor su continuo apoyo a la Organización en sus esfuerzos por fortalecer la capacidad de sus países miembros en el área de los residuos sólidos municipales.

### **I. PREFACIO**

En los últimos 20 años, la manera de prestar servicios de aseo y manejo de residuos sólidos urbanos ha experimentado grandes cambios en las ciudades latinoamericanas. Como en otras regiones del mundo, se ha reducido la función operativo y gerencial del gobierno y se ha incrementado la participación de los empresarios privados y grupos comunales en la prestación de servicios, es decir, en la recolección, barrido de calles, tratamiento y disposición de basura.

Tradicionalmente, el manejo de residuos estuvo a cargo de los gobiernos municipales, pero hoy existe una variedad de modelos institucionales que incluyen también a los proveedores de servicios no gubernamentales, ya sean grandes, medianos o pequeños contratistas privados (generalmente empresas de ingeniería o transporte), microempresas, cooperativas u ONG.

Actualmente, la mayoría de los países en desarrollo tiende hacia la participación cada vez más activa del sector privado. En los Estados Unidos, por ejemplo, más de 10 000 empresas intervienen en la recolección, transporte, tratamiento y disposición de residuos sólidos, y las pequeñas empresas y algunas grandes son responsables de casi 80% de los servicios urbanos domésticos, comerciales e industriales.

En la ciudad de México; Colón y Ciudad de Panamá en Panamá, Asunción en Paraguay, Quito en Ecuador, Medellín en Colombia; y muchas otras, en general de pequeño y mediano porte, el gobierno aún está a cargo de los servicios, pero en la mayoría de las grandes ciudades de América Latina, como Buenos Aires y Córdoba en Argentina, Santiago en Chile, São Paulo,

Curitiba, Porto Alegre y Belo Horizonte en Brasil, Caracas en Venezuela, Bogotá, Cartagena y Barranquilla en Colombia; Guayaquil en Ecuador, Santo Domingo en República Dominicana, Montevideo en Uruguay, Monterrey en México y en muchas otras, el sector privado ha asumido en su totalidad la implementación de sistemas de manejo de residuos sólidos urbanos

En otras ciudades como Río de Janeiro, Manaus, Recife, y Niterói en Brasil; y Lima en el Perú, los contratistas privados están participando más en la provisión de servicios y la tendencia es aumentar esa participación en un futuro próximo. Este proceso se ha llamado "privatización", ya que el sector privado tiene una mayor participación en las operaciones rutinarias del manejo de residuos sólidos

Además de este tipo de participación no gubernamental, se debe señalar la existencia de cooperativas y microempresas que brindan servicios en ciudades de Costa Rica, Colombia, Ecuador, Panamá, Perú y Bolivia

También debe señalarse que debido a su imagen tradicional de "bien público" frente a la comunidad, reforzada por sus vínculos con la salud pública, la responsabilidad en el manejo de residuos sólidos continuará siendo de competencia pública.

Sin embargo, hoy en día existe una amplia variedad de modelos de participación del sector privado. Estas posibilidades difieren en los servicios prestados, en las características del proveedor privado y en el tipo de relación con los usuarios. Estos modelos presentan diferentes mecanismos para la recuperación de costos, es decir, para el financiamiento del costo operativo y de inversión, un aspecto clave para que cualquier sistema de manejo de residuos sólidos tenga éxito

Este documento presenta el modelo típico de prestación de servicios de manejo de residuos sólidos en América Latina, ilustra algunas situaciones en ciudades clave y trata las ventajas y problemas inherentes a cada modelo. Las diversas modalidades institucionales se examinan desde el punto de vista técnico, social y político, así como las consecuencias del uso de cada sistema en el proceso de planificación. Finalmente, el documento trata de prever el futuro del sector de residuos sólidos bajo estos nuevos paradigmas

## II. ANTECEDENTES

La prestación de servicios de manejo de residuos sólidos en América Latina, básicamente la recolección, barrido de calles y disposición de residuos, generalmente se considera una responsabilidad municipal, pública o del gobierno

En el pasado, en la mayoría de ciudades latinoamericanas estas actividades estaban a cargo del sector público, generalmente, una unidad o sección del departamento de obras públicas o de salud pública de la administración municipal. En esos casos, el equipo, camiones de recolección y transferencia y maquinaria para el movimiento de tierra, pertenecían a la municipalidad y el personal involucrado era parte de la estructura administrativa de ella

Sin embargo, en los últimos 20 años este panorama ha cambiado en América Latina y la manera de brindar servicios de recolección de basura, barrido de calles, y en menor grado, la disposición de basura, es ahora muy diferente. Estos cambios y modelos innovadores casi siempre se han presentado sin ninguna política del gobierno, reglamentos ni incentivo financiero.

A continuación se ofrece una descripción y algunos comentarios sobre estos sistemas que se emplean en América Latina y una visión de los modelos más usados y de las tendencias de la prestación de servicios en el sector

### III. MODELOS EXISTENTES

Las maneras más usuales de proporcionar servicios de recolección de basura, barrido de calles y disposición de basura pueden clasificarse en seis grupos principales, de acuerdo a una escala descendente de la participación del gobierno

- 3.1 Manejo municipal directo
- 3.2 Autoridad autónoma
- 3.3 Contratación de la operación por la municipalidad
- 3.4 Concesión al sector privado
- 3.5 Concesión a organizaciones comunales (OC u ONG)
- 3.6 Proveedores privados, formales e informales (mercado libre)
- 3.7 Modelos combinados

La manera en que el proveedor de servicio opera en cada uno de estos grupos no es estándar ni rígida, más bien da lugar a la séptima categoría de modelos combinados/mixtos

Algunas veces, en distintas áreas de una misma ciudad se aplican modalidades diferentes. Esto ocurre porque en las grandes ciudades es una práctica común del gobierno mantener parte de la ciudad servida a través de la operación municipal directa como una forma de comparar costos y eficiencias con el proveedor privado y también para mantener a los especialistas en el manejo de residuos sólidos dentro del gobierno, lo cual se logra con esta práctica

A continuación se describe brevemente cada uno de estos sistemas así como sus principales variantes

#### 3.1 Manejo municipal directo

La operación municipal directa es la manera más tradicional de brindar servicios de manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe, así como en la mayoría de ciudades del mundo en desarrollo. En este sistema, la operación está totalmente a cargo del municipio con su propio personal, vehículos y equipo. El organismo empleado por el municipio para prestar servicios puede pertenecer a la estructura administrativa municipal centralizada, en cuyo caso puede estar bajo una secretaría o departamento responsable de las obras públicas, servicios públicos o salud pública.

De acuerdo al tamaño de la ciudad, los servicios administrativos y de apoyo de la autoridad de manejo de residuos sólidos no estarán dentro del mismo organismo, lo que significa que la administración de personal, el mantenimiento y adquisición de vehículos y equipo, el asesoramiento legal, la comunicación pública y otros apoyos estarán en otras unidades municipales

Esta situación es comprensible en el caso de ciudades pequeñas, pero plantea problemas cotidianos ya que generalmente el manejo de residuos sólidos tiene menor prioridad cuando compete por recursos financieros y prioridades políticas con otras instancias municipales. Además, en una gran estructura municipal surgen problemas al manejar la adquisición de herramientas, equipo y vehículos (incluidos repuestos), la administración de personal, especialmente la contratación y despido de personal, y los sueldos que tienen que estar conforme con la estructura municipal sin considerar la idiosincrasia del sector de residuos sólidos. En otras palabras, las reglas y procedimientos del servicio público imponen limitaciones que obstaculizan la eficiencia del manejo de los residuos sólidos dentro de la administración municipal directa

Además de los problemas gerenciales, también se sabe que este modelo es particularmente vulnerable a la interferencia política. Por ser un empleador importante de mano de obra no capacitada, existe presión por parte de los políticos vinculados al gobierno para contratar a sus correligionarios. Con frecuencia, los políticos interfieren en el nombramiento de gerentes del organismo de manejo de residuos sólidos, no sólo para complacer al funcionario nombrado sino también para tener un canal directo a fin de proporcionar servicios públicos a su electorado

En una estructura municipal es difícil implementar técnicas gerenciales modernas y los problemas aumentan al crecer el sistema. Esta situación negativa motiva que se deje de lado la administración municipal directa para ser reemplazada por otros modelos institucionales, como ha sucedido con los servicios de infraestructura, telecomunicaciones, abastecimiento de agua, alcantarillado y electricidad

Asimismo, se debe recordar que en este modelo hay cierta participación del sector privado, por ejemplo, en el alquiler temporal de vehículos, camiones y maquinaria para el movimiento de tierra en la construcción de rellenos sanitarios o estaciones de tratamiento y en la construcción y mantenimiento de edificios usados por la institución de manejo de residuos sólidos tales como oficinas, talleres, etc

En este modelo institucional, el financiamiento para el manejo de residuos sólidos proviene directamente del tesoro municipal, a través del presupuesto regular. Por su parte, el municipio cobra a los generadores de basura a través del sistema de impuestos de la administración local que factura a los generadores directamente o a través del impuesto a la propiedad, tarifa de agua o electricidad (véase la parte sobre recuperación de costos).

### **3.2 Autoridad autónoma**

En el curso de los años setenta, los gobiernos municipales en las ciudades de rápido crecimiento comenzaron a notar que era cada vez más difícil manejar las grandes estructuras requeridas para prestar servicios eficientes de manejo de residuos sólidos empleando sólo estructuras

municipales. Una solución sería contratar algunos de los servicios a empresas privadas y otra, establecer un organismo con autonomía administrativa y sostenibilidad financiera

En este último caso, el objetivo era encontrar una manera de pasar por alto los procedimientos y limitaciones del gobierno municipal y mantener los servicios en manos de las autoridades municipales

Estos organismos o autoridades se han establecido bajo conceptos diferentes, tales como corporación pública, fundación pública, autoridad paraestatal e incluso, empresa pública, un acuerdo según el cual el organismo se organiza como una empresa privada y las acciones pertenecen al gobierno. En todos los casos, estos acuerdos deben eliminar o al menos reducir la inevitable burocracia inherente a la administración pública directa. En la mayoría de los casos es una empresa municipal pero autónoma de la burocracia

La entidad municipal también puede formarse con capital privado, como sucede con las empresas colectivas, pero la mayor parte de capital no siempre está en manos del gobierno municipal. Las ventajas no sólo son que el gobierno retiene una participación importante en la empresa, sino que se mantiene el carácter "gubernamental" de la autoridad y en consecuencia se le otorga impuestos y otros privilegios.

El grado de libertad y autonomía de estas entidades varía en gran medida, pero siempre cuentan con personal y autonomía financiera y el ingreso generalmente proviene de la facturación directa a los clientes. En este sistema, aunque reducida, persiste la dependencia política con el gobierno municipal porque éste nombra a la junta directiva y otros rangos

La aceptación pública de este modelo institucional ha sido favorable, al menos al inicio del proceso, ya que la nueva entidad se forma para mejorar el nivel de prestación de servicios y esto es lo que usualmente ocurre. Finalmente, se debe recalcar que independientemente de toda autonomía e independencia de la autoridad pública, la responsabilidad máxima de la provisión de servicios corresponde al gobierno municipal.

### **3.3 Contratación de la operación por la municipalidad**

En la década de los setenta, cuando las deficiencias de los servicios municipales comenzaron a ser evidentes, las autoridades municipales en las diferentes ciudades decidieron buscar alternativas para el sistema tradicional. Una de ellas fue la creación de autoridades municipales independientes y autónomas, mientras la otra fue contratar a empresas privadas para los servicios de recolección total o parcial y de barrido de calles

En el segundo caso, los gobiernos municipales contratan a las empresas privadas, generalmente mediante un proceso de licitación como ocurre con las obras públicas, lo que implica que el municipio paga al contratista mensualmente, según la cantidad de basura recogida, medida en peso o volumen o según una cantidad fija definida en el contrato

Hoy en día, esta es la alternativa más frecuente al sistema tradicional de operación municipal directa. Los residuos considerados en los servicios de recolección incluyen residuos domésticos, basura industrial y comercial liviana y residuos hospitalarios, y las actividades de barrido de calles podrían incluir limpieza y mantenimiento de jardines. Más recientemente, a medida que el control ambiental gana prestigio, también se están contratando operaciones de tratamiento y disposición, lo que implica la operación de rellenos sanitarios y plantas de compostificación e incineración.

Este procedimiento ha sido la forma más popular del llamado proceso de "privatización", pero en realidad sólo se está aplicando al sector de manejo de residuos sólidos lo que durante largo tiempo ha sido una práctica común en otros sectores del gobierno tales como construcción de edificios y estructuras públicas, caminos, etc.

Otro tipo de "empresa" que está prosperando en América Latina, especialmente en las áreas periurbanas o de bajos ingresos de varias ciudades grandes son las microempresas o cooperativas laborales. En los últimos 10 años, el crecimiento en número y tamaño de estas empresas ha sido enorme y en América Latina todavía no se ha hecho un estudio para caracterizar o describir apropiadamente este sector. En el inciso 3.5 se trata más detalladamente este concepto.

Actualmente, la contratación de empresas está yendo más allá de los servicios operativos y está alcanzando las actividades de monitoreo y control. En las grandes ciudades, donde los contratos para el control y monitoreo son una tarea compleja y extensa, el manejo de los contratistas privados también puede estar a cargo de empresas especializadas de ingeniería. Generalmente, los gobiernos municipales contratan empresas que trabajan bajo control y supervisión municipal y reportan a ellos los datos y desarrollo de la operación.

Una variante de este modelo es cuando el contratista está a cargo de los bienes públicos. La situación más común es que el contratista privado utilice garages, talleres y vehículos y equipo pertenecientes al gobierno. El valor de estos bienes al estar en manos del contratista privado puede ser pagado al municipio (o al dueño del bien) por el contratista, como un contrato de arrendamiento o puede deducirse del valor que el municipio tiene que pagar al contratista por los servicios prestados a la ciudad.

Por lo general, los contratos de manejo de residuos sólidos se otorgan mediante un proceso de licitación pública durante un periodo de 4 a 8 años y los pagos son mensuales según la cantidad de servicio prestado u otros criterios (véase la parte sobre recuperación de costos).

### **3.4 Concesión al sector privado**

La provisión de servicios de manejo de residuos sólidos a través de una concesión (o franquicia) es un arreglo institucional ampliamente usado en Estados Unidos y Canadá, pero sólo recientemente se ha comenzado a emplear en algunas ciudades de América Latina.

Esta forma de prestación de servicios privados se ha usado ampliamente en la Región para otros tipos de servicios de infraestructura pública tales como servicios de luz, teléfono, agua, alcantarillado y transporte público, pero muy poco para el manejo de residuos sólidos.

El modelo de concesión privada implica que una empresa concesionario se encarga de la recolección de residuos sólidos y otros servicios y cobra directamente a los residentes atendidos y a otros generadores de residuos

Generalmente la prestación de servicios de manejo de residuos sólidos está a cargo de una empresa asignada a un área definida y el usuario paga directamente al proveedor de servicios y no a la tesorería municipal, lo cual lo diferencia de los otros tipos de prestación de servicios privados

Cuando a una empresa se le asigna un área específica, se establece un monopolio temporal y por ello, el gobierno debe monitorear de cerca las condiciones del servicio y la facturación, ya que la competencia se limita al tiempo que dura el proceso de licitación en la que cada proveedor privado fija su condición de operación y precios. De ahí en adelante, es responsabilidad del gobierno ejercer el control y monitoreo porque en última instancia la responsabilidad reside en el gobierno

La función del gobierno en este caso se limita básicamente a la definición del área, periodo de concesión, estructura de la tasa y el nivel de calidad de los servicios. Se debe recordar que el gobierno debe establecer una estructura técnica y administrativa para controlar y monitorear las reglas y estándares de la concesión. Esta actividad, que corresponde al gobierno, generalmente no se cumple

Este tipo de arreglo otorga mayor responsabilidad y riesgo a la empresa privada, pero también más autonomía de la tesorería municipal y en consecuencia más independencia de los asuntos políticos y otras interferencias

### **3.5 Concesión a organizaciones comunales (OC u ONG)**

Este método emplea organizaciones comunales (OC) y ONG (organizaciones no gubernamentales), asociadas entre ellas o no, y su área de operación generalmente son las áreas peor atendidas de la ciudad o aquellas no atendidas en absoluto como los barrios pobres y áreas invadidas

Uno de los problemas más difíciles del manejo de residuos sólidos en América Latina es atender a estas áreas no planificadas de bajos ingresos, pues usualmente, a los camiones compactadores o volcadores de basura se les hace muy difícil acceder a estas zonas. Esta situación obstaculiza la posibilidad de recolección de casa en casa y muchas veces la recolección por cuadradas. Entonces, la única manera de recolectar residuos es a través de métodos intensivos de trabajo, llevando manualmente la basura a un lugar apropiado donde luego la recogen los camiones de recolección

La primera fase de este método de recolección se conoce como recolección primaria y estas instituciones comunales son las que mejor han respondido a esta tarea y usan equipo y métodos no convencionales. La intervención del municipio varía desde financiar o subsidiar la operación de recolección primaria hasta no apoyar ni intervenir en la operación o financiamiento del sistema

La organización comunal puede establecerse como una microempresa o como una cooperativa o incluso como una asociación vecinal. Emplean trabajadores, por lo general mujeres, que viven en la misma zona donde se prestan los servicios, emplean tecnologías apropiadas (herramientas, equipo y vehículos sencillos) y son pagadas ya sea por el gobierno o por la misma comunidad

La selección de materiales reciclables para su venta y para ayudar a que el proyecto sea económicamente viable muchas veces se asocia con este tipo de provisión de servicios

El financiamiento de estos sistemas está a cargo del gobierno o de los proveedores del servicio o ambos, algunas veces con la ayuda de las ONG u organismos de ayuda externa

### **3.6 Proveedores privados, formales e informales (mercado libre)**

Este modelo también podría definirse como el concepto de mercado libre, donde la prestación de servicios está a cargo de diferentes proveedores sin un área exclusiva y con precios definidos por el mercado.

En este modelo (que puede verse también como una falta de modelo) el gobierno municipal no interfiere con la provisión del servicio ni con el financiamiento de la recolección, aunque es posible que algunas veces ejerza cierto control y monitoreo. En este caso, el proveedor del servicio de manejo de residuos sólidos hace el contrato de la recolección directa y libremente con los generadores de basura

La interferencia del gobierno, si la hubiera, se limita a establecer lineamientos y ordenanzas sanitarias y a vigilar su cumplimiento. Estas ordenanzas y principios se referirán básicamente al tipo de camiones empleados en la operación de recolección y a la disposición adecuada de estos residuos. En ocasiones también se establece una autorización de las empresas para operar sin limitaciones de áreas exclusivas.

Este enfoque es el más cercano a un sistema de mercado libre y se emplea con mayor frecuencia en el caso de residuos industriales y grandes cantidades de residuos comerciales provenientes de hoteles, supermercados o centros comerciales

El mayor de los problemas que está ocurriendo con este sistema es la deficiente calidad sanitaria de los servicios proporcionados, especialmente en la etapa de disposición, ya que hay la tendencia de no seguir los estándares ambientales a fin de reducir los costos y hacer los precios más atractivos y competitivos

### **3.7 Modelos combinados**

En la práctica, los sistemas institucionales de manejo de residuos sólidos de las ciudades latinoamericanas no siguen exactamente los conceptos presentados sino una mezcla o combinación con predominio de uno de ellos, generalmente el organismo del gobierno, ya sea independiente de la estructura administrativa municipal directa o no

Estos modelos híbridos tratan de obtener ventajas de los diferentes modelos institucionales y pueden asumir diversos formatos, como se muestra en la sección IV

### **Resumen de las opciones**

El siguiente cuadro resume los modelos institucionales discutidos y los conceptos relacionados con cada uno de ellos

### Modelo institucional y conceptos asociados

Modelo institucional y tipo de organización del operador	Propietario de los bienes		Monopolio	Responsabilidad de los clientes/ control	Recolección/ conjunto de ingresos	Riesgo comercial para los empresarios	Independencia de la interferencia política
	Vehículos y equipos	Construcción civil					
1. Administración directa del municipio a través de una sección	Propiedad del gobierno.	Propiedad del gobierno.	Completo	Gobierno	Gobierno	No aplicable	Dependiente
2. Autoridad independiente de la ciudad, empresa municipal, autarquía	Propiedad del gobierno.	Propiedad del gobierno.	Completo <sup>1</sup>	Gobierno/ gobierno y junta	Gobierno	No aplicable	Dependiente
3. Operador contratista del municipio, empresa privada	Propiedad privada.	Propiedad privada/ gobierno <sup>2</sup>	Temporal <sup>3</sup>	Privado y gubernamental/ gobierno	Gobierno	Bajo	Independiente
4. Concesionario privado, empresa privada	Propiedad privada	Propiedad privada.	Si o no <sup>4</sup>	Proveedores privados/ gobierno	Privado	Moderado	Independiente
5. Cooperativa comunal/ ONG	Propiedad privada.	Propiedad privada/ gobierno <sup>1</sup>	Si <sup>1</sup>	Proveedores privado/ mercado	Privado	Alto	Menos dependiente
6. Proveedor privado independiente, empresa independiente	Privada	Privada	No <sup>5</sup>	Proveedores privados/ mercado	Proveedores privados	Alto	Independiente
7. Modelos combinados (1) o (2) combinados con (3); (4), (5)	Propiedad privada/ gobierno	Propiedad privada/ gobierno	Si o no <sup>6</sup>	Gobierno	Gobierno	No aplicable	Dependiente

<sup>1</sup>El operador privado (contratista), ONG u OC puede emplear, bajo arriendo u otro arreglo, talleres municipales, oficinas, patios, etc.

<sup>2</sup>Durante la vigencia del contrato unicamente.

<sup>3</sup>Generalmente sí, pero depende de la decisión de la autoridad.

<sup>4</sup>No se debe a una decisión política sino a la falta de competidor

<sup>5</sup>La competencia puede ser imperfecta debido a factores de contigüidad.

<sup>6</sup>Puede haber cierta interferencia política debido a que estas organizaciones generalmente están subvencionadas por el gobierno municipal.

## IV. EJEMPLOS DE AMÉRICA LATINA

A fin de lograr una mejor comprensión de los conceptos presentados, se describen varios modelos institucionales de algunas ciudades latinoamericanas. A falta de una encuesta, estas muestras indican las tendencias sobre cómo se proporcionarán los servicios en un futuro próximo. Debe recalcar que la muestra es sólo ilustrativa y por falta de datos no fue posible un análisis cualitativo o cuantitativo.

Los casos descritos a continuación corresponden al período de 1991 a 1995 y puede que las circunstancias hayan cambiado desde entonces.

### 4.1 Administración municipal directa

Por ser la manera más tradicional de prestar servicios de manejo de residuos sólidos, este modelo institucional aun se emplea en la mayoría de ciudades medianas y pequeñas de América Latina. Algunas ciudades grandes también emplean este sistema para la recolección de basura y el barrido de calles, como en la ciudad de México o para el sistema completo, como en Asunción, Paraguay y en Managua, Nicaragua.

La ciudad de México aún depende de los organismos descentralizados de administración (Delegaciones) para el barrido de calles y recolección de basura en la ciudad, mientras que el gobierno municipal central (Departamento del Distrito Federal) está a cargo de la operación de las estaciones de transferencia más importantes, de la limpieza de las avenidas más importantes y de las operaciones de disposición a través de la Dirección Central de Servicios Urbanos de la Secretaría General de Obras.

Es interesante notar que en Asunción no ha ocurrido el proceso de privatización o desmunicipalización. De hecho, se ha revertido al sistema antiguo de operación municipal directa. Hasta 1995, parte de los servicios de recolección (30%) estaba a cargo de un contratista pero cuando el municipio pudo comprar nuevos vehículos de recolección, el área de la ciudad atendida por el contratista privado fue retomada por el servicio de limpieza municipal.

En la ciudad de Managua se está experimentando la privatización con un concesionario, pero durante la década de los ochenta, las operaciones de residuos sólidos estaban a cargo de una autoridad autónoma del gobierno. Sin embargo, la administración municipal decidió abolirla y asignar todas las operaciones de recolección y barrido de calles a un área del departamento de obras públicas. Según las autoridades municipales, ello ocurrió porque la empresa municipal tenía un grado excesivo de autonomía e independencia.

Sin duda, en muchas otras ciudades de América Latina y el Caribe, la mayoría de ciudades medianas y pequeñas y algunas capitales aun se emplea este modelo institucional, pero existe una clara tendencia hacia la creciente participación de la empresa privada y otros cuerpos no gubernamentales en la prestación de servicios.

## 4.2 Autoridad municipal de residuos sólidos

La COMLURB, Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro, puede considerarse como una de las primeras establecidas y uno de los ejemplos más importantes de este sistema. Este organismo se estableció en 1974 en reemplazo del antiguo DLU - Departamento de Limpeza Urbana, una autarquía paraestatal. A continuación se muestra un esquema de esta empresa:

Según se puede ver en el gráfico, la COMLURB está organizada como una empresa privada y no depende del gobierno municipal en lo que a finanzas y administración de personal se refiere, una situación distinta a la de la administración municipal directa.

Si bien actualmente la COMLURB está comenzando a emplear los servicios de contratistas privados en algunos de sus servicios de manejo de residuos sólidos, en la década de los setenta fue una entidad pionera en cuanto a la conversión de servicios de administración directa en empresa pública.

En ciudades importantes del Brasil como Brasilia, Belo Horizonte, Porto Alegre y muchas otras en Perú, Colombia y Ecuador, los servicios de manejo de residuos sólidos están a cargo de organismos autónomos municipales.

En Bolivia, bajo el plan GARSU (Gestión Ambiental de Residuos Sólidos Urbanos), las ciudades de Tarija, Sucre, Cochabamba y Trinidad han decidido iniciar sus propios servicios a través de organismos autónomos e independientes de manejo de residuos sólidos.

En Colombia, de acuerdo con la Ley de Servicios Públicos de 1994, Ley 142, es obligatorio que la provisión de servicios públicos tales como agua y desagüe, electricidad, teléfono, etc. esté atendida por empresas municipales, como EMSIRVA en Cali, Empresas Varias de Medellín y Empresas Públicas de Bucaramanga.

Hasta hace poco en Bogotá existía EDIS, la empresa del gobierno municipal que fue cerrada en 1994 debido a su bajo desempeño. Después de un análisis comparativo del rendimiento, desde 1989, el municipio de Bogotá reemplazó los servicios de este organismo por cuatro contratistas privados. Desde entonces los servicios de recolección y barrido de calles han estado a cargo de cuatro contratistas (Aseo Capital, Ciudad Limpia, Corpoaseo Total y Lime) y las operaciones del relleno sanitario a cargo del contratista Prosantana.

En Colombia, las ciudades de Barranquilla y Cartagena han decidido abandonar el anterior concepto de empresa municipal y se han privatizado a través de la contratación de medianas y pequeñas empresas colombianas especializadas.

En 1976 se fundó en Caracas una organización paraestatal (IMAU) para manejar la recolección, transferencia y disposición de residuos sólidos en el área metropolitana de Caracas. Esta tarea se realizó directamente hasta 1981 y a partir de allí, estuvo a cargo de empresas privadas.

En el área metropolitana de Monterrey, en el Estado de Nuevo León, se puede encontrar una variación del organismo municipal donde SIMEPRODE, una entidad que coordina los municipios y está controlada por el estado de Nuevo León, tiene a su cargo la disposición de residuos sólidos de siete municipios.

En Ecuador, EMASEO, Empresa Municipal de Aseo, es otro ejemplo de un organismo municipal de manejo de residuos sólidos responsable de todos los servicios en Quito, la ciudad capital

### **1. Operación contratada por la municipalidad**

Hasta ahora, la contratación de los servicios por la municipalidad es el sistema más común mediante el cual los operadores privados brindan servicios de recolección y otros relacionados con el manejo de residuos sólidos. Las empresas que prestan servicios en este mercado pueden agruparse en dos tipos, las grandes y medianas; originadas en las grandes empresas de transporte y construcción de caminos que generalmente operan en grandes ciudades (y a veces en diferentes países) y las pequeñas que operan en ciudades de hasta cerca de 300 000 habitantes

Las empresas privadas incluidas en este proceso que se inició en Brasil y Chile, seguido de Argentina, fueron generalmente las de transporte y construcción de caminos. Esta tendencia se extendió luego por ciudades importantes de Venezuela y Perú y hoy se ha generalizado en las ciudades más grandes de América Latina

Dos de las ciudades más grandes de nuestro continente, São Paulo y Buenos Aires, han empleado este sistema durante casi 20 años y no sólo para la recolección de basura y el barrido de calles sino también para la transferencia, tratamiento y disposición. En São Paulo la participación de contratistas privados se inició al comienzo de la década de los setenta y se amplió gradualmente hasta que todas las actividades de manejo de residuos sólidos fueron operadas por seis contratistas. El control y monitoreo del sistema también estaba a cargo de una empresa privada de ingeniería. En este caso, los bienes físicos de las plantas de transferencia, tratamiento y disposición aún pertenecen al municipio de São Paulo. A su vez, el equipo y vehículos empleados en la operación (incluidos aquellos empleados en el control del gobierno) son proporcionados por el contratista privado.

La magnitud de los servicios prestados en São Paulo es tal (360 000 toneladas/mes de residuos) y de tal variedad (16 contratos distintos con diferentes organismos gubernamentales) que la municipalidad ha decidido contratar un consorcio privado (LOGUS-ENGECORPS) para controlar y monitorear los servicios bajo la supervisión de funcionarios del gobierno y ha desarrollado un sistema de control de origen-destino, cuyos datos se brindan en línea a través del computador-modem-teléfono.

El pago desembolsado mensualmente por el municipio de São Paulo es de cerca de 30 millones de dólares y el consorcio manifiesta que se ha reducido 10% de la factura anterior gracias a un mejor manejo y control.

El concepto básico de manejo de este modelo se basa en una estructura en la que el organismo del municipio tiene poder de decisión y el contratista establece las funciones de apoyo y propone acciones ejecutivas.

Este concepto puede resumirse en el siguiente gráfico

Otras ciudades de América Latina donde el gobierno municipal contrata a empresas privadas, parcialmente o en toda la ciudad son Caracas, Venezuela; Lima, Perú, diferentes ciudades del área metropolitana de Santiago de Chile, y San José en Costa Rica, entre otras. En la mayoría de estas ciudades, el gobierno municipal aún opera en parte de la ciudad y los contratistas privados son responsables del resto. En Lima, por ejemplo, recientemente se contrató al consorcio RELIMA para la recolección de la parte central de la ciudad que representa cerca de 10% de toda el área metropolitana.

En Bolivia, el plan GARSU desarrollado por el FNDR (Fondo Nacional de Desarrollo Regional) instó a los municipios a crear su propio organismo autónomo de manejo de residuos sólidos municipales. Después de creados estos organismos, las ciudades de La Paz, El Alto, Oruro, Potosí y Santa Cruz de la Sierra decidieron contratar los servicios de empresas privadas, a diferencia de las ciudades de Tarija, Sucre, Cochabamba y Trinidad que operan directamente sus servicios.

En Brasil se usa cada vez más este sistema de operación contratada, principalmente en las ciudades medianas de São Paulo, Río de Janeiro y Paraná. En Curitiba, parte de la recolección de basura y barrido de calles está a cargo de contratistas privados desde 1974. Desde entonces, la proporción de servicios a cargo del sector privado creció gradualmente hasta alcanzar el 100%.

En Belo Horizonte, capital del estado de Minas Gerais, los servicios de manejo de residuos sólidos están a cargo de una autarquía (organismo descentralizado independiente del gobierno) llamada SLU (Superintendencia de Limpeza Urbana) y la mayoría de los servicios de recolección están contratados. Más adelante, se presenta el organigrama administrativo de este organismo.

El organigrama administrativo muestra la función principal de las actividades de planificación y control y las de menor importancia, como son las de recolección y barrido de calles, de acuerdo con la intención de este organismo de incrementar en los últimos años la contratación de operaciones de manejo de residuos sólidos con el sector privado. Este organismo ha incrementado la proporción de servicios contratados a organismos privados hasta alcanzar la situación actual.

### Porcentaje de provisión de servicios en 1995

Tipo de servicio	Limpeza urbana de la Superintendencia	Contratista privado
Recolección domiciliar y comercial	46	54
Recolección en contenedores	62	38
Desmonte de maleza	-	100
Barrido de calles	58	42
Recolección de residuos hospitalarios	100	-

En la ciudad de Salvador, Bahía, Brasil, el manejo de residuos sólidos está a cargo de la agencia municipal LIMPURB (Empresa de Limpeza Urbana), creada en 1979 para reemplazar la antigua autarquía pública, la Superintendencia de Limpeza Urbana. En esta ciudad, parte de los servicios de recolección está a cargo de una empresa privada desde 1972. Desde entonces, diferentes contratistas privados han prestado servicios a la ciudad y ahora sólo una empresa es responsable de 50% del total de residuos recolectados en la ciudad, siendo LIMPURB responsable de la proporción restante.

Se pueden presentar muchos otros ejemplos de contratación de operaciones en grandes, medianas y pequeñas ciudades. Por ejemplo, en el área metropolitana de Buenos Aires, 19 municipios a excepción de Morón, cuentan con empresas privadas que intervienen en la recolección, ya sea proporcionando camiones (Quilmes, Moreno, Esteban Echeverría y Merlo) o contratando total o parcialmente los servicios de empresas medianas y pequeñas (La Matanza, Vicente López, Avellaneda, Tigre, San Fernando, Lomas de Zamorra, San Isidro, Lanús, Berazategui, Almirante Brown, General San Martín, Tres de Febrero y Florencio Varela).

#### 4.4 Concesión privada

La modalidad de concesión en la provisión de servicios de manejo de residuos sólidos se emplea rara vez en América Latina y el Caribe. Sin embargo, en ciudades como Fernando de la Mora en el área metropolitana de Asunción y en la Ciudad de Guatemala, capital de Guatemala, pueden encontrarse ejemplos de estos sistemas.

En Fernando de la Mora, hay una empresa privada que tiene la concesión para recolectar residuos en toda la ciudad y cobrarle directamente a los generadores de basura domiciliar, comercial, industrial e institucional. En este caso, el municipio retiene 10% de las cuentas cobradas a los clientes para cubrir los costos de monitoreo y pagar un seguro de garantía de los pagos, si el cliente no paga, el municipio lo demanda.

Un modelo institucional único que puede considerarse como concesión es el usado actualmente en Bogotá, Colombia, donde se ha dividido la ciudad en cuatro áreas exclusivas de servicio, cada una asignada a un contratista privado. Ello se hizo tomando como base el menor porcentaje de tarifas (establecido por los municipios) a ser recolectado en cada área. Estas tarifas se recolectan junto con las facturas de agua y van a un fondo de residuos sólidos manejado por otra empresa creada por contratistas privados que les paga de acuerdo a los porcentajes establecidos en el

proceso de licitación. Los porcentajes representan menos de 100% para las áreas de mayores recursos, lo que compensa los porcentajes mayores de 100% cobrados a las áreas de menores recursos

La concesión también puede encontrarse en otros modelos institucionales que manejan sólo residuos comerciales, institucionales e industriales. Este es el caso de Río de Janeiro, donde los operadores privados, registrados en la COMLURB, son libres de contratar directamente a los productores de basura que generan más de 100 litros de basura por día. Esta es la situación de la mayoría de restaurantes, hoteles, centros comerciales, supermercados y productores industriales que no reciben los servicios de la COMLURB.

En este caso, no hay un monopolio formal en la provisión de servicios, tarifa fija, competencia ni mercado que establezca los precios al cliente. En la práctica, la tendencia es que las empresas privadas operen en un área de la ciudad y aprovechan las economías de contigüidad.

#### **4.5 Operación comunal**

Este concepto se ha aplicado en varias ciudades del Perú, Colombia, Ecuador, Panamá, Bolivia y recientemente en Brasil con apoyo de las ONG y organismos de apoyo externo y también del gobierno local, pero hasta ahora no se ha hecho ningún estudio integral para evaluar la factibilidad económica de los diferentes proyectos que tienen éxito en algunas ciudades y fracasan en otras.

Se han reportado buenos resultados en Villa El Salvador, Lima, Perú, para el concepto de MERM - microempresas de recolección manual- para una población de 20.000 a 30.000 habitantes y en Cúcuta, Colombia, donde en 1989 se estableció la primera microempresa para servir a una población de 50.000 y desde entonces se ha ampliado a 150.000 habitantes, servida por tres microempresas.

Otro buen ejemplo del concepto de microempresa puede encontrarse en la ciudad de Cajamarca, Perú, como se describió brevemente en "Non-gubernamental refuse collection in low income urban areas", Informe SANDEC, 1996. En este caso el gobierno municipal local transfiere los servicios de recolección primaria a la microempresa por medio de un acuerdo en el que se establecen las tareas y responsabilidades del proveedor de servicios (microempresa) y del contratante (municipio). El servicio cubre 10.000 viviendas o 50.000 habitantes que reciben servicio de puerta en puerta dos veces a la semana. La basura se coloca en la acera y luego es recolectada por la flota de recolección municipal.

Para esta tarea la microempresa emplea 16 recolectores, ocho carretillas de mano de 0,6m<sup>3</sup> y un conductor que maneja tres remolques, jalados por el tractor de 6m<sup>3</sup>. Los usuarios, junto con el impuesto a la propiedad municipal, pagan en promedio US\$ 0,75. Este sistema se estableció en 1994 con la ayuda de un préstamo de US\$ 32.000 para la adquisición del equipo.

El informe de SANDEC señala que se han identificado algunos problemas técnicos en el diseño de las carretillas y en los métodos operativos, así como una falta de responsabilidad de algunos microempresarios.

#### **4.6 Proveedores privados independientes (mercado libre)**

El mercado libre prospera cuando el gobierno municipal no es capaz de brindar servicios de recolección por sí mismo o a través de empresas privadas. En consecuencia, es una falta de sistema. Esta es la situación en la Ciudad de Guatemala, donde los transportistas autónomos privados hacen contratos directos con las viviendas, condominios, edificios de departamentos, empresas comerciales e industriales.

En esta ciudad, los clientes pueden contratar directamente a los dueños de los camiones una vez que están registrados en el municipio. Para ser aceptados en el catastro tienen que cumplir con algunos requisitos específicos con respecto a las características del camión y al lugar de disposición de los residuos. La mayoría de conductores de camiones (alrededor de 300) se organizan en cooperativas de trabajo o sindicatos mientras otros trabajan independientemente. Todos recolectan residuos y los remolcan a un vertedero operado por el municipio de Guatemala. A menudo, el sistema de mercado libre se emplea en ciudades latinoamericanas para manejar los residuos de grandes generadores, generalmente de tipo industrial, institucional y comercial. En este caso el gobierno no interfiere, sólo exige los requisitos ambientales e higiénicos que deben ser seguidos por cualquier recolector.

En muchas ciudades pequeñas como Nhemby, Villa Hayes y Villa Elisa en el área metropolitana de Paraguay, los empresarios privados algunas veces con un sólo camión o carretilla jalada por caballos, se contactan directamente con los generadores de basura, ya sean viviendas o restaurantes y otros locales comerciales y recolectan y disponen la basura como pueden, generalmente de manera insalubre.

Esta situación surge cuando el gobierno municipal no tiene ninguna iniciativa para proporcionar o incluso controlar la prestación de servicios, pero como existe la demanda, un proveedor privado inicia este tipo de negocios.

#### **4.7 Sistema combinado**

El manejo de residuos sólidos a cargo de la autoridad de Río de Janeiro, COMLURB, es un ejemplo de sistema combinado. Por ser una autoridad municipal, organizada como una empresa privada, COMLURB contrata a entidades privadas para que realicen algunos de los servicios, lo que significa que actualmente es una mezcla de organismo municipal que a su vez contrata a empresas privadas.

Los contratos hechos por la COMLURB a contratistas privados son básicamente de tres tipos. uno es la recolección tradicional en una parte de la ciudad, el segundo brinda sólo la provisión de vehículos y conductores para los servicios de recolección y el tercero atiende todos los servicios de manejo de residuos sólidos en una parte definida de la ciudad, incluido el barrido de calles, remoción de maleza de las playas, limpieza del sistema de drenaje y manejo de contenedores.

En las áreas del sur de la ciudad, la COMLURB decidió contratar sólo vehículos especializados para el manejo de residuos sólidos y la tripulación era provista por la COMLURB. En este caso, la recolección y barrido de calles también es responsabilidad de los funcionarios de la

COMLURB como también lo es el pago mensual por el alquiler. Además, como ya se indicó, en Río de Janeiro existe la concesión para proveer servicios a los productores que generan más de 100 litros de basura por día.

Corno la COMLURB está organizada como una corporación, es interesante mencionar que puede prestar servicios pagados a otras corporaciones y al gobierno municipal mismo, como es el caso de los servicios de conserjería y limpieza que realiza en los hospitales municipales y en el control de vectores (ratas y mosquitos).

Otro ejemplo significativo del sistema mixto es el de la ciudad de Niterói, Brasil, donde la CLIN (Companhia de Lirnpieza de Niterói), decidió contratar empresas privadas para tener mayor flexibilidad en sus operaciones y también como una manera de comparar el desempeño de los diferentes proveedores, incluida ella misma. El organigrama administrativo de la jefatura del CLIN es el siguiente:

Otro ejemplo significativo de un sistema mixto es la CEAMSE, Coordinación Ecológica Sociedad del Estado, para el área metropolitana de Buenos Aires, que es la autoridad regional más importante dentro del manejo de residuos sólidos en América Latina. CEAMSE se creó en 1977 bajo el nombre de Cinturón Ecológico Área Metropolitana Sociedad del Estado con el objetivo de "organizar y operar, por sí mismos o a través de contratistas, la recolección de todo tipo de residuos sólidos... en todos los municipio del área metropolitana".

Este Organismo gubernamental que pertenece al municipio del Distrito Federal y a la provincia de Buenos Aires paga los servicios de 28 municipios en el área metropolitana de Buenos Aires, siendo el más importante hasta ahora, el Distrito Federal.

En 1978 CEAMSE aprobó las licitaciones de MANLIBA, un consorcio de Waste Management, y de la empresa local Impresit-Sideco para prestar servicios de recolección de basura y barrido de calles a cerca de la mitad de la ciudad de Buenos Aires y además, la licitación pública, ganada por SYUSA, una filial del grupo Techint para prestar servicios de transferencia, remolque y disposición final en rellenos sanitarios de residuos recolectados en el Distrito Federal y en varias otras ciudades del área metropolitana.

Actualmente, CEAMSE no presta servicios operativos directamente sino a través de contratos a empresas privadas. El contrato más grande es el que transfiere y dispone alrededor de 350.000 toneladas/mes de residuos en cuatro rellenos sanitarios y el segundo más importante es para la recolección y limpieza de las calles del área más importante de Buenos Aires que corresponde a cerca de un tercio de su población.

Debe recordarse que en 1987 las autoridades de la ciudad de Buenos Aires decidieron, sin la mediación de CEAMSE, contratar los servicios de recolección de basura y barrido de calles para la mitad del área de la ciudad de Buenos Aires (un cuarto del total de la ciudad). Este contrato se otorgó a través de una licitación pública a CLIBA Ingeniería Ambiental S.A., una empresa perteneciente a dos empresas argentinas de construcción civil y de caminos.

## V. RAZONES PARA EL CRECIENTE PROCESO Y TENDENCIA DE "PRIVATIZACIÓN"

Con frecuencia la privatización se asocia con políticas que promueven las características de competitividad de la economía de mercado en el sector público. Las limitaciones legales y administrativas inherentes al sector público generan problemas difíciles de superar a los organismos de manejo de residuos sólidos. Estas dificultades se magnifican en las grandes áreas metropolitanas donde la prestación de servicios implica la administración de grandes flotas y equipo, gran cantidad de personal e instalaciones de tratamiento técnicamente complejas.

De acuerdo a la experiencia de los últimos años, en América Latina y fuera de la Región, se reconoce que los servicios prestados por el sector privado generalmente son más eficientes y efectivos que los prestados por el sector gubernamental.

El análisis del sector de manejo de residuos sólidos en las ciudades, no sólo en países latinoamericanos sino también en la mayoría de los países en desarrollo, muestra que los problemas principales se deben a una pobre administración, ya que se conocen ampliamente los aspectos técnicos, incluidas las tecnologías apropiadas.

Además, y contrario a la creencia general, un análisis breve de los costos de los servicios de manejo de residuos sólidos en América Latina en relación a la disponibilidad de pago de la población en general, muestra que las limitaciones financieras de los organismos a cargo de estos servicios no son difíciles de superar, siempre que haya voluntad política por parte de las autoridades municipales y una capacidad técnica administrativa mínima.

Sin embargo, esta situación no se debe a la propiedad pública o privada de los bienes de la institución que presta servicios de manejo, recolección y disposición de residuos sólidos, sino a la habilidad de gestión de la institución. Esta habilidad está limitada en el sector público por las restricciones burocráticas y legales inherentes a los asuntos gubernamentales y es fomentada, en el caso del sector privado (o por extensión, del no gubernamental), por el ambiente competitivo que puede crearse en el área servida.

Por ello, la tendencia actual está orientada directamente hacia la creciente incorporación del sector privado en la prestación de servicios de residuos sólidos, como un contratista municipal o como un proveedor privado de servicios no limitado a la recolección y barrido sino también al tratamiento, Disposición y control.

Esta situación no debe limitar o minimizar la función del gobierno dentro del manejo de residuos sólidos. De hecho, los gobiernos municipales deben mejorar e intensificar el control, monitoreo y poder de reglamentación. A fin de lograr esta capacidad se recomiendan las siguientes medidas:

- Formulación de principios y criterios relacionados con la prestación de servicios de recolección y disposición que dan transparencia a los procesos de contratación.
- Establecimiento de criterios de control ambiental, especialmente los relacionados con la calidad de las aguas subterráneas y superficiales y la contaminación de suelos.
- Definición de políticas y sanciones al incumplimiento de los principios y criterios.

- Mejora del nivel técnico y gerencial de los profesionales del sector para que sean capaces de manejar, coordinar, monitorear, reglamentar y controlar el sector privado.
- Desarrollo de tecnologías apropiadas para atender las necesidades y condiciones específicas de las áreas periurbanas de las ciudades latinoamericanas
- Constitución de la base legal y reglamentaria para la operación de empresas privadas en el mercado de servicios de manejo de residuos sólidos

Estas acciones están dirigidas básicamente hacia los operadores privados, pero no se debe olvidar que el sector gubernamental es esencial para cualquier política que conlleve al desarrollo del sector de residuos sólidos

A fin de desarrollar la capacidad del sector gubernamental se debe abordar los siguientes aspectos

- El costo de los servicios prestados por el sistema de manejo de residuos sólidos urbanos deberá ser cubierto totalmente por los generadores de residuos
- El sistema diseñado tiene que ser accesible al cliente y adecuado al modelo urbano del área servida
- Para aquellos que no pueden pagar los servicios prestados se recomienda un subsidio cruzado entre los que tienen mayores recursos y los menos afortunados
- Por ser una actividad que depende en gran medida del trabajo no calificado, los países con alto grado de desempleo se deben plantear soluciones que enfatizan el uso de mano de obra antes que de maquinaria.
- En definitiva, existe la tendencia a que los sistemas serán operados por proveedores privados, pero se pueden requerir algunos reglamentos para asegurar la salud pública y los intereses ambientales

## VI. CONCLUSIONES

Diversos actores no gubernamentales, bajo varios modelos institucionales, están desempeñando una mayor función en la prestación de servicios de manejo de residuos sólidos en las ciudades latinoamericanas.

Esta situación, que no sólo se presenta en el sector de manejo de residuos sólidos y en América Latina, sino también en otras áreas de infraestructura básica y en todo el mundo, se debe al fracaso del sector público para hacer frente a la mayor complejidad y magnitud de estos servicios.

Estos nuevos actores, sean empresas privadas, ONG, organizaciones comunales o incluso, trabajadores informales, están participando en diferentes esquemas, mostrando que al menos hasta ahora, no hay un modelo que pueda considerarse como el más aplicable a las ciudades latinoamericanas.

La función emergente de los actores no gubernamentales en la provisión de servicios domésticos urbanos y de infraestructura no sólo es un aspecto que se presenta en el campo del manejo de residuos sólidos, sino en muchos otros, como en los servicios de distribución de electricidad, telecomunicaciones, agua y desagüe. Esta situación, cuando se hace correctamente, debe llevar a menores costos y mejores servicios para la comunidad (y a veces también para el ambiente) y no sólo una fuente de ganancia para el proveedor no gubernamental de servicios.

Sin embargo, la selección del mejor modelo institucional a ser implementado en cada ciudad es un aspecto que tiene que decidirse en cada caso, considerando que la decisión final tiene un alto componente político y gerencial y que debe estar apoyada por criterios técnicos y administrativos y estudios de viabilidad, ya que cada ciudad tiene sus propias características e idiosincrasia, así como tradición e historia cultural, los que influyen profundamente en la solución que se busca.

Por otra parte, no debe olvidarse que el manejo de residuos sólidos está vinculado a la salud pública y a la situación ambiental de la región, razón por la cual la responsabilidad última recae sobre el sector gubernamental y en la comunidad.

### Nota del autor

*Este documento intenta incrementar la conciencia respecto a los cambios importantes que se están produciendo en el sector de manejo de residuos sólidos en América Latina. No pretende ser concluyente ni integral sino más bien un punto de partida para conocer mejor el proceso de privatización de las actividades de recolección de residuos sólidos, barrido de calles y disposición final en el continente latinoamericano.*

*Con esto en mente, cualquier aclaración, corrección o contribución es bienvenida y debe ser dirigida al editor*

*Quisiera agradecer a Diego Fernández G. de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico de Colombia y a Fernando Paraguassú de Sá de Vega Ambiental, Brasil, por sus contribuciones y a Marta Miyashiro del CEPIS, Perú, por la revisión del documento*

### BIBLIOGRAFÍA

- Bartone, C. & Mayo, S.** *Economic trends and macroeconomics policies affecting urban development in the third world.* Documento presentado al WHO Expert Committee Meeting on Environmental Health in Urban Development in the THird World, Ginebra, 17-23 de abril, 1990
- Bartone, C., Leite, L., Triches, T., & Schertenleib, R.** *Private sector participation in municipal solid waste services: experiences in Latin America.* Waste Management & Research, 9 495-509, 1991
- Cavalcanti Fadul, E.M.** *Novvelles geometries dans les modes de gestion des dechet solides au Brésil.* Tesis de doctorado. Paris, Université de Paris XII, Institut d'Urbanisme de Paris, 1994
- Diaz, L.F., Ortellado, J.M.** *Privatization of solid waste services in Latin America* Conferencia de la ISWA "Waste Management the Role of the Private Sector", Singapur, 1995
- Econometría Ltda.** *Reglamentación de la participación del sector privado en la prestación del servicio público domiciliario de aseo; informe final.* Bogotá, 1996
- La privatization de las basuras *El Tiempo*, Bogotá, Colombia 12 de febrero
- Giesecke, R.E.** *Gestión ambiental de residuos sólidos en Bolivia.* Lima, 1990
- Leite, L.** *Institutional arrangements in solid waste management -government and non-government provision of solid waste services.* Documento presentado al Seminario Internacional del Grupo de Expertos Strategies for Developing Responsible Solid Waste Management in Asian Metropolis, Bandung, Indonesia, 1991
- Leite, L., Mendonça, R. & Peterson, C.** *Brazilian cities take different management paths* *Waste Age*, enero 1984
- Lusugga Kironde J.M.** *The governance of waste management in African cities: the case of Dar es Salaam Tanzania.* International Workshop on Waste Management in African Cities, Ibadan, Nigeria, 1995
- Pirez, P.; Gamallo, G.** *Basura privada, servicio público.* Buenos Aires, Latin America Editor Center, 1994
- Pfammatter, R.; Schertenleib, R.** *Micro-enterprises a promising approach for improved service delivery* *SANDEC News*, 1, mayo de 1995

**Pfammatter, R.; Schertenleib, R.** *Non-governmental refuse collection in low-income urban areas*. Dubendorf, EAWAG-SANDEC, 1996.

**Poole, R.** The political obstacles to privatization *Privatization and Development*, 33-45, 1988

Competitive tendering-small earthquakes in the town hall *The Economist*, 9 de setiembre, 1989

**Schertenleib, R.; Triche, T.** *Non-government delivery of urban solid waste services* Documento marco Washington, D.C. World Bank, 1989

**Yoder, R.; Borkholder, P.; Friessen, B.** Privatization and development, the empirical evidence *The journal of Development Areas*, 25 de abril, 1991

**Wingerter, E.** *Privatization of solid waste management services - the United States story* Documento presentado al National Awareness Seminar on Urban Management, Moscú, 10 de febrero, 1993

**World Bank.** *World development report 1994 -- infrastructure for development*. Washington D C , 1995.

## 5.5. Alternativa para el Barrido de calles y áreas públicas

El barrido de calles y áreas públicas se efectúa principalmente en las vías pavimentadas de intensa circulación peatonal. En la mayoría de las ciudades latinoamericanas el rendimiento del personal es de 1,0 a 2,0 km/día de calle (o sea 2,0 a 4,0 km. De cuneta), se recogen de 30 a 90 kg de basura por kilometro barrido y se requieren entre 0,4 y 0,8 barrenderos por cada 1.000 habitantes, dependiendo del apoyo del barrido mecánico, de la proporción de calles pavimentadas y no pavimentadas, del grado de dificultad del barrido y de la educación y cooperación de la comunidad. Hay ciudades con mayor grado de dificultad, como Río de Janeiro que requiere de la limpieza de playas. El barrido mecánico tiene costos más bajos pero implica desplazamiento de mano de obra y salida de divisas del país ya que las barredoras son generalmente importadas. En Chile, 93% de las localidades urbanas (370 ciudades) cuentan con algún tipo de barrido y limpieza en vías públicas, estimándose que 80% de las calles pavimentadas son atendidas por tales servicios. El 50% de los servicios de barrido en ciudades con más de 50.000 habitantes ha sido contratado a empresas privadas. En el cuadro 3.2.6 se presentan datos sobre barrido en algunas ciudades de la Región.

El reemplazo del barrido manual por el mecánico es un aspecto crítico que se sigue discutiendo en América Latina y el Caribe por los conflictos sociales que ocasiona el despido de personal en países con altas tasas de desocupación. Más aún, cuando precisamente el barrido absorbe un elevado número de trabajadores, sobre todo mujeres, que no están calificados para otros tipos de empleo. Es frecuente que muchos servicios municipales de aseo urbano utilicen hasta 50% de su fuerza laboral en el barrido de calles y áreas públicas.

La cantidad de residuos sólidos proveniente del barrido se incrementa con basura domiciliaria o residencial cuando el servicio de recolección es ineficiente o inadecuado. Sea porque el barrido manual utiliza intensiva mano de obra o porque el barrido mecánico requiere equipo importado caro y personal operativo capacitado, este servicio de barrido es frecuentemente costoso y se convierte en un componente muy importante de los servicios de aseo urbano.

La mayoría de las ciudades con más de 200.000 habitantes utiliza personal de barrenderos y barredoras mecánicas. Las ciudades con menos de 200.000 habitantes generalmente emplean barrido manual. Las ciudades grandes cubren con barrido 100% de las calles pavimentadas del centro de ellas. La falta o deficiencias en el mantenimiento del equipo es el mayor obstáculo del barrido mecánico.

El barrido del área comercial de las ciudades es responsabilidad municipal, pero en varios países los residentes son responsables de la limpieza de la calle delante de su propiedad. Ejemplo de lo anterior ocurren las ciudades de Bolivia.

La contratación de los servicios de barrido al sector privado formal y microempresas es cada vez más frecuente en las ciudades de la Región, con ventajas interesantes en cuanto a reducción de costos y a la calidad del servicio. Pero como el traspaso al sector privado significa muchas veces reducción de personal, se suscitan conflictos sociales y violencia como los ocurridos en Lima durante 1996.

Quizá el aspecto más importante del barrido, sobre todo en las áreas de gran circulación de peatones donde además se concentra la venta callejera, se relaciona con la colocación de papeleras y con la educación ambiental de la población para cooperar con el servicio. En América Latina y el Caribe la colocación de papeleras es muchas veces arbitraria y sin un plan determinado. Las campañas de educación sanitaria y ambiental no tienen continuidad, no se planifican ni tienen un respaldo en la educación formal ni en las organizaciones civiles de la comunidad.

**Cuadro 5.1**  
**Datos sobre barrido en algunas ciudades**

Ciudad	Tipo de barrido	NE de barredores S. y B mecánicas	Habs (millones)	% cobertura calles pavim.	Rendimiento (km/día)
San Rafael, Argentina	manual y mecánico	25 man . 2 mec	0,18	100	0,6
Rosario, Argentina	manual	7	1,1	100	2,4
San Luis, Argentina	manual	-	0,12	100	0,2
Godoy Cruz, Argentina	manual	180	0,19	100	0,5
Concordia, Argentina	manual y mecánico	2 mec	0,12	100	-
Ezeiz, Argentina	manual	-	0,22	100	2,4
Granadero Bargasnia, Argentina	manual	-	0,21	100	-
Villa Mercedes, Argentina	manual y mecánico	14 man 2 mec	0,9	100	0,5
El Alto, Bolivia	manual	24	0,452	100	2,4
La Paz, Bolivia	manual y mecánico	1 mec	0,738	100	0,5-2
Oruro, Bolivia	manual	49	0,193	100	2,7
Potosí, Bolivia	manual	22	0,117	100	2,4
Sucre, Bolivia	manual	16	0,144	-	-
Tarija, Bolivia	manual y mecánico	20 man, 3 mec	0,096	100	2,7
Trinidad, Bolivia	manual	13	0,062	100	-
Curitiba, Brasil	manual y mecánico	530 man . 5 mec	2,08	100	-
Sao Paulo, Brasil	manual y mecánico	5000 man 4 mec	11,5	60	2
Joao Pessoa, Brasil	manual y mecánico	730 man 1 mec	0,68	90	2
Salvador, Brasil	manual y mecánico	2 mec	2,3	56	-
Belo Horizonte, Brasil	manual y mecánico	2345 man . 2 mec	25	70	1,1
Brasilia, Brasil	manual	745	1,8	25	1,3
Rio de Janeiro, Brasil	manual y mecánico	5741 man 26 mec	5,5	90	1,6
Santiago de Cali, Colombia	manual y mecánico	535 man . 10 mec	1,85	97	2,81
Alajuela, Costa Rica	manual	300	-	10	3
Escobedo, Mexico	manual	40	0,28	90	0,25
Benito Juarez, Mexico	manual	2	0,05	-	2
Guadalupe, Mexico	manual	55	0,8	-	-
Monte Rey, Mexico	manual y mecánico	18 mec	1,1	-	-
Garcia, Mexico	manual	10	0,25	30	-
Santa Catarina, Mexico	manual y mecánico	23 man, mec	0,2	20	-
Salinas Victoria, Mexico	manual	4	0,014	80	2,5
San Nicolas, Mexico	manual y mecánico	119 man . 1 mec	0,525	-	-
Apodaca, Mexico	manual	10	0,35	20	-
San Pedro Garza, Mexico	manual y mecánico	30 man 2 mec	0,113	100	2
Asuncion, Paraguay	manual y mecánico	204 man 4 mec	0,51	60	-
Lima, Cercado, Peru	manual	256	0,33	70	-
Chiclayo, Peru	manual	116	0,3	70	1,1
Ica, Peru	manual	1	0,11	68	2,5
Mercedes, Uruguay	manual	18	0,37	70	2,4
Col de Sacramento, Uruguay	manual	13	0,25	20	0,8
Salto, Uruguay	manual	29	0,1	3050	5
Jacquarembo, Uruguay	manual	20	0,45	40	2
Fras Benitos, Uruguay	manual	34	0,22	35	1
Durazno, Uruguay	manual	24	0,34	35	1,3
Rivera, Uruguay	manual	11	0,81	17	1
Montevideo, Uruguay	manual y mecánico	728 man 14 mec	1,4	70	1,5
Artigas, Uruguay	manual	20	0,32	100	2,3

- Rendimiento por barrendero en Km/barrendero/turno de trabajo diario incluye ambos lados de la calle
- Fuente OPS Sistema de Monitoreo de Residuos Urbanos, SIMRU, 1996



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

## **MODULO II: BARRIDO Y RECOLECCION DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

**TEMA**

**RECOLECCION Y TRNASPORTE DE BASURAS**

**BARRIDO Y LIMPIEZA DE VIAS**

**EXPOSITOR: ING. RICARDO GARCÍA SÁNCHEZ  
PALACIO DE MINERIA  
ABRIL 2001**

Una empresa de aseo municipal tiene en el fondo tres grandes responsabilidades la disposición final de todos los desechos, la recolección y transporte de los domiciliarios y el aseo de las vías públicas, que comprende el barrido, la recolección y el transporte de todos los residuos arrojados a las calles, como consecuencia de la incultura de la ciudadanía, de las operaciones comerciales e industriales y de las lluvias y vientos propios de la región.

Una empresa puede tener un excelente sistema de recolección de basuras domiciliarias, pero si falla en el barrido y limpieza de vías, pierde gran parte de su labor

El aseo de las calles y vías públicas tiene tres acciones muy bien definidas como son las de barrer, recoger la basura y transportarla a un lugar donde permanecerá definitivamente o de donde será recogida de nuevo para ser eliminada en otro lugar

En Colombia, según el diagnóstico del Programa Nacional de Aseo Urbano (PRONASU) efectuado en 1975, la situación del servicio de limpieza de vías públicas es caótica, hay ciudades como Montería, Valledupar, Villavicencio, Sincelejo, Pasto, Duitama y Riohacha que solo barren mes del 30% de las calles pavimentadas, el aporte de basuras proveniente del barrido de calles solo llega a 0.06 Kg/Hab/día y el máximo aporte de estos residuos, con relación al total recolectado en el día, es del 15 %

Se demuestra que algunas acciones son malas por la disparidad encontrada en los indicadores, mientras que en Pereira un obrero barre 2 000 metros al día, en Buga solo se barren 230 metros/obrero- día, mientras que en Pereira una barredora mecánica limpia 60 kilómetros al día, en Barranquilla sólo hace 9 kilómetros, en Cali y Cartagena hay 15 800 habitantes por caja estacionaria, mientras que en Medellín solo hay 5.600 habitantes por caja; en Barranquilla hay 694 000 habitantes por carrotanque y en Medellín 102 000 habitantes por carrotanque, en Pereira hay 183 000 habitantes por barredora mecánica y en Barranquilla sólo 38 600 habitantes

En muchas localidades la empresa que presta el servicio de aseo, debe realizar además del barrido de calles, el de parques, plazas de mercado, playas, lugares de recreo, poda de árboles, mantenimiento de zonas verdes y limpieza de fachadas y monumentos públicos.

## BARRIDO MANUAL

Este tipo de barrido es tradicional un hombre, una escoba, un carro de mano y una pala recolectora

La escoba es de fibra plástica o fibra vegetal, la pala y el carro transportador pueden tener diferentes modelos, parece que influye mucho el gusto de los barrenderos por la forma de palas y de carros- los hay de riedas grandes, pequeñas, intermedias, ya que no se observa diferencia en el rendimiento de los obreros según sea uno u otro el tipo de carro de mano, al contrario, hay reacciones desfavorables cuando se les cambia el modelo. Es necesario estudiar un poco más este aspecto para llegar a conclusiones y recomendaciones válidas y efectivas.

En cuanto al sexo de los obreros, parece ser que el rendimiento de los hombres en aspectos de barrido de calles es mejor que el de las mujeres, sin embargo ya se han presentado pugnas por mantener cargos y algunas mujeres igualan la eficiencia de los hombres, las experiencias que se tienen con mujeres barrenderas no son satisfactorias, además de lo dicho anteriormente, por razones de la baja eficiencia por la lógica y necesaria protección a la mujer durante el embarazo y lactancia

El número de obreros por cuadrilla también se ha estudiado, puede haber un obrero que barre, mueve el carro y recoge, dos obreros

uno que barre y otro que recoge y lleva el carro, o tres obreros, uno barre, otro recoge y otro mueve el carro; la experiencia muestra que la mayor eficiencia se obtiene con un obrero haciendo las tres labores.

La acción del barrido es por cada lado de la vía preferencialmente en sentido contrario del flujo vehicular por razones de seguridad. Primero el obrero barre un tramo, regresa por el carro y la pala para recoger la basura, es decir que recorre tres veces el tramo que barre, o sea seis veces por ambos lados de la vía. Con este método el rendimiento puede ser de 130 metros/hora- obrero es decir aproximadamente 1 kilómetro por jornada- obrero. Para obviar la dificultad de la pérdida de tiempo cuando se llena el carro y no se le recibe el producto de la recolección, se debe utilizar un talego plástico que se coloca previamente en el carro de mano, cuando éste se llena se le hace un nudo, se voltea el carro y se deja el talego a un lado de la vía para que lo recoja posteriormente un vehículo asignado para esta función, de esta manera el rendimiento puede aumentar considerablemente.

En las zonas comerciales, de alto tránsito y densidad poblacional, el barrido manual es indispensable y no se puede reemplazar por el mecánico

La frecuencia del barrido varía mucho de un lugar a otro, en función de las costumbres y educación de la comunidad, en términos normales, puede efectuarse 2 veces diario en zonas comerciales de alto tráfico peatonal, 1 vez al día en las otras zonas comerciales y de 2 a 3 veces semanales en las zonas residenciales pavimentadas

Para estimar el número de obreros y equipos, es necesario conocer previamente la longitud de las calles por barrer y las políticas en cuanto al número de veces que se barre la calle por unidad de tiempo

Ejemplo se desea barrer manualmente las calles pavimentadas de una población de acuerdo con el siguiente criterio

Zona comercial	2 veces/día
Zona central	1 vez/día
Zona residencial	3 veces/semana

De acuerdo con estos datos se estima que la longitud de vías por zona corresponde a los siguientes porcentajes

Zona comercial	30% de las vías pavimentadas
Zona Central	50% de las vías pavimentadas
Zona residencial	20% de las vías pavimentadas

El porcentaje promedio de barrido diario será

30 % dos veces al día	$2 \times 0,30 =$	0,60
50 % una vez al día	$1 \times 0,50 =$	0,50
20 % tres veces a la semana	$3/7 \times 0,20 =$	<u>0,10</u>
		1,20

Lo anterior indica que diariamente se debe barrer el 120 % de las calles pavimentadas según el plan de barrido

Con base en un rendimiento de 0,13 kilómetros/hora- obrero y con una jornada de trabajo efectiva de 7 horas/día, la necesidad de obreros será

$1,2 \times \text{número de kilómetros pavimentados} \div 0,13 \text{ kilómetros/hora- obrero} \div 7 \text{ horas} = 1,32 \times \text{número de kilómetros pavimentados.}$

### BARRIDO MECANICO

El barrido mecánico tiene rendimientos superiores al manual, sin embargo, en países como el nuestro, una máquina puede reemplazar el trabajo de 10 a 15 hombres, lo cual desde el punto de vista social, causa problemas

Sin embargo, en poblaciones mayores de 100.000 habitantes, con vías arterias de alta velocidad, es necesario utilizar barredoras mecánicas porque el trabajo manual es altamente peligroso.

El barrido mecánico exige un buen estado de las vías pavimentadas, además solo barre cunetas y no los andenes como el barrido manual.

Las barredoras constan principalmente de un cepillo giratorio de eje horizontal, que es prácticamente el mecanismo que recoge la basura; dos cepillos (uno a cada lado) cordoneadores de eje vertical que trabajan independientemente el uno del otro, según la cuneta que esté barriendo el vehículo y que tienen por objeto barrer la cuneta y lanzar la basura al cepillo de eje horizontal; de un mecanismo de elevación y de almacenamiento de los residuos y tanque de agua con sistema de riego delante del barrido para mejorar la eficiencia de éste y evitar que se levante polvo

Estos equipos desarrollan velocidades comprendidas entre 5 y 15 kilómetros por hora su eficiencia es máxima y su costo mínimo a bajas velocidades.

El rendimiento de las barredoras mecánicas guarda relación directa con el estado de las vías, la habilidad del conductor, la cantidad y el tipo de las basuras, la reglamentación sobre el estacionamiento de los vehículos, la densidad del tráfico automotriz, la distancia del garaje al sitio de operación, la distancia del sitio de operación al de descargue, la velocidad de llenado de la tolva, el sistema de descargue, el consumo de agua, el número de recargas necesarias y la velocidad de desplazamiento de la máquina

En un lapso de 8 horas se pueden barrer de 20 a 60 kilómetros de cuneta con un consumo de 2.000 a 5 000 litros de agua de riego y se recogen de 11 a 25 m<sup>3</sup> de basura aproximadamente

La duración de los cepillos, lógicamente, depende de su uso, pero influye mucho el tipo de basura y el estado del pavimento de las calles, en condiciones normales los cepillos de eje horizontal duran de 300 a 500 kilómetros y los cordoneos de eje vertical, de 600 a 800 kilómetros

Las máquinas aspiradoras son también muy utilizadas en los servicios de asco mecánico, constan principalmente de cepillos giratorios de fibras, bombas de aspiración y tolva de almacenamiento de los residuos que recoge, estos equipos normalmente barren con un rendimiento promedio de 3 a 4 toneladas por hora recorriendo aproximadamente de 5 a 15 kilómetros por hora

Estos equipos presentan la ventaja que al mismo tiempo que barren las vías, se pueden utilizar para limpiar los sumideros de aguas lluvias en las cuales se acumula basura, como desventaja se debe anotar que la eficiencia del barrido baja cuando el pavimento o asfalto está húmedo.

Las máquinas lavadoras de calles son utilizadas como barredoras, posiblemente con una buena eficiencia en el barrido, pero con un alto consumo de agua y el problema posterior de aspirar la basura de los sumideros

Para estimar el número de obreros y equipo, al igual que en el barrido manual, es necesario conocer previamente la longitud de las calles por barrer y las políticas en cuanto al número de veces que se barre la calle por unidad de tiempo

Ejemplo Se desea barrer las calles de una población con equipo manual y mecánico de acuerdo con el siguiente plan

- 30 % de las calles pavimentadas dos veces al día de tal manera que el 15 % se hace manualmente y el 15 % mecánicamente
- 50 % de las calles pavimentadas una vez al día de tal manera que el 35 % se hace manualmente y el 15 % mecánicamente
- 20 % de las calles pavimentadas tres veces a la semana con barrido todo manual

Se tienen los siguientes rendimientos por ambos lados de la calle.

Barrido manual.	0,13 kilómetros/hora- hombre
Barrido mecánico	6 kilómetros/hora- máquina
Jornada de trabajo	7 horas/día- hombre
	6 horas/día- máquina

Se calcula el porcentaje diario de barrido de calles

Veces/día	Factor de longitud	
	Manual %	Mecánico %
30 % 2	$2 \times 15 = 0,30$	$2 \times 15 = 0,30$
50 % 1	$1 \times 35 = 0,35$	$1 \times 15 = 0,15$
20 % 3/7	$3/7 \times 20 = 0,10$	-
	Total = 0,75	0,45

Esto indica que el 75 % de las calles se barre diariamente a mano y el 45 % a máquina, en total el 120 % diario del total de calles

Las necesidades de equipo serán

No. de hombres

$$0,75 \times \text{No. de kilómetros pavimentados} \times \frac{1}{0,13 \text{ Km/hora- hombre}} \times \frac{1}{7 \text{ horas}} =$$

$$0,82 \times \text{No. de kilómetros pavimentados}$$

No. de máquinas

$$0,45 \times \text{No. de kilómetros pavimentados} \times \frac{1}{6 \text{ Km/hora-máquina}} \times \frac{1}{6 \text{ horas}} =$$

$$0,012 \times \text{No. de kilómetros pavimentados.}$$

El Programa Nacional de Aseo Urbano sigue el siguiente procedimiento para el cálculo del equipo de limpieza de vías y lugares públicos

**Población:** tomar datos censales de los años 1951, 1964 y 1973 y determinar las tres tasas de crecimiento geométrico (entre 1951 y 1964, entre 1964 y 1973 y entre 1951 y 1973), promediándose las tres tasas aritméticamente, y con esa tasa media proyectar la población para los años deseados

**Viviendas:** para el cálculo de la tasa de crecimiento de las viviendas se debe seguir el mismo procedimiento que para el de la población

**Relación habitantes/ kilómetros totales de vías:** se debe calcular de acuerdo a encuesta directa en el terreno

**Relación habitantes/ kilómetros pavimentados:** Se debe calcular de acuerdo a encuesta directa en el terreno

**Crecimiento de vías pavimentadas:** se puede establecer que crecen con incremento similar al poblacional.

**Cobertura:** se adopta el criterio de extender necesariamente el servicio de barrido de calles a todas las vías pavimentadas de la ciudad, cualquiera sea el tipo de pavimento.

**Calidad de servicio en el barrido:** aproximadamente puede tomarse como

- Tipo I. 30 % de vías pavimentadas que corresponden a la zona comercial y central con limpieza de dos veces por día de lunes a sábado
- Tipo II. 50 % de vías pavimentadas que corresponden a la zona residencial con limpieza una vez por día, de lunes a sábado
- Tipo III. 20% de vías pavimentadas que corresponde a las zonas diferentes a las tipos I y II, tres veces por semana

#### Rendimientos

- Manual 0,13 kilómetros/hora- hombre
- Mecánico 8 kilómetros/hora- máquina

**Relación barrido manual a barrido mecánico:** basados en la mayor utilización de mano de obra no calificada y muy limitada adquisición de equipo importado se adoptaron los siguientes criterios:

- Tipo I 30 % con dos veces por día: 15 % manual y 15 % mecánico
- Tipo II: 50 % con 1 vez por día, 35 % manual y 15 % mecánico.
- Tipo III: 20 % con 3 veces por semana manual

**Barrido mecánico:** se adoptó el criterio de emplear barrido mecánico sólo en poblaciones mayores de 200.000 habitantes -

#### Otros parámetros

- 1 Caja estacionaria por 12 000 habitantes
- 1 carro grúa para 11 cajas estacionarias

- 1 carro sistema por 200 000 habitantes
- 1 cesto de basura peatonal por 2.500 habitantes
- 1 carro de mano por obrero de barrido
- 1 supervisor por 40 obreros de barrido



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

## **MODULO II: BARRIDO Y RECOLECCION DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

### **TEMA**

### **DISEÑO DE LAS RUTAS DE RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS**

### **BARRIDO Y LIMPIEZA DE VIAS**

**EXPOSITOR: ING. RICARDO GARCÍA SÁNCHEZ  
PALACIO DE MINERIA  
ABRIL 2001**

## I. INTRODUCCION

En las ciudades de América Latina generalmente se utilizan los recolectores compactadores importados para la recolección de basura, lo que da lugar a muchos problemas de divisas. Por lo tanto, es imprescindible una mejora de rendimiento en el uso de dichos equipos importados, siendo el diseño de las rutas de recolección de basura uno de los caminos para alcanzar esta meta. El repentino encarecimiento de combustibles también demanda, inevitablemente, la asesoría de las rutas existentes y su rediagramación para reducir su impacto.

La Municipalidad de Santiago de Chile nos da un buen ejemplo del diseño de las rutas. A través de una resectorización y rediagramación, esta Municipalidad logró reducir el número de rutas existentes en el año 1976, de 119 a apenas 66, que son con las que se cuentan en la actualidad. La economía resultante es del 44.5%, ya que se requiere una menor cantidad de camiones y de obreros.

Los propósitos del diseño de las rutas son: (1) dividir la ciudad en sectores, de manera que cada sector asigne a cada equipo de recolección una cantidad más apropiada de trabajo - ni mucha ni poca carga - y (2) desarrollar una ruta para cada subsector, de modo que facilite a cada equipo llevar a cabo el trabajo con una menor cantidad de tiempo y recorrido.

Aunque el diseño de las rutas se puede realizar a través del uso de computadoras, en el caso de las ciudades de América Latina sería más recomendable diseñar las rutas manualmente, ya que generalmente no se cuentan con los recursos humanos y financieros necesarios para su uso. Por esta razón, a continuación se presenta solamente el método manual del diseño de las rutas de recolección de basura.

## 2. SECTORIZACION

La sectorización es la primera etapa del diseño de las rutas, la cual consiste en dividir la ciudad en sectores, de manera que cada sector asigne a cada equipo de recolección una cantidad más apropiada de trabajo, utilizando toda su capacidad. Los sectores pueden ser divididos en subsectores, tal como se muestra en la siguiente figura, ofreciendo cada uno de ellos un trabajo completo para un viaje de recolección.

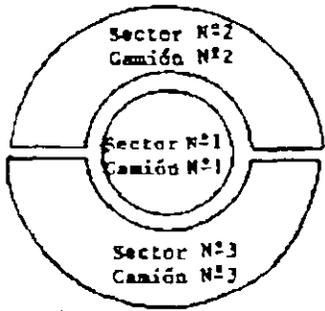
### 2.1 Datos necesarios

Para llevar a cabo el trabajo de sectorización se necesitan los siguientes datos:

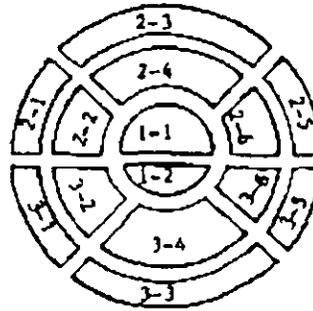
- a) Área de cada zona a servir
- b) Densidad de población de cada zona
- c) Índice de producción de basura per cápita (PPC) de cada zona

## EJEMPLO DE SECTORIZACION

3 sectores para 3 camiones



14 subsectores



Sector N° 1 (Zona Comercial) ..... Camión N° 1  
 Frecuencia: 6 veces/semana  
 N° de viajes 2 viajes/día

Sectores N° 2 & 3 (Zona Residencial) ..... Camiones N° 2 & 3  
 Frecuencia: 2 veces/semana  
 N° de viajes 2 viajes/día

### Asignación de subsectores

Dia	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado	
	1er	2do	1er	2do	1er	2do	1er	2do	1er	2do	1er	2do
Camión N° 1	1-1	1-2	1-1	1-2	1-1	1-2	1-1	1-2	1-1	1-2	1-1	1-2
Camión N° 2	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6
Camión N° 3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6

- d) Equipo de recolección disponible - número, tipo, tamaño y estado
- e) Densidad de basura en el camión recolector
- f) Frecuencia de recolección
- g) Número de viajes factibles de realizar por camión durante la jornada normal de trabajo  
 Este número dependerá principalmente de los siguientes factores: cantidad de basura en cada punto de recolección, tipo de recipientes, estado de pavimento de calles, condiciones de tráfico, longitud de rutas, distancia al sitio de relleno sanitario, condiciones mecánicas del camión recolector, etc

2.2 Procedimiento de cálculo para determinar el tamaño de los sectores y subsectores de recolección de basura

---

Ejemplo: Calcular el tamaño de los sectores y subsectores de recolección de basura para una ciudad con las siguientes características

- Población total 100,000 habitantes
- Área total 640 hectáreas
  - Zona Comercial: 40 hectáreas
  - Zona Residencial 600 hectáreas
- Densidad de población
  - Zona Comercial 250 hab/ha
  - Zona Residencial 150 hab/ha
- Producción de basura per cápita (PPC)
  - Zona Comercial 1.750 kg/hab/día
  - Zona Residencial 0.875 kg/hab/día
- Equipo de recolección disponible 13 compactadores de 16 yd<sup>3</sup> (= 12.22 m<sup>3</sup>)
- Densidad de basura en el camión 500 kg/m<sup>3</sup>
- Frecuencia de recolección
  - Zona Comercial: 6 veces por semana
  - Zona Residencial 2 veces por semana
- Número de viajes factibles de realizar por camión durante la jornada normal de trabajo. 2 viajes

### Zona Comercial --

Como normalmente no se presta servicio de recolección los días domingo, la producción se prorrateará en los seis días de trabajo restantes.

$$\frac{7}{6} \times 40 \text{ ha} \times 250 \text{ hab/ha} \times 1.750 \text{ kg/hab/día} = 20.4 \text{ ton/día}$$

La capacidad de recolección de un viaje se puede calcular de la siguiente manera

$$12.22 \text{ m}^3/\text{viaje} \times 500 \text{ kg/m}^3 = 6.11 \text{ ton/viaje}$$

Se puede obtener el número de subsectores en la zona comercial de la siguiente manera:

$$20.4 \text{ ton/día} \div 6.11 \text{ ton/viaje} \div 1.0 \text{ viaje/subsector/día} = 3.34 < 4 \text{ subsectores}$$

Cada camión puede ofrecer el servicio de recolección de basura a dos subsectores comerciales, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\frac{6 \text{ días/semana} \times 2 \text{ viajes/día/camión}}{6 \text{ viajes/subsector/semana}} = 2 \text{ subsectores/camión}$$

Por lo tanto, es necesario asignar dos compactadores (= 4 subsectores = 2 subsectores/camión) a la zona comercial. A continuación se indica esta asignación:

- Sector N° 1 (20 ha, Zona Comercial) ... Compactador N° 1
  - Subsector 1-1 (10 ha) ... 1er viaje (lunes - sábado)
  - Subsector 1-2 (10 ha) ... 2do viaje (lunes - sábado)

- Sector N° 2 (20 ha, Zona Comercial) ..... Compactador N° 2
- Subsector 2-1 (10 ha) ..... 1er viaje (lunes - sábado)
- Subsector 2-2 (10 ha) ..... 2do viaje (lunes - sábado)

Zona Residencial

En el caso de realizarse la recolección dos veces por semana, en la primera recolección se recoge la basura producida en cuatro días, y en la segunda aquella producida en tres días. Por lo tanto, es necesario adoptar cuatro días como el factor de diseño

$$600 \text{ ha} \times 150 \text{ hab/ha} \times 0.875 \text{ kg/hab/día} \times 4 \text{ días/1ra recolección} = 315 \text{ ton/1ra recolección}$$

El número de subsectores en la zona residencial se puede calcular de la siguiente manera

$$\frac{315 \text{ ton/1ra recolección}}{6.11 \text{ ton/viaje}} = 51.6 < 54 \text{ subsectores}$$

Cada camión puede ofrecer el servicio de recolección de basura a seis subsectores residenciales, tal como se muestra en la siguiente ecuación

$$\frac{6 \text{ días/semana} \times 2 \text{ viajes/día/camión}}{2 \text{ viajes/subsector/semana}} = 6 \text{ subsectores/camión}$$

Por lo tanto, es necesario asignar nueve compactadores (= 54 subsectores / 6 subsectores/camión) a la zona residencial. A continuación se indica esta asignación

- \* Sector N° 3 (66.7 ha, Zona Residencial) ..... Compactador N° 3
  - Subsector 3-1 (11.1 ha) ..... 1er viaje (lunes y jueves)
  - Subsector 3-2 (11.1 ha) ..... 2do viaje (lunes y jueves)
  - Subsector 3-3 (11.1 ha) ..... 1er viaje (martes y viernes)
  - Subsector 3-4 (11.1 ha) ..... 2do viaje (martes y viernes)
  - Subsector 3-5 (11.1 ha) ..... 1er viaje (miércoles y sábado)
  - Subsector 3-6 (11.1 ha) ..... 2do viaje (miércoles y sábado)
- \* Sector N° 4 (66.7 ha, Zona Residencial) ..... Compactador N° 4
- \* Sector N° 11 (66.7 ha, Zona Residencial) ..... Compactador N° 11

Resumen

Es necesario establecer 11 sectores y 58 subsectores en este ejemplo. Se puede ofrecer el servicio con 11 compactadores, teniendo dos en reserva para facilitar el servicio de mantenimiento preventivo de equipos. Tal como se muestra en la siguiente tabla, el factor de capacidad programado es de 71.7% a 95.4%, siendo 83.5% el promedio

## TAMAÑO DE SECTORES Y SUBSECTORES

Zona	Nº de Sectores	Área por Sector	Nº de Subsectores	Área por Subsector	Carga por Viaje	Factor de Capacidad (4)
Comercial	2	20 ha	4	10 ha	5.10 ton (1)	83.5%
Residencial	9	66.7 ha	54	11.1 ha	5.83 ton (2)	95.4%
					4.38 ton (3)	71.7%
Total	11	----	58	----	----	----

Notas. (1)  $10 \text{ ha} \times 250 \text{ hab/ha} \times 1.750 \text{ kg/hab/día} \times \frac{7 \text{ días}}{6 \text{ viajes}} = 5.10 \text{ ton/viaje}$

(2) La primera recolección, o sea, los días lunes, martes y miércoles

$11.1 \text{ ha} \times 150 \text{ hab/ha} \times 0.875 \text{ kg/hab/día} \times \frac{4 \text{ días}}{\text{viaje}} = 5.83 \text{ ton/viaje}$

(3) La segunda recolección, o sea, los días jueves, viernes y sábado

$11.1 \text{ ha} \times 150 \text{ hab/ha} \times 0.875 \text{ kg/hab/día} \times \frac{3 \text{ viajes}}{\text{viaje}} = 4.38 \text{ ton/viaje}$

(4) Factor de capacidad = carga por viaje dividida entre capacidad de recolección por viaje

Valdría la pena puntualizar aquí que, en muchas ciudades es preferible realizar la recolección en la zona comercial temprano por la mañana (o en la noche), no solo para evitar un menor rendimiento causado por el excesivo tráfico, sino también para aminorarle molestias a los ciudadanos. Si se considera este punto de vista operacional, sería más conveniente tener cuatro sectores comercio-residenciales (Sector Nº 1 - Nº 4) y siete sectores residenciales (Sector Nº 5- Nº 11) con las siguientes características

- Sector Nº 1 (43.3 ha, Zona Comercio-Residencial) ..... Compactador Nº 1
  - Subsector 1-1 (10 ha, Z. Comercial) ..... 1er viaje (lunes - sábado)
  - Subsector 1-2 (11.1 ha, Z. Residencial) ..... 2do viaje (lunes y jueves)
  - Subsector 1-3 (11.1 ha, Z. Residencial) ..... 2do viaje (martes y viernes)
  - Subsector 1-4 (11.1 ha, Z. Residencial) ..... 2do viaje (miércoles y sábado)
- Sector Nº 5 (66.7 ha, Zona Residencial) ..... Compactador Nº 5
  - Subsector 5-1 (11.1 ha) ..... 1er viaje (lunes y jueves)
  - Subsector 5-2 (11.1 ha) ..... 2do viaje (lunes y jueves)
  - Subsector 5-3 (11.1 ha) ..... 1er viaje (martes y viernes)
  - Subsector 5-4 (11.1 ha) ..... 2do viaje (martes y viernes)
  - Subsector 5-5 (11.1 ha) ..... 1er viaje (miércoles y sábado)
  - Subsector 5-6 (11.1 ha) ..... 2do viaje (miércoles y sábado)

### 2.3 Determinación de los límites de los sectores y subsectores

Una vez determinado el tamaño de los sectores y subsectores, se deben determinar los límites de estos mismos, utilizando el mapa de la ciudad. La regla común para la determinación de los límites es utilizar, dentro de lo posible, las vías arteriales y las barreras topográficas tales como ríos y lagos, con el propósito de evitar pérdidas de tiempo en cruzar estas barreras y vías. Asimismo, esta regla facilitará la identificación de los sectores y subsectores a los choferes de camiones recolectores.

## 3 DIAGRAMACION

La diagramación es la segunda etapa del diseño de las rutas y consiste en desarrollar una ruta de recorrido para cada subsector, de manera que permita a cada equipo llevar a cabo el trabajo de recolección de basura con una menor cantidad de tiempo y recorrido.

### 3.1 Datos necesarios

Para llevar a cabo el trabajo de diagramación se necesitan los siguientes datos

- a) Lugar del garage
- b) Lugar de disposición final
- c) Sentidos de circulación
- d) Hora de mayor cantidad de tránsito y situación de la congestión
- e) Topografía
- f) Vías servibles y vías no servibles
- g) Tipo de trazo de rutas

En cuanto a trazo de rutas de recolección, existen por lo menos dos tipos, los que brevemente se describen a continuación

- Peme recolección de ambos lados de las vías a la misma hora, se recorre solamente una vez por cada vía
- Doble peme recolección de un lado de las vías, se recorre por lo menos dos veces por cada vía

El primer trazo se recomienda en zonas de escasa densidad de población, y por lo mismo extensas. El segundo trazo es recomendable para zonas de alta densidad de población y principalmente en zonas comerciales

### 3.2 Reglas comunes de diagramación

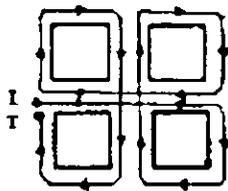
Las rutas deberán tener las siguientes características

- a) Deben evitar duplicaciones, repeticiones y movimientos innecesarios
- b) Deben contemplar las disposiciones de tránsito
- c) Deben minimizar el número de vueltas izquierdas y redondas, con el propósito de evitar pérdidas de tiempo al cargar, reducir peligros a la tripulación y minimizar la obstaculización del tráfico
- d) Las rutas con mucho tráfico no deben recorrerse en la hora de mayor tránsito

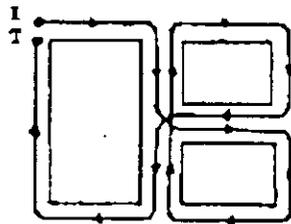
- e) Dentro de lo posible, las rutas deberían iniciarse en los puntos más cercanos al garage, y conforme avanza el día, ir acercándose al lugar de disposición final con el propósito de disminuir el tiempo de acarreo
- f) Las partes más elevadas deben recorrerse en los inicios de ruta
- g) Dentro de lo posible, las vías empinadas deben recorrerse cuesta abajo, realizando la recolección de ambos lados de las vías, con el fin de aumentar la seguridad del trabajo, acelerar la recolección, minimizar el desgaste de equipos y reducir el consumo de combustible y aceite
- h) Cuando se usa el trazo "Peine" (recolección de ambos lados de las vías, recorriéndose una vez por cada vía), generalmente es preferible desarrollar las rutas con recorridos largos y rectos antes que dar vueltas a la derecha
- i) Cuando se usa el trazo "Doble peine" (recolección de un lado de las vías, necesitándose recorrer por lo menos dos veces por cada vía), generalmente es preferible desarrollar las rutas con muchas vueltas en el sentido de las agujas del reloj, alrededor de manzanas, tal como se muestra en la siguiente figura

MODELOS DE RUTAS PARA DOBLE PEINE

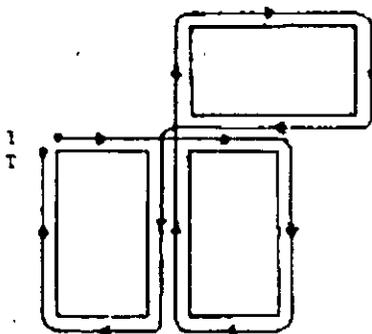
A. Cuatro manzanas



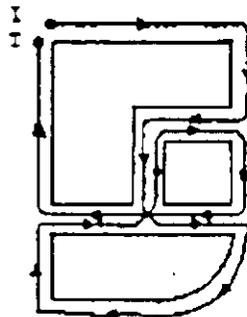
B. Tres manzanas (1)



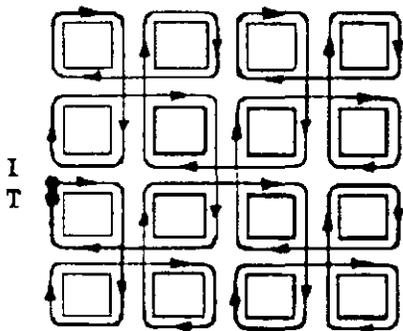
C. Tres manzanas (2)



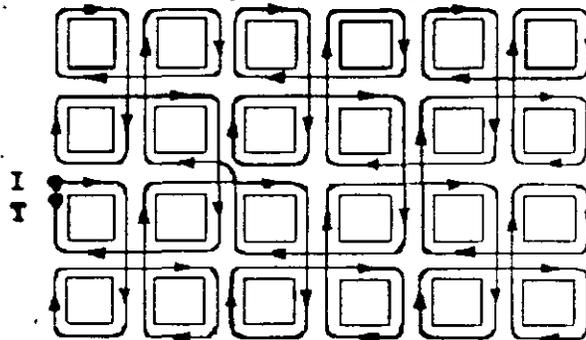
D. Tres manzanas (3)



E 4 x 4 manzanas  
 No hay vuelta izquierda  
 No hay recorrido no productivo



F 4 x 6 manzanas  
 Una vuelta izquierda  
 No hay recorrido no productivo



### 3.3 Procedimiento de diagramación

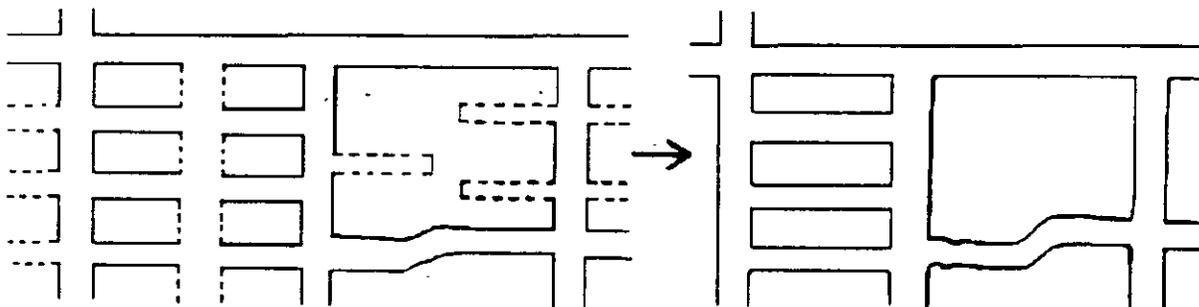
A continuación se presenta el procedimiento práctico de diagramación de rutas

- a) Preparar un mapa de la ciudad a escala 1:5,000
- b) Realizar el trabajo de sectorización
- c) Preparar el mapa de trabajo para cada subsector, utilizando los papeles tipo manteca y la técnica de simplificación de la red de vías que se presenta en la siguiente figura

#### TECNICA DE SIMPLIFICACION DE LA RED DE VIAS

Red Completa

Red Simplificada



Nota No se ofrece el servicio de recolección en las vías marcadas con la línea quebrada

- d) Ensayar el desarrollo de las rutas más apropiadas, utilizando las reglas antes mencionadas y los papeles tipo manteca puestos sobre el mapa de trabajo. Es necesario realizar dos o más ensayos para conseguir las rutas más oportunas

### 3.4 Esquema típico de ruta de recolección

En la página 11 se presenta el esquema típico de ruta de recolección. Este esquema no es bueno puesto que tiene demasiado recorrido no productivo y vueltas izquierdas y redondas. En la página 16 se presenta este esquema mejorado.

### 3.5 Ejercicio de diagramación

A continuación se presentan dos rutas actuales de una ciudad de América Latina. Traten de mejorarlas utilizando el método de trazo "Pene". También se presenta un ejemplo de subsector comercial. Traten de desarrollar la ruta más apropiada utilizando el método de trazo "Doble pene".

## 4 VERIFICACION, IMPLANTACION Y EVALUACION DE RUTAS

### 4.1 Verificación de rutas

Se recomienda seguir el siguiente procedimiento para la verificación de las rutas esquematizadas:

- Cuantificar la longitud del recorrido por kilómetros de cada ruta.
- Constatar la vialidad (sentidos de circulación).
- Comprobar la transitabilidad de las calles en cualquier época del año.
- Notificar si dentro de la ruta propuesta existen manzanas deshabitadas y consecuentemente no necesitan servicio de limpieza.
- Tomar nota de los problemas de circulación, ocasionados por calles angostas, obstrucción por vehículos estacionados, calles con fuertes pendientes, etc.
- Describir la ruta de recolección ya verificada para cada zona.

### ESQUEMA TIPO DE RUTA DE RECOLECCION

1) Ruta N° 35

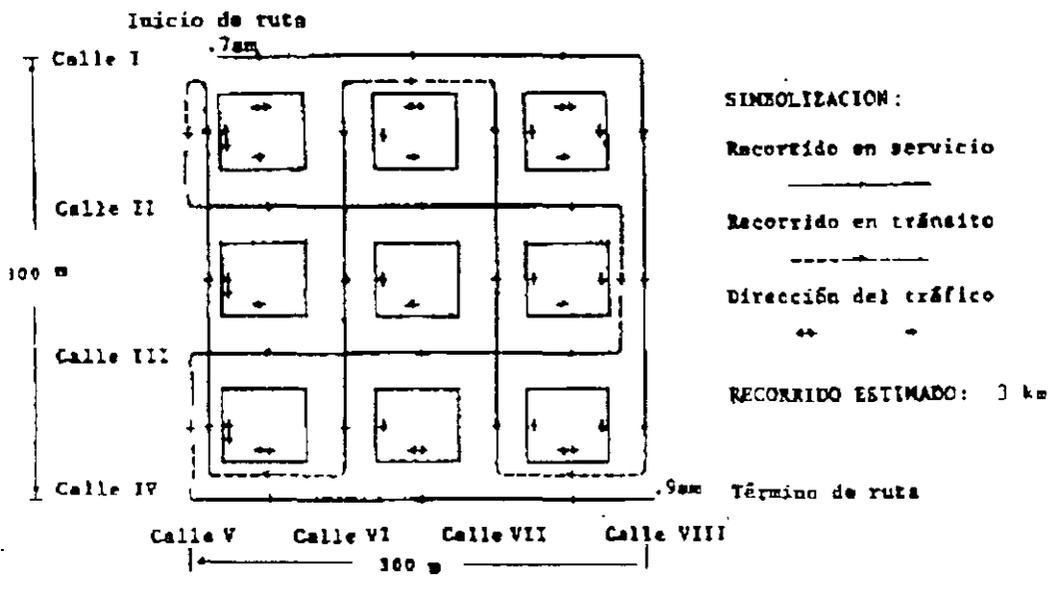
2) Subsector San Isidro-2

3) Días Lunes y jueves

4) Cuadrilla N° 7

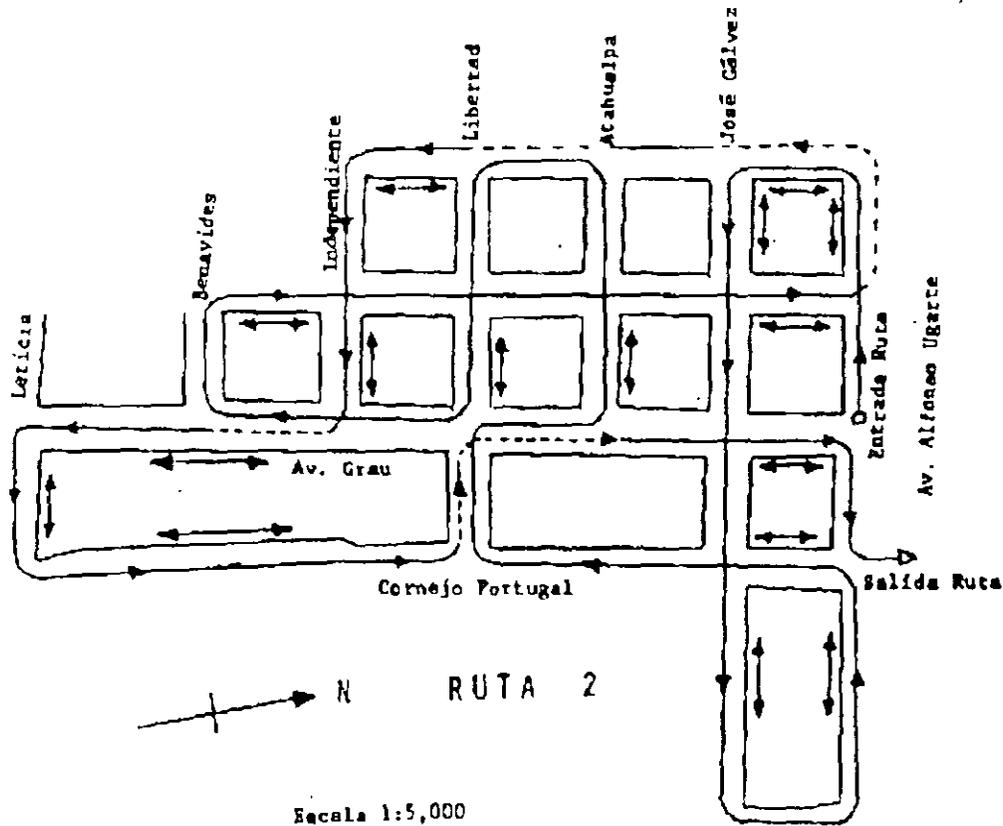
5) Camión N° 2174

Sobre	Desde	A	Vuelta	Estilo de recorrido	Hora
I	V	VIII	Derecha	En servicio	7 00 a.m
VIII	I	IV	Derecha	En servicio	
IV	VIII	VII	Derecha	En tránsito	
VII	IV	I	Izquierda	En servicio	
I	VII	VI	Izquierda	En tránsito	
VI	I	IV	Derecha	En servicio	
IV	VI	V	Derecha	En tránsito	
V	IV	I	Redondo	En servicio	
V	I	II	Izquierda	En tránsito	
II	V	VIII	Derecha	En servicio	
VIII	II	III	Derecha	En tránsito	
III	VIII	V	Izquierda	En servicio	
V	III	IV	Izquierda	En tránsito	
IV	V	VIII	Fin de ruta	En servicio	



Ejercicio - 1

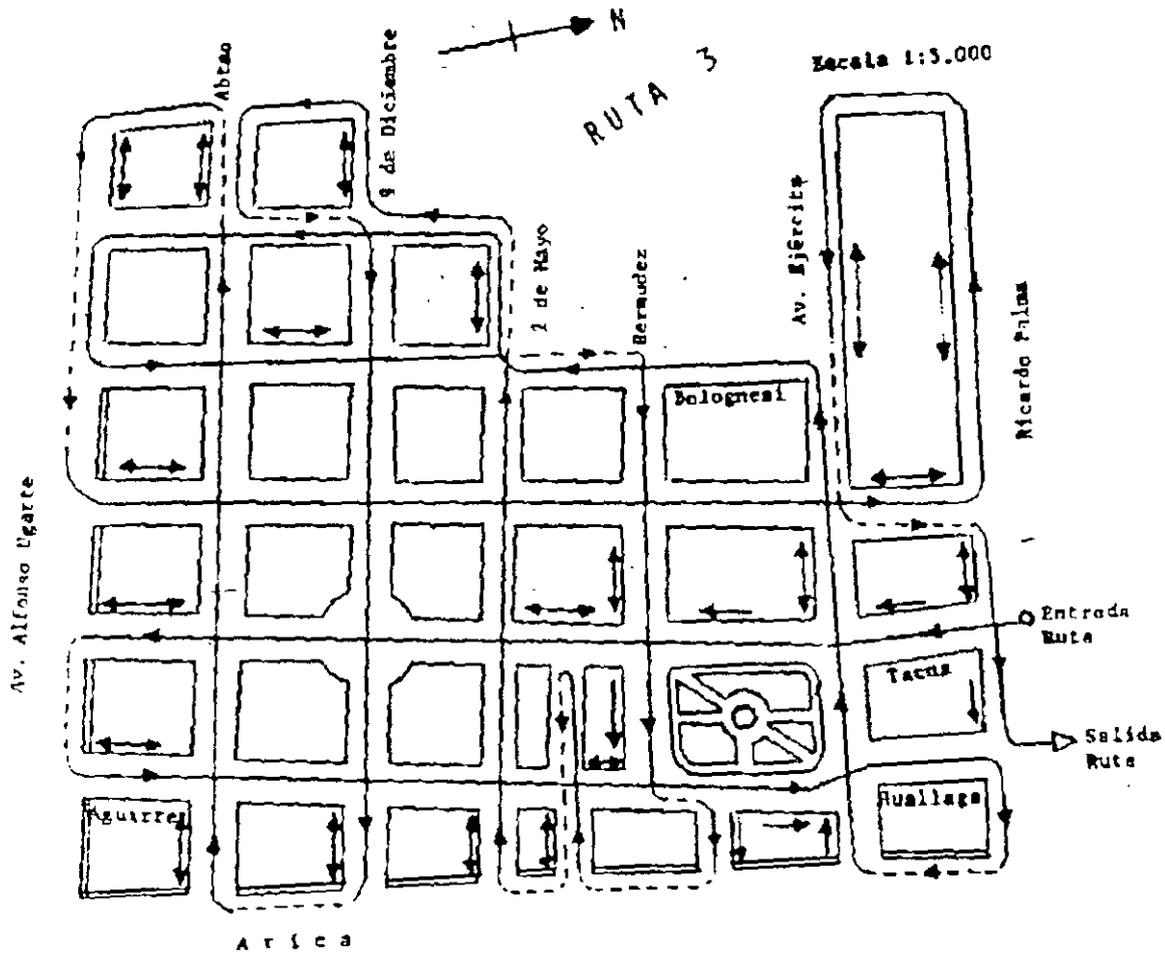
Mejorar la ruta actual utilizando el método de trazo "Peine" El terreno es plano y el garage y el relleno sanitario quedan al norte de este subsector. No existen vías de un solo sentido



Vueltas derechas	8
Vueltas izquierdas	15
Recorrido no productivo	6 cuadras

Ejercicio-2

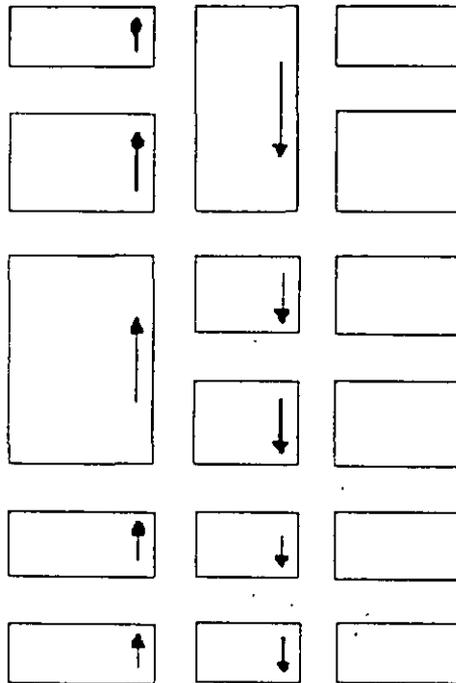
Mejorar la ruta actual utilizando el método de trazo "Peine". El terreno es plano y el garage y el relleno sanitario quedan al norte de este subsector. La basura en los lugares marcados con doble línea será recogida en otras rutas.

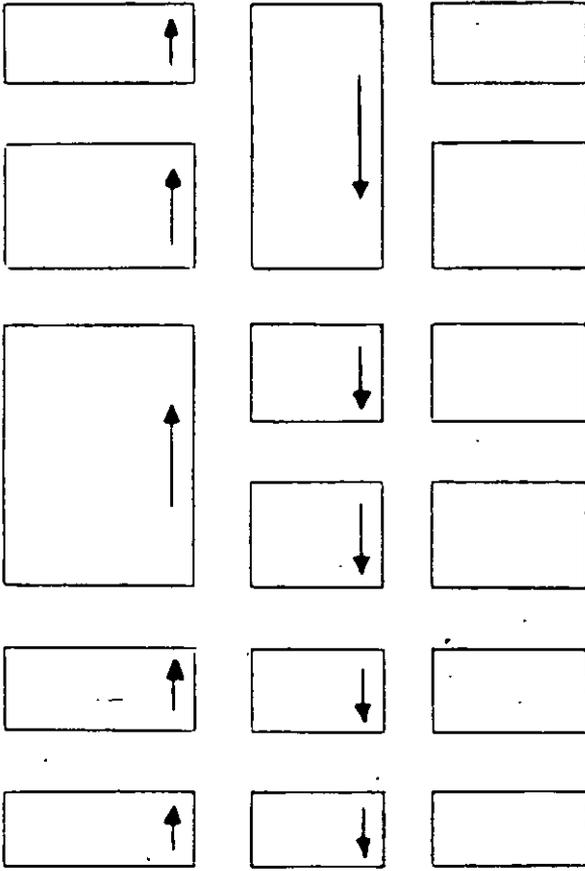


Vueltas derechas	15
Vueltas izquierdas	19
Vuelta redonda	1
Recorrido no productivo	16 cuadras

Ejercicio 3 (Subsector Comercial)

Desarrollar la ruta más apropiada utilizando el método de trazo "Doble peine"





\* Garage

\* Inicio

Sin escala

#### 4.2 Implantación de rutas

Lo más importante en la implantación de las nuevas rutas propuestas es adiestrar a los supervisores y a los choferes de camiones de limpieza pública. Dicho adiestramiento consistirá en explicar la simbolización de los esquemas de rutas de recolección como son: comienzo de ruta, dirección del recorrido, recorrido en servicio, recorrido en tránsito, fin de ruta, paradas fijas, horarios (inicio de jornada, hora de almuerzo, etc.) Asimismo, las actividades complementarias entre las que sobresalen forma de operar el sistema compactador del camión recolector, procedimientos de carga y descarga según el tipo de vehículo.

También es sumamente importante realizar actividades apropiadas de relaciones públicas, a fin de lograr la mayor cooperación pública al cambio de ruta, horario, frecuencia, etc. Al público, oportunamente, se le debe ofrecer las informaciones necesarias a través de medidas convenientes

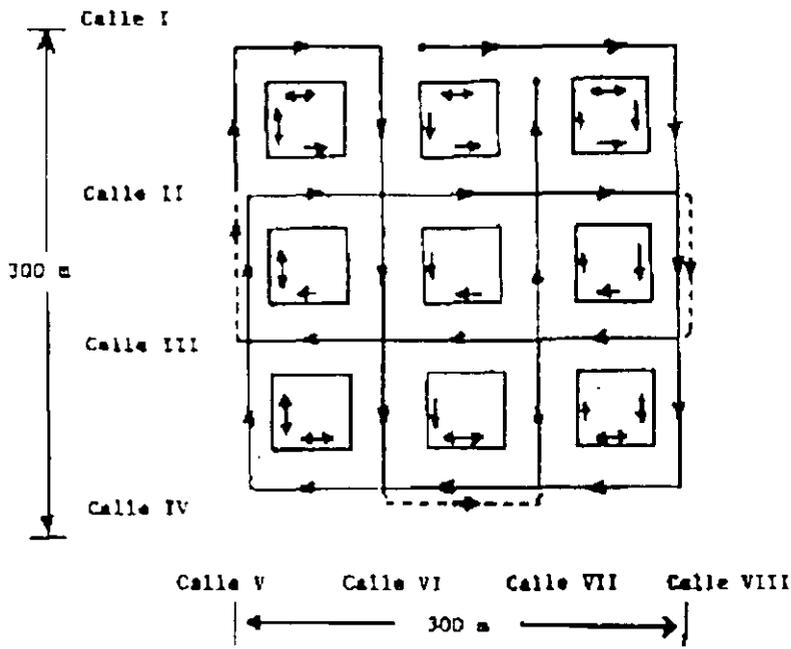
#### 4.3 Evaluación de rutas

Una vez implantadas las nuevas rutas, se evaluará su eficiencia y se efectuarán los ajustes requeridos. Esta evaluación debe realizarse periódicamente, puesto que siempre hay cambio en la producción de basura debido al proceso de urbanización, etc.

Por este motivo, la instalación de una balanza en cada relleno sanitario es indispensable ya que a través de su uso se pueden identificar las rutas con menos cargas y, a la vez, se les puede modificar para realizar cargas completas. La inversión de balanzas es definitivamente provechosa ya que se puede reducir el número de camiones y de personal y el consumo de combustibles, a través de un buen control de operación.

También es muy útil usar el índice Hom-Min/Ton (Hombre-Minutos necesarios para recolectar una tonelada de basura) para evaluar la eficiencia de las nuevas rutas. Menor Hom-Min/Ton realizado por rediagramación es un buen indicador de la superioridad de la nueva ruta, si otras condiciones son iguales, tales como frecuencia de recolección, tipo de recipientes, tipo y tamaño del camión, número de ayudantes, etc.

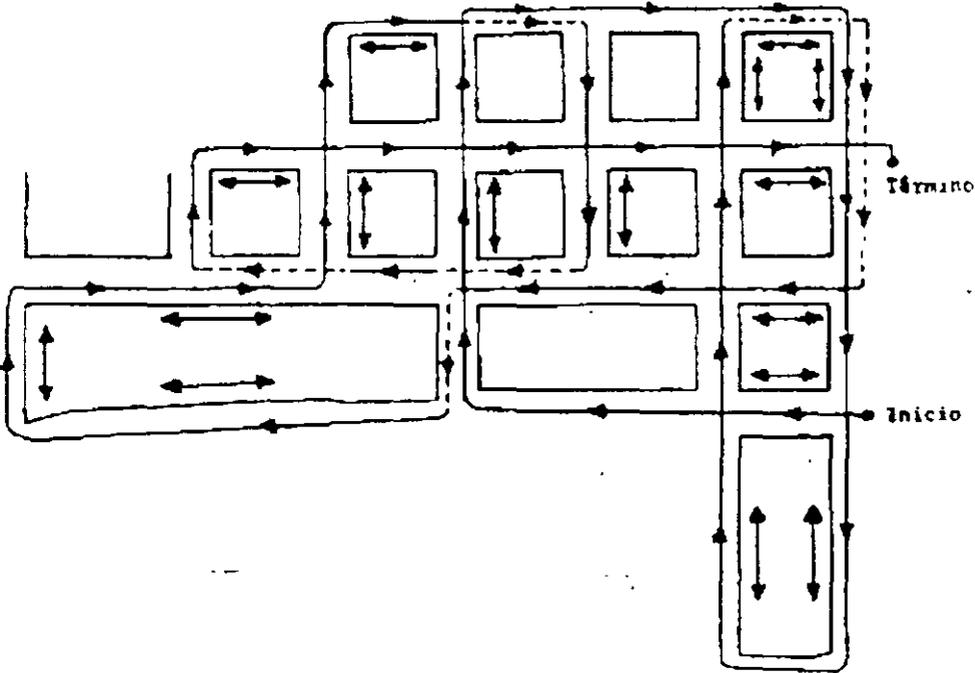
ESQUEMA MEJORADO  
(Cont de 3.3)



Items	Esquema Original	Esquema Mejorado
Recorrido estimado	3.0 km	2.7 km
Recorrido en tránsito (no productivo)	0.6 km	0.3 km
No. De vueltas derechas	7	9
No. De vueltas izquierdas	5	2
No. De vueltas redondas	1	0

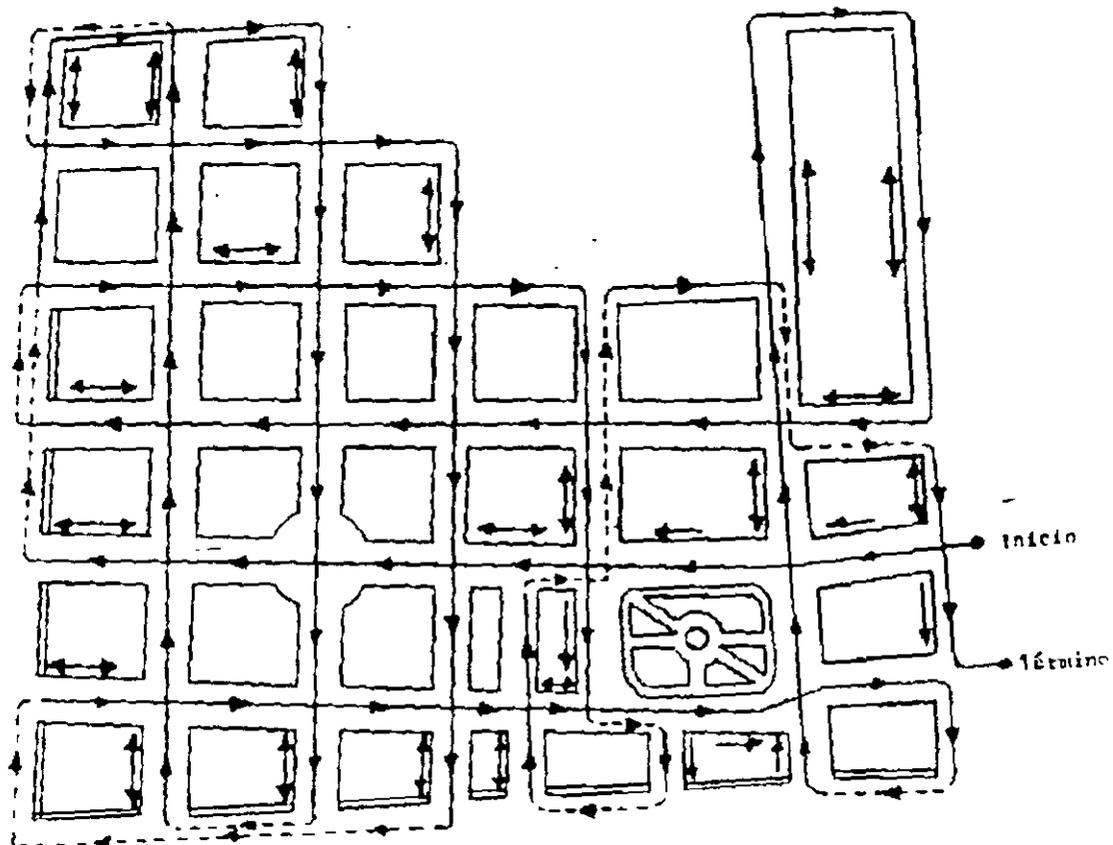
Ejercicio - I

Vueltas derechas ..... 17  
Vueltas izquierdas ..... 2  
Recorrido no productivo ..... 7 cuadras



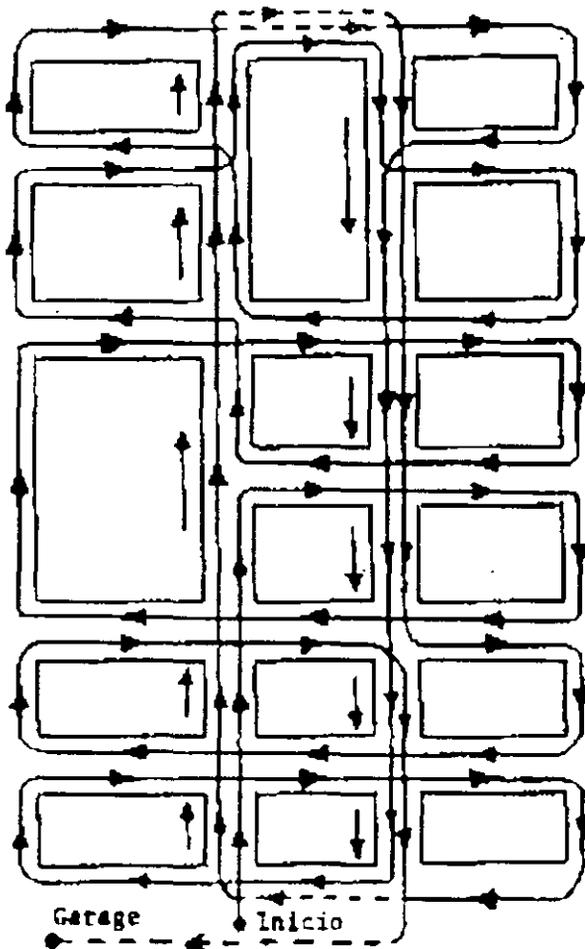
Ejercicio - 2

Vueltas derechas ..... 25  
Vueltas izquierdas ..... 7  
Recorrido no productivo ..... 18 cuadras



Ejercicio - 3

Vueltas derechas ..... 33  
Vueltas izquierdas ..... 6  
Recorrido no productivo ..... 5 cuadras





**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001  
"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

## **MODULO II: BARRIDO Y RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

### **TEMA**

## **RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON LA INADECUADA RECOLECCION**

**EXPOSITOR: IGN. DORAIDA RODRÍGUEZ SORDÍA  
PALACIO DE MINERIA  
ABRIL 2001**

## **5. Identificación de alternativas de solución a problemas de manejo de residuos sólidos urbanos**

### **5.1. Introducción**

Los responsables de los municipios deben tener en cuenta que frente a la variedad de necesidades se presenta una diversidad de soluciones y que debe considerarse no solamente las particularidades geográficas propias a cada municipio, sino también los deseos de sus administrados y las condicionantes inherentes a la gestión de los presupuestos municipales. La higiene, el respeto del medio ambiente, la seguridad, la valorización de los residuos, la economía, son factores que requieren igualmente toda una serie de soluciones diversificadas, a fin de satisfacer de la mejor forma las diferentes necesidades.

A modo de ejemplo, carece de sentido realizar de la misma manera la recogida de residuos en medios totalmente opuestos, ya sean rurales o urbanos, en el centro antiguo de una ciudad, en los grandes conjuntos de edificios del radio urbano o en las zonas residenciales. Asimismo, la elección racional de un tratamiento o de una valorización de residuos no puede ser idéntica en todas partes.

La cadena de operaciones que conduce a la eliminación de los residuos consiste en un proceso bastante complejo. Cada eslabón de la misma exige su propia solución, la cual debe adaptarse al caso específico de cada situación, y a la vez estar en armonía con los otros elementos de la cadena.

Por ello, es necesario desarrollar y poner a punto diferentes sistemas que puedan aplicarse convenientemente a la totalidad de los problemas encontrados.

Los millones de toneladas de residuos sólidos domésticos que se producen anualmente en el mundo, se recogen y tratan mediante métodos muy diversos, teniendo siempre presente unos objetivos de eficacia, economía de recursos, y protección del entorno, bajo la autoridad y el control de los responsables locales.

El objetivo de este capítulo es presentar distintas alternativas posibles de implantar para la solución de problemas en las distintas fases de la gestión de RSU, tanto para la optimización de la situación actual como para soluciones de ruptura.

Un primer nivel en la identificación de las alternativas de solución es la optimización de la situación actual. La optimización de la situación actual o búsqueda de la "base optimizada" consiste en estudiar las medidas que permitan, con recursos mínimos, que el servicio existente funcione de la mejor forma posible.

Para ello, una vez que se ha identificado el problema o la necesidad insatisfecha, es necesario efectuar un análisis de las modificaciones de gestión técnico-administrativa que permitan el mejoramiento de la situación actual. Por lo general, realizar estas modificaciones requiere de inversiones de tipo marginal y su evaluación deberá realizarse en los mismos términos.

Algunas medidas que pueden adoptarse para optimizar la situación actual son:

- Optimización de los procesos técnicos.
- Optimización de los procesos administrativos.
- Optimización de los recursos humanos.
- Optimización del equipamiento.
- Educación medioambiental a la población.

Sea para la optimización de la situación actual o para una solución de ruptura, debe enfatizarse en la necesidad de que el proyecto no se limite a una sola opción, debiendo realizarse un esfuerzo por generar distintas alternativas de solución al problema, cada una de las cuales presentará sus particulares características, costos y beneficios, los que deberán tomarse en cuenta al momento de optar por una de ellas.

Finalmente, es importante recalcar que no existe un método universal que permita identificar alternativas para proyectos de manejo o gestión de RSU, tratándose de un proceso en el que juega un rol preponderante los conocimientos y experiencia de los encargados de asesorar a quienes deban adoptar las decisiones en este ámbito. Por lo tanto, en las siguientes secciones se proyectará información respecto a las alternativas genéricas disponibles en la actualidad para cada fase de la gestión de RSU, señalando sus características, condicionantes, ventajas y desventajas, pero sin intentar otorgar una "receta" aplicable a cualquiera situación.

## **5.2. Alternativas para la pre-recolección.**

Tal como se mencionó en el capítulo 1, uno de los grandes problemas que presenta el servicio de recogida es la casi total anarquía que se observa por parte de los ciudadanos a la hora de depositar sus residuos para que los servicios municipales puedan retirarlos. Es por ello que cada municipio debe establecer ordenanzas que contengan las prescripciones técnicas mínimas que obliguen a presentar los residuos en las condiciones higiénicas más idóneas, y en las horas y lugares previamente establecidos.

En la actualidad, las principales alternativas disponibles de recipientes para depositar los residuos sólidos urbanos al paso de los camiones de recogida son los siguientes:

## **Cubos de basura**

Durante años ha sido la única forma de recipiente utilizado. Generalmente se fabrican de materia plástica o goma y están provistos de una tapa para evitar los malos olores y la proliferación de insectos.

Los cubos de basura constituyen un producto económico y rústico, pero que exige una intervención manual. Este material permite ofrecer un primer servicio de recogida de residuos, que resulta fácil de organizar y de bajo costo. Su capacidad varía entre 30 y 90 litros.

## **Bolsas o sacos desechables**

Suelen ser de papel o plástico y están provistos de una cinta para su cierre, con lo que se evita los malos olores y el derrame de residuos. En ciertos casos, la utilización de estos sacos puede presentar grandes ventajas, a saber:

- supresión de las operaciones de retorno y mantenimiento de cubos de basura u otro tipo de recipientes.
- facilidad de manipulación para el usuario o servicios de recolección.
- almacenamiento prolongado, ya que los usuarios pueden utilizar la cantidad que les sea necesaria y almacenar los residuos de forma higiénica durante varios días.
- reducción de la frecuencia de la prestación de servicios (caso de viviendas aisladas) y posibilidad de adaptarse a las fluctuaciones propias de la producción de residuos (periodos de mayor afluencia en las ciudades turísticas, interrupción momentánea de los servicios de recogida).

Si sus características técnicas de resistencia a la rotura no son las adecuadas, pueden romperse y su contenido ensuciará la calle

Además, presentan el riesgo de que el personal operario se produzca lesiones con objetos cortantes o punzantes que vayan en su interior. La capacidad de estas bolsas o sacos varía entre 30 y 110 litros.

En este punto cabe señalar la importancia que han adquirido las bolsas de embalaje de supermercado. Se puede observar el excelente resultado que éstas tienen en sectores de estrato medio y bajo. Su generalizado uso, con buenos resultados, han llevado a la industria a crear soportes y receptáculos adaptados a la medida de tales bolsas.

### **Contenedores con ruedas**

Es un nuevo tipo de cubo de basuras de concepción y diseño original. Se fabrican en material plástico de alta resistencia y están equipados con los siguientes elementos:

- dos ruedas fijas o cuatro giratorias, en función de la forma y capacidad
- una tapa equipada de bisagra.
- un sistema de enganche especial para la elevación y vaciado automáticos en los recolectores equipados de elevador de contenedores

Este sistema innovador y de probada eficacia está imponiéndose rápidamente por sus características y ventajas indiscutibles, tales como

**Maniobrabilidad:** el sistema de ruedas hace más fácil el manejo y la manipulación durante las operaciones de pre-recogida y recogida. El vaciado automático mejora de forma considerable las condiciones de trabajo del personal.

**Rapidez:** las operaciones de recolección son más rápidas y se realizan en buenas condiciones de higiene y seguridad. La gran capacidad de estos contenedores permite espaciar las prestaciones de servicios de recogida.

**Resistencia:** por su calidad y diseño, este tipo de contenedores resiste mejor las inclemencias del tiempo, así como los daños que los animales puedan ocasionar.

**Acoplamiento:** los contenedores de 4 ruedas están concebidos de forma que se puedan acoplar uno tras otro, facilitando su traslado al punto de recogida mediante un tractor por ello resultan muy adecuados para los grandes conjuntos de edificios.

La distribución de estos contenedores se debe realizar en función del tipo de edificio, número de viviendas, personas que lo habitan, residuos que generan diariamente, etc. Sin embargo, para optimizar su uso es necesario: que los camiones recolectores dispongan de equipo elevacontenedores, facilitar el acceso a los cuartos de basura en los edificios; y establecer un sistema de mantenimiento y limpieza de tales receptáculos.

La capacidad de estos contenedores varía entre 120 y 1.100 litros

### **Contenedores de gran capacidad**

Pueden ser abiertos o cerrados, y en este caso van equipados con equipo auto-compactador que permite una reducción de 2/3 del volumen de los residuos. Construidos con láminas de acero reforzadas por largueros del mismo material, disponen de puntos de enganche delanteros y traseros que permiten su carga en vehículos especiales que van equipados con elevadores tipo "ampiroll", "cadenas", etc. Dadas las características de estos vehículos hay que prever su acceso a la plataforma en que están ubicados los contenedores.

Los contenedores abiertos sirven para depositar residuos voluminosos (somieres, electrodomésticos, muebles, etc.), así como escombros, embalajes y materiales diversos; mientras que los contenedores cerrados, que disponen de autocompactador, se utilizan en los grandes conjuntos de viviendas, mercados, hospitales, etc., para depositar los residuos ordinarios y actúan como pequeñas estaciones de transferencia, reduciéndose el número de transportes hasta los centros de tratamiento. La capacidad de estos contenedores varía entre 5 y 30 metros cúbicos.

## **Contenedores para recogida selectiva**

Estos contenedores pueden tener diversas formas y generalmente se fabrican en material plástico de alta resistencia. Están concebidos para recibir exclusivamente un solo tipo de residuo: vidrio, latas, cartones o papeles, plásticos, etc., por lo que se instalan en sectores estratégicos de la ciudad para favorecer la recogida selectiva de aquellos residuos que es interesante someter a procesos de recuperación.

El uso de estos contenedores favorece la recuperación de materias primas para la industria, la disminución de residuos a tratar, la eliminación de materiales no deseados cuando los residuos van a someterse al proceso de compostaje.

Sería de desear que los municipios normalizaran los recipientes o bolsas para utilizar por los usuarios del servicio por la influencia que ello tiene en el coste del servicio y en los sistemas técnicos a adoptar en la recogida.

### **5.3. Alternativas para recolección y transporte**

Tal como se mencionó en el capítulo 1, esta fase comprende el conjunto de operaciones de carga-transporte-descarga desde que los residuos son presentados hasta que son descargados, bien directamente en los puntos de tratamiento o en plantas de transferencia.

Debe recordarse que esta fase representa entre un 60 y un 80% de los costos globales de la gestión de los RSU y -en consecuencia- requiere una cuidadosa administración.

#### **5.3.1. Alternativas de sistemas de recolección**

En la actualidad se pueden distinguir tres grandes grupos de sistemas de recogida:

a) Sistemas tradicionales de recogida domiciliaria.

b) Sistemas que implican inversiones adicionales en barrios y/o edificios.

c) Recogida selectiva.

a) **Sistemas tradicionales de recolección domiciliaria**

Se denomina sistemas tradicionales de recogida a aquellos en los que se recogen indiscriminadamente todos los residuos (a excepción de los industriales o los que pueden contener componentes tóxicos), en el lugar en que son producidos y sin ninguna compresión previa. Generalmente estará reglamentado el uso de bolsas.

El hecho de que la recogida se realice desde el lugar de producción de los RSU, no significa que el servicio que se ofrece a los ciudadanos siempre cubra todo el recorrido desde el domicilio hasta la planta de eliminación o transferencia. De este modo, se puede distinguir entre distintos tipos de recogida que suponen una mayor o menor colaboración ciudadana:

- Recogida domiciliaria casa por casa: es el servicio más completo que prácticamente no implica trabajo alguno a las familias o locales afectados, pero que requiere una abundante mano de obra.
- Recogida semimecanizada con cubos especiales por edificios o grupos de viviendas: sólo se requiere el trabajo de colocación en los cubos y permite reducir algo la cantidad de personal por vehículo, así como disminuir los tiempos de recorrido.
- Recogida mecanizada en containers especiales, por manzanas o recorridos de viviendas: implica un mayor trabajo de desplazamiento para el usuario y la disposición de espacio suficiente para la localización y fácil acceso a los containers.

Pero, permite reducir prácticamente a un solo trabajador por camión la plantilla de recogida, aunque en la medida en que no se compriman los RSU en el container aumenta el número requerido de vehículos.

De forma más estricta que con los cubos se requiere que este material cumpla unas normas estrictas de mantenimiento (desinfección periódica, etc.) y que los vecinos afectados colaboren con el servicio.

Se podrían adoptar más soluciones intermedias, pero lo importante a tener en cuenta es la relación que existe entre mecanización del servicio -lo que puede representar un abaratamiento de los costes- y mayor colaboración ciudadana y entre disminución de los tiempos de recorrido y mayores necesidades de material adicional.

**b) Sistemas que implican inversiones adicionales en barrios y/o edificios**

En edificios de nueva construcción se han diseñado sistemas sencillos de tuberías en los que desde cada piso o apartamento se depositan las basuras y quedan recogidas en un lugar central del edificio. A todos los casos en que las inversiones adicionales se limiten a estos aspectos, de hecho se les debe considerar dentro del grupo de sistemas tradicionales, ya que no se ha hecho más que mecanizar el trabajo de colaboración ciudadana.

Quizás el sistema más sofisticado que debería incluirse en este grupo es la recogida neumática diseñada para un barrio o conjunto residencial de amplia construcción. De hecho, no es más que una mejora del sistema anterior, en el que el único desplazamiento posible era la caída vertical. Este método permite desplazar horizontalmente y a mayor distancia los RSU debidamente embolsados. Es el mismo sistema que utilizan algunos centros hospitalarios y oficinas para desplazar paquetes y correo interno. Permite simplificar al máximo la recogida o desplazamiento de los RSU desde el lugar central de recogida por sistema neumático hasta las plantas de tratamiento.

Aunque se podría imaginar una recogida neumática que cubriese el transporte completo de los RSU, en la práctica no parece rentable su implantación, ya que este método suele ser adecuado para el transporte de pequeñas cantidades, no para el transporte final de los RSU de un núcleo urbano.

Existe todo un conjunto de técnicas de tratamiento parcial de los RSU en el lugar de recogida (manzanas, barrios o grandes edificios) que representan uno de los desarrollos actuales más interesantes sobre este tema. Por lo general, los sistemas de recogida neumática llevarán acoplados uno de estos sistemas, aunque su instalación es independiente de la forma de transporte de los RSU. Este conjunto de técnicas cubre desde los containers con compresión hasta las incineradoras de escala reducida, pasando por distintas formas de compresión/trituración de los residuos

Las pequeñas incineradoras merecen una mención aparte ya que a esta escala de tratamiento reducida difícilmente pueden resultar rentables los métodos que incorporan la purificación de humos y queda fuera de lugar la utilización de centros urbanos de pequeñas incineradoras polucionantes.

Los distintos sistemas de compresión/trituración a pequeña escala se han de contemplar como una posibilidad de organización de la recogida ya que en estos casos no sólo se disminuye la plantilla y tiempos de recorrido sino que también se puede reducir el número de vehículos con el consiguiente ahorro de combustible.

Sin embargo, como contrapartida, estas técnicas requieren un espacio adecuado en los grandes edificios o conjuntos de viviendas, una inversión adicional importante, y un sistema de mantenimiento/funcionamiento adecuado. Pero, en la medida que aumenten los costos del servicio tradicional, estos métodos pueden empezar a ser rentables.

Existen dos formas posibles de implantación de este sistema: o bien es el propio municipio (o empresa concesionaria) quien realiza la inversión y se responsabiliza de su mantenimiento o bien son los propios vecinos quienes se responsabilizan y quedan compensados con una disminución de la tarifa, proporcional a la reducción de los costes del servicio final de transporte que deberían contratar.

c) **La recolección selectiva**

El único sistema de recogida que tiene en cuenta y presupone un sistema de eliminación posterior es la recogida selectiva, que va unida a los sistemas de reutilización de los residuos. En los últimos años se ha escrito mucha literatura sobre este tema. En muchas polémicas sobre su rentabilidad, a menudo no se ha tenido suficientemente en cuenta los distintos grados y formas con que se puede realizar este tipo de recogida.

El modelo completo o ideal de recogida selectiva supone dos cosas: 1) la participación ciudadana al depositar en bolsas o cubos distintos los principales componentes diferentes de los RSU como pueden ser el papel, los plásticos, el vidrio, metales y residuos orgánicos; 2) la recogida por separado de dichos componentes bien en vehículos distintos o en vehículos especiales compartimentados. No cabe ninguna duda sobre el abaratamiento que supone en la reutilización de los residuos este tipo de recogida, pero sin embargo se debe tener en cuenta:

- Que el sistema de reutilización sea adecuado porque existan mercados de los productos resultantes.
- La recogida se hace más compleja y como consecuencia de ello aumentan los tiempos de recorrido y la dotación o sofisticación de los vehículos. Ya se ha mencionado que la recogida es el componente principal del coste total del servicio de recogida y eliminación de los RSU (entre 60-80%), por lo que este factor de encarecimiento no es en modo alguno despreciable y puede dar como resultado un encarecimiento del coste total del servicio.
- Se requiere un grado de concientización y colaboración ciudadana bastante elevados, ya que para que el sistema sea efectivo, toda la población afectada debe cumplir las normas de selección de los residuos. Dados estos factores de "educación ciudadana", el proceso de implantación del sistema requiere un tiempo adecuado.

Sin embargo, y sin descartar la organización completa de la recogida selectiva, existen bastantes soluciones que simplifican este modelo ideal aunque no hacen tan completa selección de los residuos, a saber:

- Dentro del modelo ideal se puede reducir el número de componentes a seleccionar.
- También dentro del modelo ideal se pueden adecuar los distintos tipos de recogida anteriormente analizados que suponen una mayor colaboración ciudadana y un abaratamiento de los costos de transporte. Así como también se pueden utilizar las distintas soluciones que suponían inversiones adicionales, adecuadas en este caso a la existencia de tipos diferenciados de residuos.
- Cuando la recogida selectiva se realiza porque en último extremo existen mercados de los productos resultantes, se puede instrumentar un sistema opcional de recogida con incentivos, bien sea con la compra de papel, vidrio, etc., o porque el ciudadano sólo pague por la recogida y eliminación del volumen de residuos no diferenciados. De hecho esto supone que la rentabilidad de la reutilización puede cubrir el costo del transporte y restringe bastante las posibilidades efectivas de este tipo de soluciones. Esta posibilidad se podría contemplar o bien como forma de tránsito gradual hacia la recogida selectiva completa, o bien sin más incentivos adicionales que el abaratamiento que se puede obtener en los costos y por tanto en la tarifa que se cobra al ciudadano.
- La forma más sencilla y rudimentaria de seleccionar los residuos es tener en cuenta los distintos tipos de RSU que se producen en un núcleo urbano por áreas de producción. Por ejemplo, si se recogen por separado los residuos de los mercados, de las áreas en que prácticamente sólo existen oficinas o centros comerciales, etc., se obtiene una diferenciación importante de los residuos. Ahora bien, para que una solución de este tipo resulte rentable, el desarrollo de una planta de reciclaje sólo parece posible en grandes núcleos urbanos.

En algunas ciudades europeas -como por ejemplo Barcelona- se da este tipo de diferenciación de los residuos por lugar de origen o barrios. Esta diferenciación no soluciona el proceso de reutilización sino que se adecua a la incineración de los residuos, ya que los distintos tipos de residuos contienen un poder calorífico diferente.

### 5.3.2. Decisiones complementarias al sistema de recolección

Habiéndose seleccionado un sistema de recogida, a lo menos debe adoptarse decisiones en cada uno de los siguientes aspectos:

a) **Frecuencia de la recolección:** dependiendo de las condiciones climáticas, del grado de generación, del área socio-económica, etc., se debe establecer la frecuencia de recogida de los residuos con periodicidad diaria, tres veces por semana, dos veces por semana o semanal. Los costos serán función de esta periodicidad.

b) **Horarios:** para poder alcanzar un mayor dinamismo del servicio se hace necesario elegir aquel horario en que exista menor intensidad de tráfico y cree menores problemas por impacto ambiental. Las circunstancias apuntadas coinciden con horarios nocturnos. Los residuos sólidos de tipo comercial se prestan mejor a una recogida diurna que debe coincidir con la de menor intensidad del tráfico.

La elección de una u otra forma de realización del servicio de recogida de basuras (diurna o nocturna) no debiera ser fruto de una decisión poco meditada por parte de los entes municipales, ya que evidentemente cada población tiene una serie de circunstancias tales como: alumbrado público, climatología, densidad de circulación, situación y estado del lugar elegido para la disposición final de los residuos sólidos recolectados, etc., que influyen notablemente a la hora de elegir un determinado horario.

Uno de los problemas que pueden originarse al pretender poner en práctica un servicio de recogida nocturna, es el ruido que producen los vehículos recolectores.

Este ruido no es solamente el producido por el motor, generalmente diesel, sino además el producido por los propios mecanismos de compresión del equipo recolector. El primero de ellos es difícil de eliminar por sus propias características y porque en muchos de los casos, los servicios de mantenimiento no se preocupan demasiado de que los motores y sus sistemas silenciosos de expulsión de gases, estén verdaderamente ajustados. Este inconveniente solamente se ha podido resolver con la utilización en algunas ciudades de chasis movidos por tracción eléctrica, mediante motores eléctricos alimentados por baterías de plomo de gran capacidad. Este sistema realmente poco utilizado en la actualidad, tiene una serie de ventajas, pero tiene la limitación de capacidad de las baterías, no habiéndose superado todavía autonomías de más de 100 km y de la dificultad de superar ciertas pendientes, por lo que su utilización podemos considerarla restringida a cierto tipo de ciudades o itinerarios de recogida.

Respecto al problema del ruido que producen los propios mecanismos de compresión de los vehículos, es importante el avance que se ha producido en su eliminación, siendo fundamental a la hora de decidir una adquisición de este tipo de equipos, el realizar por los Servicios Técnicos Municipales un exhaustivo estudio de los distintos sistemas que ofrece el mercado.

Independientemente de las características técnicas del material a utilizar para un servicio nocturno o diurno, antes de decidir por uno u otro, se deberá tener en cuenta -tal como se indicara anteriormente- las características urbanas de la ciudad, pudiendo señalar una clasificación que no pretende ser limitativa, sino meramente enunciativa, por la multitud de casos particulares que pueden presentarse y que podrían llevar al convencimiento de que lo más adecuado sea hacer un servicio de recogida nocturno o diurno, solamente para determinada zona de la ciudad:

- Poblaciones turísticas: por ser lugares donde generalmente hay vida nocturna, es aconsejable realizar el servicio a primeras horas de la mañana, evitando que los cubos o recipientes donde se depositen los residuos por los usuarios, permanezcan en las calles durante la noche.

- Poblaciones con un centro urbano congestionado: en ellos, evidentemente, deberíamos ir a realizar un servicio de recogida con carácter nocturno para evitar las dificultades de tráfico a primeras horas de la mañana y las perturbaciones que ello pudiera ocasionar.
- Grandes y medianos núcleos urbanos: la práctica aconseja realizar el servicio de recogida en horas nocturnas salvo en zonas periféricas o de deficiente iluminación.

Tal como ya se indicó, en aquellas poblaciones donde es fácil diferenciar dos o varios sectores distintos de forma de vida, se podría sugerir la conveniencia de realizar un servicio mixto de recogida de basuras, realizando con carácter nocturno la de carácter domiciliario y de centros comerciales, desarrollando el servicio con carácter diurno o de madrugada en polígonos industriales y zonas de recreo. Se entiende que cada población requiere un estudio previo específico antes de adoptar una u otra solución, pudiendo llegar el caso que por la complejidad de rutas e itinerarios de determinadas poblaciones, sea aconsejable el procesar todos los datos incluso por computador.

c) **Factores que influyen en los tiempos de recolección**

En la recolección propiamente dicha podemos destacar los siguientes factores como influyentes en los tiempos de recogida:

- a) Tipo de receptáculo.
- b) Ubicación del receptáculo.
- c) Número de recolectores.
- d) Tipo de zona o sector.
- e) Calidad de las vías de circulación.
- f) Tránsito de vehículos.
- g) Hora en que se realiza la recolección.
- h) Climático.

d) **Equipos:** los equipos de recogida de residuos deberán elegirse teniendo en cuenta todos aquellos factores característicos de cada ciudad o área de recogida: el tipo de viviendas, la densidad de la población, el urbanismo; el volumen y el tipo de residuos, las variaciones de estación; la frecuencia o la rapidez con que se requieren los servicios de recogida; la distancia a los centros de tratamiento; los requerimientos en materia de higiene, de estética y de las condiciones de trabajo del personal, el monto de las inversiones y los costos de explotación.

Las principales alternativas disponibles en cuanto a vehículos recolectores, son las siguientes:

- **Camión recolector con caja compactadora**

Estos vehículos están equipados con una caja compactadora que dispone de una tolva para la carga de los residuos y un dispositivo de compresión que permite reducir entre 3 y 5 veces el volumen de los residuos.

La caja compactadora suele estar construida con chapas de acero especial, de alta resistencia a la abrasión y a la corrosión, reforzada con vigas y tirantes de acero de gran resistencia y montada sobre un bastidor de soporte sumamente sólido.

El vaciado de la caja compactadora se realiza, generalmente, mediante una placa de expulsión accionada por un circuito hidráulico

Los camiones recolectores-compactadores pueden ir equipados con un elevador de contenedores que se adapta a los diversos tipos normalizados de 2 ó 4 ruedas facilitando la recogida hermética.

Este tipo de vehículo presenta las siguientes ventajas:

- reducción del coste del transporte por tonelada,
- reducción del tiempo de recogida;
- al ser la caja hermética, se mejoran las condiciones higiénicas, estéticas y de seguridad del servicio prestado.

La capacidad normal de estos vehículos oscila entre 6 y 25 metros cúbicos, es decir de 2 a 13 toneladas de residuos.

- **Camión recolector con caja cerrada sin compactación**

Las características técnicas de la caja son similares a las anteriores en lo referente a corrosión y estanqueidad, pero no disponen de mecanismo compactador por lo que su capacidad de carga es más reducida.

Suelen utilizarse en pequeños núcleos urbanos con poca generación de residuos, mientras que en ciudades de mayor entidad se emplean para la recogida de restos de arbolado y residuos de la limpieza viaria.

- **Camión para contenedores de gran capacidad**

Son vehículos especiales que van equipados con elevadores tipo "ampiroll", "cadenas", etc., para poder levantar y depositar los grandes contenedores sobre el chasis del camión para su transporte al centro de tratamiento.

- **Camión de caja abierta**

Este tipo de vehículos se suele utilizar en áreas rurales donde el volumen de residuos es muy reducido y no se dispone de suficientes medios económicos para realizar un servicio adecuado.

Al estar abierta la caja, si no se instala una lona o red, se vuelan los plásticos y papeles, y además, como la caja no suele tener la adecuada estanqueidad, se produce la pérdida de líquidos a lo largo de todo el recorrido, ensuciando las calles.

En las áreas urbanas, este tipo de camión suele utilizarse para la recogida de residuos voluminosos como somieres, electrodomésticos, muebles, etc.

- **Otros tipos de vehículos**

Dentro de este concepto se incluyen los carros, remolques, volquetes, etc., que son movidos por tracción animal o tractores. Generalmente se usan en el medio rural, en sectores donde el volumen de residuos generados es muy pequeño.

Este tipo de vehículos presenta iguales inconvenientes que los camiones de caja abierta pero indiscutiblemente están prestando un servicio a costes mínimos en áreas rurales de población muy dispersa o de poca densidad demográfica.

En todos los casos, se debe adoptar decisiones sobre la capacidad del equipo, índice de compresión, contaminación por ruidos, relación tara-carga, etc. Las características más importantes a tener en cuenta son:

- Estanqueidad total, para evitar derrame de líquidos.
- Mayor índice de compresión, a fin de mejorar el rendimiento de los equipos.
- Rápida absorción de residuos.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Seguridad de manejo.

Y, evidentemente, siempre que las características urbanas del lugar lo permitan debe procurarse elegir recolectores de gran volumen de carga para evitar pérdidas de rendimiento que suponen los desplazamientos al centro de eliminación.

Asimismo, deberá tenerse en cuenta, a la hora de elegir los equipos más apropiados, el poder disponer en el parque de vehículos de aquellos para realizar los servicios especiales que no pueden o no deben ser realizados con los recolectores compresores, tales como animales muertos, productos sanitarios, derivados de actividades sanitarias y aquellos otros que por sus características no sea adecuada su compresión.

En ocasiones, motivos de eficiencia en el uso de los vehículos pueden aconsejar dividir la función de recogida de la función de transporte, vaciando los camiones de recogida sobre camiones más grandes y más adecuados para el transporte a distancia de grandes volúmenes de residuos. Esta ruptura del sistema de recogida se efectúa en las denominadas **plantas de transferencia**

La estructura más simple de estas instalaciones se compone de una plataforma elevada en unos tres metros en relación con el nivel del suelo. Esta plataforma es accesible a los vehículos de recogida por medio de una rampa de acceso y sus dimensiones deben permitir la evolución de un vehículo de recogida.

Los camiones de recogida vacían directamente sobre unas tolvas que por gravedad descargan los residuos sobre los contenedores de gran capacidad (25 a 50 m<sup>3</sup>).

Los compactadores fijos, ubicados en la base de la tolva, compactan la basura que cae en los contenedores, reduciendo el volumen de los residuos y aumentando la capacidad de carga de los contenedores. Según se van llenando los contenedores, son evacuados por camiones provistos de dispositivos especiales para su manejo y luego transportados al centro de tratamiento.

El número de camiones necesarios vendrá dado en función de la distancia al centro de tratamiento y del número de toneladas a evacuar.

En general, se estima necesaria la instalación de plantas de transferencia cuando se genera una cantidad de residuos importantes y la distancia de transporte de los residuos al centro de tratamiento es superior a 15-20 km.

Los principales ventajas de la implantación de una estación de Transferencia los podemos resumir en los siguientes:

- **Economía del transporte:**

En un transporte de transferencia la carga útil legal puede llegar a ser de 18 a 25 toneladas en comparación con las 4 a 10 toneladas del transporte por vehículos recolectores. Lógicamente esto implica menos viajes al centro de disposición final, permitiendo así que la flota de recolección permanezca más tiempo en las rutas de recolección, lo que resulta una importante reducción de los costos de capital y operación.

- **Ahorro de trabajo:**

Los camiones que normalmente realizan la recolección tienen tripulaciones de dos o tres personas, además del conductor. Durante el tiempo "adicional" de transporte del vehículo hacia el lugar de disposición, esta tripulación debe permanecer en el vehículo, lejos de su labor de recogida, con el costo de tiempo y monetario que ello conlleva, con la implantación de las estaciones de transferencia disminuimos este tiempo. Además de que el vehículo encargado del recorrido de la estación de transferencia a la disposición final solo necesita un operario para su operatividad (el conductor).

- **Ahorro de energía:**

Los consumos por Tonelada/Kilómetro transportado son menores en los vehículos de transferencia que en los recolectores.

- **Reducción de costos por desgastes y/o roturas del equipo:**

Debido a la menor cantidad de viajes se logra una disminución en el kilometraje global del recorrido, con la reducción en el desgaste de los equipos que ello implica.

- **Versatilidad:**

La flexibilidad de los sistemas de transferencia permiten cambiar el destino final de los residuos sólidos con un mínimo impacto en la operación de recolección.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

## **MODULO II: BARRIDO Y RECOLECCION DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

### **TEMA**

### **PLANEACION DEL MUESTREO (Análisis de datos de campo)**

**EXPOSITOR: ING. RICARDO GARCÍA SÁNCHEZ  
PALACIO DE MINERIA  
ABRIL 2001**



ESTUDIOS Y TECNICAS ESPECIALIZADAS EN  
INGENIERIA S.A DE C.V.

## **Planeación del Muestro**

**(Análisis de datos de campo)**

**Ing. Ricardo García Sánchez**

**TUXPAN 77 • COL. SAN JERONIMO • C.P. 10400 • MEXICO D.F.**  
**FAX 55 68 86 15 TEL(S). 55 68 86 11, 55 68 86 12**  
**E-mail. [eteisamex@hotmail.com.mx](mailto:eteisamex@hotmail.com.mx)**

## I. PLANEACION DEL MUESTREO

El proceso de planeación y preparación de las actividades a desarrollar en las zonas por muestrear en cada localidad, tiene antecedentes en las consultas a las fuentes de información estadística del Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), de los estados y los propios Departamentos de Limpia, además de los reconocimientos físicos que permiten conocer las dimensiones, distribución, estructura y comportamiento de los fenómenos sociales y económicos que se registran en los ámbitos geográficos de las localidades a muestrear.

Se debe realizar un mapeo de la zona de estudio, identificando las colonias o zonas por estrato socioeconómico. Con base en los resultados de esa evaluación, se fijan las zonas en cada colonia, en cuanto a número de manzanas y viviendas para realizar el muestreo de residuos sólidos, de acuerdo al tamaño de muestra establecido. Con la información recopilada se realiza el proceso de análisis (peso volumétrico "in-situ", cuarteo y selección de subproductos). Para recabar en campo la información anterior se diseña y aplica un cuestionario adecuado a las condiciones del levantamiento, residuos a recolectar, determinar los periodos de levantamiento y recolección para cada colonia, instrumentar las actividades de coordinación y comunicación para el buen desempeño de los trabajos, y desarrollar un esquema integral para la conjunción de información y análisis de resultados.

A partir de lo anterior se llevan a cabo recorridos de reconocimiento en cada una de las zonas seleccionadas, para corroborar la información obtenida, apoyándose de personal técnico, gubernamental y administrativo. Esto permite analizar, evaluar e integrar experiencias y conocimientos en torno al manejo de la calidad y cantidad de residuos sólidos generados en las zonas a muestrear. Para el diseño del cuestionario o cédula de encuesta por casa, deben revisar cuidadosamente las preguntas, para facilitar su recopilación y procesamiento. Los temas incluidos en el cuestionario son:

1. Nombre de la persona encuestada
2. Domicilio correcto (localidad, colonia, calle, número de vivienda identificando interiores y código postal)
3. Tipo de vivienda
4. Número de habitantes por vivienda
5. Estrato socio
6. económico
7. Recipientes utilizados para el depósito de residuos
8. Cantidad de residuos generados al día (aproximadamente)
9. Periodos de recolección
10. Separación domiciliaria de residuos y disponibilidad de los habitantes para llevar a cabo programas de separación domiciliaria.

La coordinación con el camión recolector de las zonas de estudio es fundamental, ya que éste deberá respetar durante el periodo de estudio el no recolectar en los domicilios seleccionados.

## **II. DESARROLLO DEL MUESTREO**

Una vez identificados físicamente los elementos de la premuestra en el universo de trabajo (viviendas), se anota con pintura amarilla el número aleatorio correspondiente al elemento, en algún lugar visible de la calle donde se encuentra la casa habitación o elemento por muestrear.

A partir de la aceptación de los usuarios de las viviendas y de la aplicación del cuestionario, se entregan bolsas de polietileno calibre 200 de 0.80 X 0.90 m. debidamente marcadas. Al día siguiente, se visitan nuevamente las casas-habitación seleccionadas del universo de trabajo el primer día del periodo en que se realiza el muestreo, lo más temprano posible, para recoger las bolsas conteniendo los residuos sólidos generados antes de este día. Esto sirve únicamente como una "operación de limpieza", para asegurar que el residuo generado después de ella, corresponda a un día.

Simultáneamente con la "operación de limpieza", se entrega una nueva bolsa para que se almacenen los residuos generados las siguientes 24 horas. A partir del segundo, hasta el séptimo día del periodo de muestreo, se recogen las bolsas conteniendo los residuos generados el día anterior y a su vez se entrega una nueva bolsa para almacenar los residuos por generar las siguientes 24 horas.

Los residuos recolectados se transportan en un vehículo adecuado (pudiendo ser éste una camioneta pick up, redilas, etc.) hasta la zona de pesaje y cuarteo, vigilando que las bolsas estén identificadas adecuadamente, cerradas y que se transporten con el cuidado necesario. Este proceso se repite diariamente para cada manzana, colonia y localidad integrada en el proyecto establecido.

## **III. ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACION**

En la zona de análisis prevista para efectuar la concentración de residuos sólidos recolectados, se efectúan las siguientes actividades para cada una de los estratos muestreados:

### **a) Pesaje de muestras recolectadas**

Diariamente después de recoger los residuos sólidos generados el día anterior, se procede a pesar cada elemento anotando su valor en la cédula de encuesta, en el renglón correspondiente al día en que fue generado.

## **b) Operación del método de cuarteo**

Las bolsas se rasgan y los residuos se depositan sobre una lona plastificada de 4 x 4 m, en forma de montón, sin revolver residuos entre estratos socioeconómicos; inmediatamente después se mezclan perfectamente éstos, se distribuyen sobre la superficie de la lona con palas carboneras y/o bieldos, efectuando la división en cuatro partes más o menos iguales, se escogen dos cuartas partes, cuidando que éstas sean opuestas, pesando los residuos elegidos y repitiendo esta operación hasta que quede un mínimo de 50 kg, los residuos restantes no se consideran en el análisis y se rechazan.

## **c) Determinación del peso volumétrico**

La cantidad de residuos (50 kg como mínimo) se depositan en un tambo de lámina de 0.200 m<sup>3</sup> de capacidad, previa determinación de su tara, mismo que se coloca en la báscula de pesaje de 200 kg, de donde se determina el peso volumétrico por estrato socioeconómico en kg/m<sup>3</sup>.

## **d) Selección de subproductos**

Los residuos una vez determinado su peso volumétrico, nuevamente se depositan en la superficie para realizar la selección del material clasificado efectuando la separación de subproductos, pesándolos según su clasificación.<<<<

Los procedimientos anteriores son elementos esenciales para la determinación de la calidad y cantidad de residuos sólidos en cada una de las colonias elegidas por estrato.

La información generada para cada actividad deben validarse, para su captura y procesamiento, verificando que dicha información arrojaré resultados veraces muy cercanos a la realidad.

## **IV. CENSO POBLACIONAL**

La información puede basarse principalmente en áreas geoestadísticas básicas de las localidades urbanas para cada municipio en estudio; datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI); que constituyen una selección de los principales conceptos de la temática censal, para conocer los indicadores específicos de las zonas en cuestión.

Además de la información proporcionada por el INEGI, es necesario realizar censos de población en la localidad, por estratos socioeconómicos (alto, medio y bajo), que permitan ampliar el panorama en cuanto al número de personas que integra cada zona.

Se realizan levantamientos dimensionales de manzanas y calles, considerando las distancias a ejes de cada una de ellas, con el fin de conocer el área de influencia para un determinado número de habitantes.

Con las áreas de las manzanas y sus influencias, además del número de habitantes, se determina la densidad poblacional de cada estrato.

#### **1. Determinación del área de influencia de cada estrato socioeconómico por delegación.**

Con la distribución de las áreas geoestadísticas básicas proporcionadas por el INEGI, los mapas urbanos con que se cuentan, y los datos proporcionados por los departamentos de limpia de cada delegación, además de los recorridos físicos, es posible establecer el área de influencia de cada estrato social.

Para la clasificación e influencia de cada estrato social, es necesario analizar cuidadosamente las áreas geoestadísticas básicas del INEGI, que permita identificar la población según su zona de desarrollo, considerando sus condiciones de vida, tipos de viviendas e instrucción académica, reflejando de ésta forma el estrato socioeconómico de cada zona, considerando el número de habitantes aproximados para cada nivel de vida.

La clasificación de áreas por cada estrato socioeconómico, se muestra en las tablas siguientes en las cuales se establecen los porcentajes como área de influencia para cada estrato social, en relación con el área urbana de cada localidad.

**TABLA 1**  
**Determinación de áreas de influencia por delegación y estrato social**

No.	COLONIA	ESTRATO	HABITANTES
1	Nápoles	Alto	16,425
2	Noche buena	Medio	5,888
3	San Juan	Alto	5,450
4	Nonoalco	Alto	7,765
5	Mixcoac	Medio	6,559
6	Sn. José Insurgentes	Alto	6,542
7	Insurgentes Mixcoac	Alto	3,999
8	Sn. Pedro de los Pinos	Medio	9,194
9	Tacubaya	Medio	5,776
10	Del Valle	Alto	52,186
11	Acacias	Alto	8,748
12	Crédito C.	Alto	1,154
13	Narvarte	Medio	55,348
14	Letrán Valle	Bajo	21,178
15	Xoco	Bajo	2,910
16	Gral. Pedro Ma. Anaya	Medio	5,605
17	Portales	Medio	29,000
18	Emperadores	Medio	7,280
19	Sta. Cruz Atoyac	Medio	3,387
20	Sn. Simón Ticumac	Bajo	17,882
21	Independencia	Bajo	3,000
22	Periodista	Bajo	2,032
23	Ramos Millán	Medio	3,643
24	Portales Oriente	Medio	3,638
25	Miravalle	Bajo	2,469
26	Ermita	Bajo	1,646
27	Albert	Medio	2,686
28	Zacahuitzco	Medio	3,438
29	Ma del Carmen	Medio	3,350
30	Nativitas	Bajo	11,059
31	Niños Héroe	Medio	6,232
32	Josefa O. Domínguez	Medio	1,899
33	Postal	Medio	4,624
34	Miguel Alemán	Bajo	3,451
35	Alamos	Medio	17,870
36	Moderna	Bajo	9,576
37	Ixtlahuatl	Medio	4,184
38	Villa de Cortés	Medio	5,286
33	Extremadura Insurgentes	Medio	2,107
34	Sala Tenor	Medio	2,126
35	Pte. Miguel Alemán	Alto	2,341
36	Actipan	Alto	8,241
37	Tlacoquemecatl	Alto	30,637
Total de Población			407,811

ESTRATO	HABITANTES	% INFLUENCIA
Alto	143.488	35.18
Medio	189.120	46.37
Bajo	75.203	18.44
TOTAL	407,811	100

**TABLA 2**  
**Datos de campo de cada estrato socioeconómico y localidad**  
**(manzanas dimensionadas para determinar influencia poblacional)**

Localidad: San Martín  
Colonia: Acacias  
Estrato: Alto  
Manzana: II

CALLE	LOTE	HABITANTES	OBSERVACIONES
Moras	822	6	Oficina
Moras	181	20	Albergue 3ª edad
José María Olloqui	184-1	4	
José María Olloqui	184-2	3	
José María Olloqui	176-1	4	Tapicería
José María Olloqui	174-1	4	
José María Olloqui	172	5	Oficina
José María Olloqui	166	4	
José María Olloqui	162	3	
José María Olloqui	158	5	
Adolfo Prieto	1901	3	
Adolfo Prieto	1905	3	
Adolfo Prieto	1907	6	
Adolfo Prieto	1913	5	
Adolfo Prieto	1917	6	
Adolfo Prieto	1915	4	
Adolfo Prieto	1925	4	
Comunal	73	4	Estética
Comunal	73-1	2	
Comunal	73-2	2	
Comunal	75	4	
Comunal	75-a	4	
Comunal	77	30	Oficina
Comunal	79	4	
Comunal	83	6	
Comunal	85	5	
Comunal	87	10	Oficina
Comunal	95	4	
Comunal	97	5	
Total de Habitantes			169

**TABLA 3**

**Datos de campo de cada estrato socioeconómico y por localidad  
(manzanas dimensionadas para determinar influencia poblacional)**

**Localidad:** Francisco Villa  
**Colonia:** San Simón Ticumac  
**Estrato:** Medio  
**Manzana:** I

CALLE	LOTE	HABITANTES	OBSERVACIONES
Santa Cruz	145	5	
Santa Cruz	147-A	4	
Santa Cruz	151	3	
Santa Cruz	44	4	
Santa Cruz	40	5	
Santa Cruz	36	7	
Santa Cruz	32	6	
Santa Cruz	26	5	
Santa Cruz	28	6	
Santa Cruz	20	6	
Santa Cruz	16	5	
Santa Cruz	9	4	
Santa Cruz	14	6	
Santa Cruz	10	8	
Santa Cruz	8	3	
Santa Cruz	4	5	
Santa Cruz	177	12	
Eleuterio Méndez	179	7	
Filipinas	181	4	
Filipinas	187	5	
Filipinas	189	12	
Filipinas	191	4	
Filipinas	193	7	
Filipinas	195	5	
Filipinas	203	6	
Filipinas	201	5	
Filipinas	300	6	
Filipinas	201-A	3	
Filipinas	229	15	
Filipinas	231	8	
Filipinas	233	5	
Filipinas	94	17	
Total de Habitantes			203

**TABLA 4**

**Datos de campo de cada estrato socioeconómico y por localidad  
(manzanas dimensionadas para determinar influencia poblacional)**

**Localidad:** Francisco Villa  
**Colonia:** San Simón Ticumac  
**Estrato:** Bajo  
**Manzana:** III

CALLE	LOTE	HABITANTES	OBSERVACIONES
Santa Cruz	152	4	
Santa Cruz	152-1	2	Oficinas
Santa Cruz	154	6	
Santa Cruz	156-2	3	
Filipinas	110-BIS	14	Comercio
Filipinas	110	4	
Filipinas	106	5	
Filipinas	104	4	
Filipinas	102-BIS	6	
Filipinas	102	3	
Necaxa	129-B	3	Imprenta
Necaxa	129	4	
Necaxa	125-B	7	
Necaxa	125	2	
Necaxa	121	3	
Odesa	101	5	
Odesa	103	3	Ferretería
Odesa	103-BIS	6	
Odesa	109	4	
Odesa	105	6	
Odesa	113	6	
Odesa	113-A	2	
Odesa	115	6	
Total de Habitantes			108

**TABLA 4.1**

**Casas muestreadas por manzana y estrato socioeconómico**

ESTRATO	MANZANAS						TOTAL
	I	II	III	IV	V	VI	
Alto	17	26	24	39			106
Medio	58	37	38				133
Bajo	14	19	14	6	21	26	100

### e) Participación ciudadana

Se muestrean las viviendas divididas por manzana y estrato socioeconómico como se indica.

**TABLA 7**

ESTRATO	NO. VIVIENDAS	NO. MANZANA	% PROMEDIO DE PARTICIPACIÓN
Alto	101	5	29.46
Medio	135	4	23.81
Bajo	122	4	32.89
Promedio local			28.72

En el siguiente informe se hace el desglose de cada una de las viviendas clasificadas por manzanas indicando el número de días con y sin recolección, haciendo notar las viviendas que no cooperaron en la recolección y el promedio total de participación en porcentaje.

Cabe mencionar que este porcentaje, es bajo, pero es conveniente hacer notar las siguientes consideraciones:

1. La ciudadanía no está familiarizada, ni acostumbrada en apoyar en este tipo de estudios, realmente es bajo el número de personas dispuestas a ello.
2. Falta difusión en medios de comunicación para que la ciudadanía coopere en estos proyectos.

### f) Prueba de aceptación o rechazo mediante el criterio de Dixon, basados en métodos de análisis estadísticos registrados para cada día.

Para llevar a cabo éste método, es necesario hacer un ordenamiento de datos de cada estrato socioeconómico para cada día muestreado, con el fin de elaborar la prueba de aceptación o rechazo de observaciones distantes.

Esta prueba se realiza mediante el criterio de Dixon; el cual consiste en dudar de un cierto número de observaciones tanto en valor máximo como en mínimo, haciendo notar que únicamente a dichas observaciones se les debe aplicar los algoritmos siguientes;

$$r = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_i} \quad ; \quad \text{para el elemento máximo}$$

$$r = \frac{X_j - X_i}{X_i - X_j} \quad ; \quad \text{para el elemento mínimo}$$

El valor calculado para cada elemento, ya sea máximo o mínimo se deberá comparar con  $r$  permisible, el cual se basa en la tabla No. 1 del anexo No. 8 en función del riesgo considerado al problema.

Es decir:  $r \text{ permisible} = r (1 - \alpha / 2)$

donde:  $\alpha$  = factor de riesgo

Considerando el valor respectivo de la tabla siguiente:

**TABLA 9**

RIESGO ( $\alpha$ )	TAMAÑO DE LA MUESTRA ( $n$ )
0.05	11.5
0.10	80
0.20	50

Para nuestro caso este valor es: 0.20

$$r(1 - \alpha / 2) = r(1 - 0.20) / 2 = r 0.90$$

De la tabla 1 del anexo tenemos:

$$r 0.90 = 0.360$$

Considerando el número estadístico máximo

entonces:

Si "r" calculada es mayor que 0.360 se rechaza la observación

Si "r" calculada es menor que 0.360 se acepta la observación

Una vez rechazadas las observaciones distantes, se procedió a realizar un análisis estadístico con los elementos aceptados, determinando la media de generación y desviación standar correspondiente a cada día muestreado.

Finalmente se revisa el tamaño de la muestra de acuerdo a la expresión.

$$n = \frac{(ts)_c}{E}$$

Donde:

n = tamaño real de la muestra

t = percentil de distribución "t" de student (nivel de confianza dividida por el riesgo empleado en el muestreo ver tabla del anexo)

E = error muestral considerado

$$0.4 \text{ kg/hab-día} \leq E \leq 0.07 \text{ kg/hab-día}$$

s = desviación standard de la premuestra

Considerando en nuestro caso: E = 0.07 kg/hab-día

Ejemplo: (Estrato alto)

$$n = \frac{(1.289 \times 276)_2}{0.07}$$

La muestra se integro con un total de 34 elementos el día 11 de noviembre de 1996, lo cual nos indica el tamaño de la muestra es suficiente con 25 elementos.

Considerando la expresión anterior, se revisan los demás elementos de cada estrato socio-económico, tomando en cuenta los parámetros indicados en la norma.

En las tablas siguientes se ordenan los valores de generación por elemento en donde se realiza el análisis para cada uno de ellos, de aceptación o rechazo, arrojando los indicadores de media, varianza y desviación standard para cada día muestreado.

**TABLA 10**  
**ANALISIS DE MUESTRAS POR MANZANA**

ELEMENTOS	HABITANTES	kg/casa	kg/ha/día	OBSERVACIONES
1	3	1.350	0.225	Se acepta
2	4	0.950	0.238	Se acepta
3	5	1.630	0.326	Se acepta
4	3	1.000	0.333	Se acepta
5	6	2.600	0.433	Se acepta
6	4	1.870	0.468	Se acepta
7	6	3.000	0.500	Se acepta
8	5	2.700	0.540	Se acepta
9	5	2.980	0.596	Se acepta
10	3	1.850	0.617	Se acepta
11	4	2.550	0.638	Se acepta
12	2	1.700	0.850	Se acepta
13	3	2.800	0.933	Se acepta
14	4	4.700	1.175	Se acepta
15	4	4.700	1.175	Se rechaza
16	3	3.600	1.200	Se rechaza
17	4	6.500	1.625	Se rechaza
18	4	7.600	1.900	Se rechaza
19	4	9.850	2.463	Se rechaza
20	3	9.600	3.200	Se rechaza
21	4	13.500	3.375	Se rechaza
22	4	13.700	3.425	Se rechaza
23	4	15.150	3.788	Se rechaza
24	5	20.400	4.080	Se rechaza
			Media	0.562
			Varianza	0.069
			Desv. Standard	0.272

**4.4 Análisis de confiabilidad y análisis de la razón de varianza (F) por estrato socio-económico**

a) Análisis de confiabilidad.

Este análisis se realiza con el objeto de aceptar o rechazar los cálculos estadísticos de la muestra, verificando los parámetros del universo de trabajo,

para el nivel de confianza establecido en este trabajo del 80%, es decir, se trata de definir si la media muestral  $\bar{X}$  es igual o difiere de la media poblacional ( $\mu$ ) empleándose para este análisis los valores correspondientes a la distribución normal indicados en la tabla No. 3 del anexo.

El procedimiento consiste en establecer la hipótesis nula y la hipótesis alternativa, es decir:

Ho:  $\bar{X} = \mu$  Hipótesis nula

Hi:  $\bar{X} \neq \mu$  Hipótesis verdadera

Para nuestro caso, consideramos la hipótesis nula, tenemos para cada estrato los siguientes datos:

**TABLA 11**

ESTRATO	$\bar{X}$ KG/HAB-DIA	S	n	$\alpha$	MEDIA DELEGACIONAL
ALTO	0.871	0.489	68	0.20	0.932
MEDIO	0.963	0.524	93	0.20	0.932
BAJO	0.974	0.543	97	0.20	0.932

Donde:

$\bar{X}$  = Media muestral

S = Desviación standard

n = Muestras aceptadas

$\alpha$  = Factor de riesgo

1) Estrato alto:

Los 68 elementos aceptados del análisis efectuado corresponden a una población normalmente distribuidos, tal hipótesis realizada con la media será:

Ho:  $\mu = 0.932$

Hi:  $\mu \neq 0.932$

Considerando la ecuación, tenemos:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}}$$

Dado que se tiene una prueba estadística bilateral, y como  $\alpha = 0.20$  y  $\alpha/2 = 0.10$  en cada cola de distribución de la estadística, de prueba, los valores de "t", hacia

la derecha e izquierda de las cuales está a 0.10 del área son: 1.296 y -1.296 (valores obtenidos de la tabla 3 del anexo).

Esto quiere decir que:

$$- 1.296 > t < 1.296$$

Aplicando la ecuación y parámetros, tenemos:

$$t = \frac{0.871 - 0.932}{0.049 / \sqrt{68}} = \frac{-0.061}{0.0592} = -1.030$$

entonces:  $t = 1.030 \leq 1.296$

Por lo que se deduce que para el estrato alto, se cumple la hipótesis, puesto que 1.030 cae en la región de aceptación.

De igual forma que el estrato alto consideramos el estrato medio y bajo.

2) Estrato medio

$$t = \frac{X - \mu}{S / \sqrt{n}} = \frac{0.963 - 0.932}{0.524 / \sqrt{93}} = \frac{0.031}{0.0543} = 0.570$$

3) Estrato bajo

$$t = \frac{X - \mu}{\sqrt{n}} = \frac{0.974 - 0.932}{0.523 / \sqrt{97}} = \frac{0.042}{0.0551} = 0.762$$

entonces:  $t = 0.762 \leq 1.296$

Se deduce que para estos estratos medio y bajo se cumple también la hipótesis, puesto que los valores de "t" caen en la región de aceptación.

Conclusiones:

De acuerdo al resultado obtenido podemos concluir la siguiente:

1) Se acepta la hipótesis  $H_0 (X = \mu)$  para los estratos alto, medio y bajo.

- 2 La media muestral de los estratos es confiablemente igual en un 80% a la media poblacional, y las estadísticas de la muestra, pueden ser tomadas en cuenta como los parámetros del universo de trabajo.
- 3 La generación per-cápita de desechos sólidos domésticos es de:

Estrato alto	G = 0.871 kg/hab/día
Estrato medio	G = 0.963 kg/hab/día
Estrato bajo	G = 0.974 kg/hab/día

#### V. PRUEBA DE LA RAZON DE VARIANZA (F)

Esta prueba se emplea para probar la hipótesis siguiente:

“La media poblacional estimada para un determinado estrato socio-económico, es igual a las medidas poblacionales estimadas de los demás estratos en que se subdividió la población muestreada”.

Esto es con el fin de emplear un valor promedio de generación de basura per-cápita, para todos los tres estratos socio-económicos de la población muestreada.

La razón (F), se expresa entre 2 varianzas poblacionales estimadas independientemente, como sigue:

$F = (S1)^2 / (S2)^2$  donde el subíndice indica el número de la muestra y cada (s)<sup>2</sup> , representa la estimación de la varianza poblacional basada en la muestra.

Cuando combinemos las poblaciones de cada estrato en una población única grande, se espera que la media y la varianza de la población grande sean iguales a las de las poblaciones originales de los estratos.

Se entiende por población grande, a la compuesta por las poblaciones de los tres estratos socio-económicos muestreados. La población 1 es el universo de trabajo compuesto por el estrato socio-económico bajo; la población 2 corresponde al universo de trabajo del estrato socio-económico medio y finalmente la población 3 corresponde al universo de trabajo del estrato socio-económico alto.

• Cálculo de las varianzas entre clases:

$$(S1)^2 = \frac{\sum_{i=1}^m n_i (X_i - \bar{X})^2}{m - 1}$$

Donde:

m = No. de muestras

i = No. de la muestra

ni = Tamaño de la muestra extraída de la población "i"

Xi = Media de los elementos de la muestra "i"

X = Media de todos los elementos de la muestra grande

(Xi - X) = Desviación entre la media de la muestra "i" y la media de la muestra grande.

(Xi - X)<sup>2</sup> = Cuadrado de la desviación (variación)

b) Cálculo de la varianza intra-clases (o dentro de las muestras individuales)

$$(S1)^2 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{ni} (Xj - Xi)^2}{r - m}$$

donde:

i = No. de la muestra

j = No. de elemento

Xj = Elementos de la muestra "i"

r = No. de elementos de la muestra grande  $r = \sum_{i=1}^m ni$

Para el caso que nos ocupa tenemos:

a) varianza entre clases

Donde:

m = 3 clases

ni = No. de elementos por estrato

Xi = Media de generación por estrato socioeconómico

X = Media de generación delegacional

ESTRATO	No. DE ELEMENTOS	X POR ESTRATO KG/HAB/DIA	X LOCALIDAD KG/HAB-DIA	VARIANZA ENTRE CLASES (S1) <sup>2</sup>
ALTO	68	0.871	0.936	0.247
MEDIO	93	0.963		
BAJO	97	0.974		

NOTA:

La varianza entre clases e intraclases se conocen mediante la aplicación de las fórmulas y los datos presentados para cada estrato socio-económico.

b) Varianza intraclases

$$(S_2)^2 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} (X_j - X_i)^2}{r - m}$$

Donde:

$X_j$  = No. de elementos de la muestra "i"

$X_i$  = No. de muestras

$r$  = No. de elementos de las 3 muestras

$m$  = 3 clases

ESTRATO	NO. DE ELEMENTOS	DESVIACION STD (S)	(S) POR NO. DE ELEMENTOS	VARIANZA INTRACLASES (S <sup>2</sup> )
ALTO	68	0.239	16.252	0.275
MEDIO	93	0.274	25.482	
BAJO	97	0.294	28.518	
TOTALES	258		70.252	

Si sabemos que  $r - m = 258 - 3 = 255$

entonces:  $\frac{70.252}{255} = 0.275$

Por lo que utilizando la ecuación para la distribución "F" de fisher podemos concluir:

$$F = \frac{(S_1)^2}{(S_2)^2} = \frac{0.247}{0.275} = 0.898$$

De la tabla No. 3 del anexo tenemos:

$n_1 = 3 - 1 = 2$  grados de libertad del numerador

$n_2 = 258 - 1 = 257$  grados de libertad para el denominador

$F(0.80) = 3.0$

entonces:  $F < F(0.80)$

$$0.898 < 3.0$$

Este resultado nos indica que la distribución "F" y sus posibles variaciones en toda la extensión de la localidad "X", tiende a tender cambios en los valores de generación per cápita, de acuerdo a los estratos que se tengan; sin embargo durante el desarrollo de este trabajo se han hecho observaciones que es necesario tomar en consideración además de los ajustes efectuados que hacen posible contar con datos lo más reales posibles.

### 5.1 Generación de residuos sólidos por hab/día.

Utilizando los resultados obtenidos, podemos definir la media de generación de residuos sólidos por hab/día considerando una distribución uniforme de población para el presente año. Es necesario tomar en cuenta las áreas de influencia por estrato socioeconómico.

ESTRATO	MEDIA DE GENERACION (KG HAB-DIA)	AREAS DE INFLUENCIA (%)
ALTO	0.871	35.18
MEDIO	0.963	46.37
BAJO	0.974	18.48

Para conocer la media de generación delegacional se toman los valores por estrato socioeconómico.

$$\text{Media de Generación} = \frac{0.871 + 0.963 + 0.974}{3} = 0.936 \text{ kg/hab-día.}$$

Es importante considerar la distribución de población por estrato socioeconómico, para contar con datos más veraces y cercanos a la realidad, quedando de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Media de Generación} &= 0.871 (0.3518) + 0.963 (0.4637) + 0.974 (0.1844) \\ &= 0.932 \text{ kg/hab-día.} \end{aligned}$$

Por lo que tenemos: En la localidad "X" un habitante genera en promedio 0.932 kg por día.

## 5.2 Generación de Residuos Sólidos por Estrato y media

La generación de residuos sólidos que se genera diariamente en la Delegación, corresponde directamente al no. de habitantes existentes en cada estrato socioeconómico y a la media de generación resultante de cada uno de ellos como se muestra en la siguiente tabla:

ESTRATO	GENERACION KG/HAB/DIA	No. DE HABITANTES	GENERACION RESIDUOS SOLIDOS
ALTO	0.871	143,488	129.978 TON/DIA
MEDIO	0.963	189,120	182.122 TON/DIA
BAJO	0.974	75,203	73.247 TON/DIA
	TOTAL	407,811	380.347 TON/DIA

Sin embargo debemos considerar un ajuste debido a la influencia poblacional que predominan en cada estrato socioeconómico y la media de generación de residuos sólidos diarios por lo que se obtiene el siguiente resultado.

$$407,811 \times 0.932 = 380.079 \text{ ton/diarias}$$

Como podemos observar, se generan 380.079 toneladas diariamente. Si consideramos estos valores para los siguientes 10 años, podemos estimar una proyección de residuos sólidos generados obteniendo los siguientes resultados.

AÑO	GENERACION KG/HAB-DIA	NO. HABITANTES	GENERACION TON/DIA	GENERACION TON/ANUAL
1996	0.932	407,811	380.079	138,729
1997	0.932	415,964	387.678	141,502
1998	0.932	424,117	395.277	144,276
1999	0.932	432,270	402,876	147,050
2000	0.932	440,423	410.474	149,823
2001	0.932	448,576	418.073	152,597
2002	0.932	456,729	425.671	155,370
2003	0.932	464,882	433.270	158,143
2004	0.932	473,035	440.868	160,917
2005	0.932	481,188	448.467	163,690
2006	0.932	489,341	456.066	166,464

### 5.3 Peso volumétrico de los residuos sólidos por estrato y media

Si consideramos los resultados de peso volumétrico "IN-SITU" obtenidos por cada estrato, podemos definir un peso volumétrico promedio observando una distribución uniforme de población:

$$Pv = \frac{200.906 + 138.838 + 199.963}{3} = 179.90 \text{ kg/m}^3$$

Tomando en cuenta los porcentajes de distribución de cada estrato, como factor de corrección tenemos el siguiente resultado:

$$Pv = 200.906 (0.3518) + 138.838 (0.4637) + 199.963 (0.1844) \\ = 171.95 \text{ kg/m}^3$$

El peso volumétrico de residuos en esta delegación es de 171.95 kg/m<sup>3</sup>

### 5.4 Porcentaje y peso de cada uno de los subproductos para cada estrato y media

Del análisis realizado a la selección de subproductos, presentamos la siguiente tabla de peso promedio y el porcentaje de cada uno de los subproductos para cada estrato, de esto se determinó la media considerando como factor de peso de la distribución de población en estos, obteniendo los siguientes resultados.

$$66.699 (0.3518) + 60.645 (0.4637) + 68.629 (0.1844) = 64.24 \text{ kg}$$

$$99.4 (0.3518) + 99.09 (0.4637) + 99.36 (0.1844) = 99.11$$

$$(P) = \frac{64.24 \times 100}{99.11} = 64.82 \text{ kg}$$

Considerando los tres estratos, se maneja una muestra del 0.89% al 99.11% promedio con un factor de peso, es decir que existe una diferencia que difiere al 100% por pérdida de humedad, rechazo de material no clasificable y la disgregación de material excesivamente fino, por lo que se aplicó un ajuste, esto con el fin de cerrar el porcentaje de la media al 100 %.

## 5.5 Análisis de confiabilidad y análisis de la razón de varianza (F) por estrato socioeconómico

### A) Análisis de confiabilidad.

Este análisis se realiza con el objeto de aceptar o rechazar los cálculos estadísticos de la muestra, verificando los parámetros del universo de trabajo, para el nivel de confianza establecido en este trabajo del 80%; es decir se trata de definir si la media muestral ( $\bar{X}$ ) es igual o difiere de la media poblacional ( $\mu$ ) empleándose para este análisis los valores correspondientes a la distribución normal indicados en la tabla No. 3 del anexo.

El procedimiento consiste en establecer la hipótesis nula y la hipótesis alternativa, es decir:

$H_0: \bar{X} = \mu$  Hipótesis nula

$H_1: \bar{X} \neq \mu$  Hipótesis verdadera.

Para nuestro caso, considerados la hipótesis nula, tenemos para cada estrato los siguientes datos:

ESTRATO	$\bar{X}$ KG/HAB-DIA	S	n	$\alpha$	MEDIA KG/HAB-DIA
ALTO	0.666	0.320	59	0.20	0.674
MEDIO	0.689	0.371	58	0.20	0.674
BAJO	0.668	0.352	80	0.20	0.674

donde:

$\bar{X}$  = Media muestral

S = Desviación standard

n = Muestras aceptadas

$\alpha$  = Factor de riesgo

1) Estrato alto:

Los 59 elementos aceptados del análisis efectuado corresponden a una población normalmente distribuidas, tal hipótesis realizada con la media será:

$H_0: \mu = 0.674$

$H_1: \mu \neq 0.674$

Considerando la ecuación tenemos:

$$t = \frac{X - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

Dado que se tiene una prueba estadística bilateral, y como  $\alpha = 0.20$  y de  $\alpha/2 = 0.10$  en cada cola de distribución de la estadística de prueba, los valores de "t", hacia la derecha e izquierda de las cuales está a 0.10 del área son: 1.296 y -1.296 (valores obtenidos de la tabla 3 del anexo).

Esto quiere decir que:

$$- 1.296 \geq t \leq 1.296$$

Aplicando la ecuación y parámetros tenemos:

$$t = \frac{0.666 - 0.674}{0.320 / \sqrt{59}} = \frac{- 0.008}{0.0416} = - 0.1920$$

Entonces:

$$t = - 0.192 < 1.296$$

Por lo que se deduce que para el estrato alto se cumple la hipótesis, puesto que 0.1920 cae en la región de aceptación.

De igual forma que el estrato alto consideramos el estrato medio y bajo.

2) Estrato medio.

$$t = \frac{0.689 - 0.674}{0.371 / \sqrt{58}} = \frac{0.015}{0.0487} = 0.307$$

Entonces:

$$t = - 0.307 \leq 1.296$$

3) Estrato bajo

$$t = \frac{0.668 - 0.674}{0.352 / \sqrt{80}} = \frac{- 0.006}{0.0393} = - 0.152$$

Entonces:

$$t = -0.152 \leq 1.296$$

Se deduce que para estos estratos medio y bajo se cumple también la hipótesis, puesto que los valores de "t" caen en la región de aceptación.

Conclusiones:

De acuerdo al resultado obtenido podemos concluir lo siguiente:

1. Se acepta la hipótesis  $H_0 (X = \mu)$  para los estratos alto, medio y bajo.
2. La media muestral de los estratos es confiablemente igual en un 80% a la media poblacional, y las estadísticas de la muestra, pueden ser tomadas en cuenta como los parámetros del universo de trabajo.
3. La generación per-cápita de desechos sólidos domésticos en los estratos, es de:

Estrato alto	G = 0.666 Kg/hab-día
Estrato medio	G = 0.689 Kg/hab-día
Estrato bajo	G = 0.668 Kg/hab-día

## VI. PRUEBA DE LA RAZON DE VARIANZA (F)

Esta prueba se emplea para probar la hipótesis siguiente:

"La media poblacional estimada para un determinado estrato socio-económico, es igual a las medidas poblacionales estimadas de los demás estratos en que se subdividió la población muestreada".

Esto es con el fin de emplear un valor promedio de generación de basura per-cápita, para todos los tres estratos socio-económicos de la población muestreada.

La razón (F), se expresa entre 2 varianzas poblacionales estimadas independientemente, como sigue:

$F = (S_1)^2 / (S_2)^2$  donde el subíndice indica el número de la muestra y cada  $(s)^2$ , representa la estimación de la varianza poblacional basada en la muestra. Cuando combinemos las poblaciones de cada estrato en una población única grande, se espera que la media y la varianza de la población grande sean iguales a las de las poblaciones originales de los estratos.

Se entiende por población grande, a la compuesta por las poblaciones de los tres estratos socio-económicos muestreados. La población 1 es el universo de trabajo compuesto por el estrato socio-económico bajo; la población 2 corresponde al universo de trabajo del estrato socio-económico medio y finalmente la población 3 corresponde al universo de trabajo del estrato socio-económico alto.

a) Cálculo de las varianzas entre clases:

$$(S1)^2 = \frac{\sum_{i=1}^m n_i (X_j - X_i)^2}{m - 1}$$

donde:

m = No. de muestras

i = No. de la muestra

n<sub>i</sub> = Tamaño de la muestra extraída de la población "i"

X<sub>i</sub> = Media de los elementos de la muestra "i"

X = Media de todos los elementos de la muestra grande

(X<sub>i</sub> - X) = Desviación entre la media de la muestra "i" y la media de la muestra grande.

(X<sub>i</sub> - X)<sup>2</sup> = Cuadrado de la desviación (variación)

b) Cálculo de la varianza intra-clases (o dentro de las muestras individuales)

$$(S1)^2 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} (X_j - X_i)^2}{r - m}$$

donde:

i = No. de la muestra

j = No. de elemento

X<sub>j</sub> = Elementos de la muestra "i"

r = No. de elementos de la muestra grande  $r = \sum_{i=1}^m n_i$

Para el caso que nos ocupa tenemos:

a) varianza entre clases

$$(S1)^2 = \frac{\sum_{i=1}^m n_i (X_j - X_i)^2}{r - m}$$

Donde:

m= 3 clases

ni = No. de elementos por estrato

Xi = Media de generación por estrato socioeconómico

X = Media de generación delegacional

ESTRATO	No. DE ELEMENTOS	X POR ESTRATO KG/HAB-DIA	X DELEGACIONAL KG/HAB-DIA	VARIANZA ENTRE CLASES (S1)
ALTO	59	0.666	0.674	0.010
MEDIO	58	0.989		
BAJO	80	0.668		

NOTA:

La varianza entre clases e intraclases se conocen mediante la aplicación de las fórmulas y los datos presentados para cada estrato socioeconómico.

b) Varianza intraclases

$$(S2)^2 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} (X_j - X_i)^2}{r - m}$$

Donde:

Xj = No. de elementos de la muestra "i"

Xi = No. de muestras

r = No. de elementos de las 3 muestras

m = 3 clases

ESTRATO	No. DE ELEMENTOS	DESVIACION STD (S) <sup>2</sup>	(S) <sup>2</sup> x No. DE ELEMENTOS	VARIANZA INTRACLASE (S2) <sup>2</sup>
ALTO	59	0.102	6.02	0.123
MEDIO	58	0.138	8.00	
BAJO	80	0.124	9.92	
TOTALES	197		23.94	

Si sabemos que  $r - m = 197 - 3 = 194$

$$\text{entonces: } \frac{23.942}{194} = 0.123$$

Por lo que utilizando la ecuación para la distribución "F" de Fisher podemos concluir:

$$F = \frac{(S1)^2}{(S2)^2} = \frac{0.010}{0.123} = 0.081$$

De la tabla No. 3 del anexo tenemos:

$n1 = 3 - 1 = 2$  grados de libertad del numerador

$n2 = 258 - 1 = 257$  grados de libertad para el denominador

$$F(0.80) = 3.0$$

$$\text{entonces: } F < F(0.80) ; 0.081 < 3.0$$

Este resultado nos indica que la distribución "F" y sus posibles variaciones tiende a tener cambios en los valores de generación per-cápita, de acuerdo a los estratos que se tengan; sin embargo durante el desarrollo de los trabajos es necesario realizar observaciones que se deben tomar en consideración además de los ajustes efectuados que hacen posible contar con datos lo más reales posibles.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

**MODULO II: BARRIDO Y RECOLECCION DE  
RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

**TEMA**

**INDICADORES DE DESEMPEÑO**

**EXPOSITOR: ING. RICARDO GARCÍA SÁNCHEZ  
PALACIO DE MINERIA  
ABRIL 2001**

## INDICADORES DE DESEMPEÑO

El servicio de limpia y aseo urbanos se evalúa por medio de una serie de indicadores, que al compararlos con los valores promedio, que recomienda la Organización Panamericana de la Salud (OPS), de la Organización Mundial de la Salud (OMS), permiten calificar el desempeño de maquinaria, equipo y personal en cuanto a calidad, eficiencia, cobertura, costo y actitud de los empleados.



## **CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO**

- ✓ **Generales**
- ✓ **De cobertura**
- ✓ **De eficiencia**
- ✓ **De calidad**
- ✓ **De costo**
- ✓ **De actitud de empleados**



## INDICADORES DE DESEMPEÑO GENERALES

INDICADOR	FORMULACIÓN	VARIABLES
<b>Generación de residuos sólidos per cápita (Pr)</b>	$Prg = Gr \times Th$	<i>Prg</i> = Generación, en kg/hab-d <i>Gr</i> = Generación por persona en kg/d <i>Th</i> = Total de habitantes
<p>Este parametro permite conocer la generacion total de residuos sólidos por día:            La generacion por persona se obtiene en base a un estudio que permite conocer la generación promedio de residuos sólidos por habitante            El total de habitantes se obtiene de los conteos de poblacion más recientes publicados por el Instituto Nacional Estadística Geografía e Informática            Para mayor referencia consultar la Norma Mexicana NMX-AA-61-1985</p>		
<b>Peso volumétrico de los residuos (Pv)</b>	$Pv = \frac{Pr}{Lv}$	<i>Pv</i> = Peso volumétrico, en kg/m <sup>3</sup> <i>Pr</i> = Peso de los residuos en kg <i>Lv</i> = Volumen, en m <sup>3</sup>
<p>Es el peso de los residuos generados (con excepcion de los industriales) contenidos en una unidad de volumen, el peso volumétrico de los residuos sin compactar generalmente oscilan entre 125 y 250 kg/m<sup>3</sup>            Para encontrar el volumen de los residuos solidos estos se colocan hasta el tope en un recipiente de volumen conocido y se dejarán caer tres veces desde una altura de 10 cm            El peso de los residuos se obtiene del pesaje de éstos en una báscula la cual deberá tener una capacidad de al menos 200 kg, al peso total se le descontara el del recipiente previamente pesado            Para mayor referencia, consultar la Norma Mexicana NMX-AA-19-1985</p>		
<b>Composición de los residuos</b>	<p>Esta se evalua a traves de un estudio de caracterizacion el cual esta descrito dentro de la norma NMX-AA-22-1985 aqui se establece la seleccion y el método para la cuantificacion de subproductos            La muestra a analizar se extrae de acuerdo a la NMX-AA-15 se tomarán como mínimo 50 kg de residuos sólidos que se separarán por tipo y se depositarán en bolsas de polietileno para ser pesados y clasificados de acuerdo a su composicion            Para mayor referencia, consultar la Norma Mexicana NMX-AA-22-1985</p>	

## INDICADORES DE DESEMPEÑO DE COBERTURA

INDICADOR	FORMULACIÓN	VARIABLES
<p><b>En relación con los residuos generados (Cr)</b></p>	$C_r = \left( \frac{T_r}{T_g} \right) \cdot 100$	<p><math>C_r</math> = Cobertura de recolección en %  <math>T_r</math> = Toneladas recolectadas  <math>T_g</math> = Toneladas generadas</p>
<p><b>Cobertura de recolección</b></p>	<p><b>En relación con los habitantes atendidos (Cr)</b></p>	<p><math>C_r</math> = Cobertura de recolección, en %  <math>H_a</math> = Habitantes atendidos  <math>T_h</math> = Total de habitantes</p>
		<p>La cobertura de recolección en función de la generación es una medida que nos permite conocer la cantidad de residuos recolectados del total de generados</p> <p>Las toneladas recolectadas se obtendrán de dos formas la primera consiste en pesar los vehículos cargados y vacíos con el fin de conocer el peso de los residuos sólidos recolectados y la otra de estimar la cantidad recolectada en función del volumen de los vehículos multiplicado por el número de viajes que realizan</p> <p>Las toneladas generadas se pueden obtener a través de una estimación que consiste en multiplicar a la población actual en la localidad por su generación per capita en la que se presta el servicio</p>
		<p>La cobertura de recolección en función de los habitantes atendidos es una medida que nos permite conocer la cantidad de habitantes atendidos del total</p> <p>Los habitantes atendidos se conocerán a partir de un cálculo en base a un estudio de tiempos y movimientos que consiste en realizar recorridos en los vehículos recolectores a fin de identificar las zonas atendidas y después multiplicarlas por el número de habitantes estimados en ellas</p> <p>El total de habitantes se obtiene de los censos de población más recientes publicados por el Instituto Nacional Estadística Geografía e Informática</p>

INDICADOR	FORMULACIÓN	VARIABLES
<p><b>Barrido manual (Cbman)</b></p>	$Cbman = \left( \frac{L_{typh}}{L_{tvp}} \right) \cdot 100$	<p><i>Cbman</i> - Cobertura barrido manual, en %  <i>L<sub>typh</sub></i> - Vías pavimentadas barridas, en km  <i>L<sub>tvp</sub></i> - Vías pavimentadas totales, en km</p>
<p><b>Cobertura de barrido de calles</b></p>	<p>La cobertura de barrido en función del barrido manual es una medida que nos permite conocer la cantidad de vías pavimentadas barridas en comparación con el total.  Las vías pavimentadas barridas se conocen de las estadísticas de barrido de las calles por medios manuales que tiene el encargado de dar el servicio.  Las vías pavimentadas totales se conocen de los informes de gobierno, de los planes de desarrollo municipales, etc.</p>	<p><b>Barrido mecánico (Cbmech)</b></p> $Cbmech = \left( \frac{L_{typh}}{L_{tvp}} \right) \cdot 100$ <p><i>Cbmech</i> - Cobertura barrido mecánico, en %  <i>L<sub>typh</sub></i> - Vías pavimentadas barridas, en km  <i>L<sub>tvp</sub></i> - Vías pavimentadas totales, en km</p> <p>La cobertura de barrido en función del barrido mecánico es una medida que nos permite conocer la cantidad de vías pavimentadas barridas en comparación con el total.  Las vías pavimentadas barridas se conocen de las estadísticas de barrido de las calles por medios mecánicos que tiene el encargado de dar el servicio.  Las vías pavimentadas totales se conocen de los informes de gobierno, de los planes de desarrollo municipales, etc.</p>

INDICADOR	FORMULACIÓN	VARIABLES
<b>Cobertura del servicio de transferencia</b>	<b>En relación con la recolección</b>	$Ct = \left( \frac{Tt}{Ttr} \right) \cdot 100$ <p> <i>Ct</i> = Cobertura de la transferencia en relación con la recolección (%)  <i>Tt</i> = Total de toneladas de residuos transferidos  <i>Ttr</i> = Total de toneladas de residuos recolectados </p> <p> La cobertura del servicio de transferencia en relación con la recolección nos permite conocer cual es la cantidad de residuos transferidos del total recolectado  El total de residuos transferidos se obtendrá de los datos de la estación de transferencia  Las toneladas recolectadas se obtendrán de dos formas la primera consiste en pesar los vehículos cargados y vacíos con el fin de conocer el peso de los residuos sólidos recolectados y la otra de estimar la cantidad recolectada en función del volumen de los vehículos multiplicado por el número de viajes que realizan </p>
	<b>En relación con la generación de residuos</b>	$Ct = \left( \frac{Tt}{Ttg} \right) \cdot 100$ <p> <i>Ct</i> = Cobertura de la transferencia de residuos en relación con la generación (%)  <i>Tt</i> = Total de toneladas de residuos transferidos  <i>Ttg</i> = Total de toneladas de residuos generados </p> <p> La cobertura del servicio de transferencia en relación con la generación de residuos nos permite conocer cual es la cantidad de residuos transferidos del total generado  El total de residuos transferidos se obtendrá de los datos de la estación de transferencia  Las toneladas generadas se pueden obtener a través de una estimación que consiste en multiplicar a la población actual en la localidad por su generación per capita en la que se presta el servicio </p>

INDICADOR	FORMULACIÓN	VARIABLES
<p><b>En relación con la recolección (Cdf)</b></p> <p><b>Cobertura de Disposición final</b></p>	$Cdf = \left( \frac{T_{td}}{T_{tr}} \right) \cdot 100$	<p>Cdf - Cobertura de disposición final en %  T<sub>td</sub> - Toneladas dispuestas  T<sub>tr</sub> - Toneladas recolectadas</p> <p>La cobertura de disposición final en función de la recolección es la relación que existe entre las toneladas dispuestas del total de las recolectadas  El total de toneladas dispuestas se obtendrá de los datos del sitio de disposición o de la estación de transferencia  Las toneladas recolectadas se obtendrán de dos formas: la primera consiste en pesar los vehículos cargados y vacíos con el fin de conocer el peso de los residuos sólidos recolectados y la otra de estimar la cantidad recolectada en función del volumen de los vehículos multiplicado por el número de viajes que realizan</p>
	$Cdf = \left( \frac{T_{td}}{T_{tg}} \right) \cdot 100$	<p>Cdf - Cobertura de disposición final en %  T<sub>td</sub> - Toneladas dispuestas  T<sub>tg</sub> - Toneladas generadas</p> <p>La cobertura de disposición final en función de la recolección es la relación que existe entre las toneladas dispuestas del total de las recolectadas  El total de toneladas depositadas se obtendrá de los datos del sitio de disposición de la estación de transferencia o del pesaje de los vehículos cargados y vacíos a su entrada y salida del sitio de disposición final  Las toneladas generadas se pueden obtener a través de una estimación que consiste en multiplicar a la población actual en la localidad por su generación per capita en la que se presta el servicio</p>

## INDICADORES DE DESEMPEÑO DE EFICIENCIA

INDICADOR	FORMULACIÓN	VARIABLES
<b>Eficiencia de los servicios</b>	<b>De recolección (Esr)</b>	$Esr = \left( \frac{Ter}{Ha} \right) \cdot 100$ <p><i>Esr</i> = Eficiencia del servicio en %  <i>Ter</i> = Total de empleados en recolección  <i>Ha</i> = Habitantes atendidos</p> <p>Con la eficiencia del servicio de recolección se obtiene la relación de los empleados de recolección totales entre el número de habitantes atendidos.  El total de empleados de recolección se obtiene de los datos del prestador del servicio o de la nómina.  Los habitantes atendidos se conocerán a partir de un cálculo en base a un estudio de tiempos y movimientos que consiste en realizar recorridos en los vehículos recolectores a fin de identificar las zonas atendidas y después multiplicarlas por el número de habitantes estimados en ellas.</p>
	<b>De barrido (Esb)</b>	$Esb = \left( \frac{Etb}{Ha} \right) \cdot 100$ <p><i>Esb</i> = Eficiencia del servicio en %  <i>Etb</i> = Total de empleados en barrido  <i>Ha</i> = Habitantes atendidos</p> <p>Con la eficiencia del servicio de barrido se obtiene la relación de los empleados de barrido totales entre el número de habitantes atendidos.  El total de empleados de barrido se obtiene de los datos del prestador del servicio o de la nómina.  Los habitantes atendidos se conocerán a partir de un cálculo en base a un estudio de tiempos y movimientos que consiste en realizar recorridos en los vehículos recolectores a fin de identificar las zonas atendidas y después multiplicarlas por el número de habitantes estimados en ellas.</p>
	<b>De transferencia (Est)</b>	$Est = \left( \frac{Tet}{Ha} \right) \cdot 100$ <p><i>Est</i> = Eficiencia del servicio de transferencia (%)  <i>Tet</i> = Total de empleados en este servicio  <i>Ha</i> = Habitantes atendidos</p> <p>Con la eficiencia del servicio de transferencia se obtiene la relación de los empleados de transferencia entre el número de habitantes atendidos.  El total de empleados de transferencia se obtiene de los datos del prestador del servicio o de la nómina.  Los habitantes atendidos se conocerán a partir de un cálculo en base a un estudio de tiempos y movimientos que consiste en realizar recorridos en los vehículos recolectores a fin de identificar las zonas atendidas y después multiplicarlas por el número de habitantes estimados en ellas.</p>
	<b>De disposición final (Esdif)</b>	$Esdif = \left( \frac{Ted}{Ha} \right) \cdot 100$ <p><i>Esdif</i> = Eficiencia del servicio en %  <i>Ted</i> = Total de empleados en disposición  <i>Ha</i> = Habitantes atendidos</p> <p>Con la eficiencia del servicio de disposición se obtiene la relación de los empleados de disposición entre el número de habitantes atendidos.  El total de empleados de disposición se obtiene de los datos del prestador del servicio o de la nómina.  Los habitantes atendidos se conocerán a partir de un cálculo en base a un estudio de tiempos y movimientos que consiste en realizar recorridos en los vehículos recolectores a fin de identificar las zonas atendidas y después multiplicarlas por el número de habitantes estimados en ellas.</p>

INDICADOR	FORMULACIÓN	VARIABLES
Eficiencia del personal	<p>De recolección (Epr)</p> $Epr = \left( \frac{Trv}{Tev} \right) \cdot 100$ <p>Eficiencia del personal de recolección mide la relación existente entre las toneladas recolectadas por vehículo y los empleados del vehículo Las toneladas recolectadas por vehículo se estiman en base a su capacidad en peso o volumen, el número de viajes/turno, viajes/día. El número de empleados por vehículo se obtiene de un estimado de un estudio de tiempos y movimientos o de la nómina.</p>	<p><i>Epr</i> - Eficiencia del personal en t/empleados <i>Trv</i> - Toneladas recolectadas por vehículo <i>Tev</i> - Empleados por vehículo</p>
	<p>De barrido de calles (Epbm)</p> $Epbm = \left( \frac{Lbj}{Tc} \right) \cdot 100$ <p>Eficiencia del personal de recolección mide la relación existente entre la longitud barrida en la jornada y los empleados/jornada La longitud barrida en la jornada se estima en base a las dimensiones de las calles sujetas a barrido El número de empleados por jornada se obtiene de la nómina</p>	<p><i>Epbm</i> - Eficiencia del personal en barrido manual, en km/empleados <i>Lbj</i> - Longitud barrida en la jornada en km <i>Tc</i> - Empleados por jornada</p>
Maquinaria y equipo	<p>Flotilla (Euf)</p> $Euf = \left( \frac{Tr}{Stcf} \right) \cdot 100$ <p>La eficiencia de la flotilla permite conocer las toneladas recolectadas por la flotilla en relación a su capacidad total Las toneladas recolectadas por la flotilla se pueden estimar en función de la capacidad de los vehículos o directamente mediante el pesaje de estos cargados y vacíos se debe de tomar en cuenta que durante la jornada generalmente una parte de los vehículos no circulan La capacidad total de la flotilla se obtiene de la capacidad de los vehículos</p>	<p><i>Euf</i> - Eficiencia de la flotilla, en % <i>Tr</i> - Toneladas recolectadas por flotilla <i>Stcf</i> - Capacidad total de la flotilla en toneladas</p>
	<p>Unidad (Euur)</p> $Euur = \left( \frac{Tr}{Cv} \right) \cdot 100$ <p>La eficiencia del equipo permite conocer las toneladas recolectadas por la unidad en relación a su capacidad Las toneladas recolectadas por la unidad se pueden estimar en función de la capacidad del vehículo o directamente del pesaje de este cargado y vacío La capacidad total de la unidad se obtiene de las especificaciones del vehículo o del cálculo de su volumen</p>	<p><i>Euur</i> - Eficiencia de uso del equipo (unidad), en % <i>Tr</i> - Toneladas recolectadas por unidad <i>Cv</i> - Capacidad de la unidad en toneladas</p>

INDICADOR	FORMULACIÓN	VARIABLES	
<b>Maquinaria y equipo</b>	<b>De barrido mecánico (Eub)</b>	$E_{ub} = \left( \frac{L_{bj}}{L_{cj}} \right) \cdot 100$	<i>Eub</i> - Eficiencia de la maquinaria en % <i>Lbj</i> - Longitud barrida por jornada en km <i>Lcj</i> - Longitud máxima por barredora en km
	<p>La eficiencia de la maquinaria en barrido mecánico permite comparar la longitud barrida del equipo en función de la longitud máxima que puede barrer</p> <p>La longitud barrida por jornada se obtiene de un estudio de tiempos y movimientos o de una estimación</p> <p>La longitud máxima se obtiene de las especificaciones del fabricante</p>		
	<b>De transferencia (Euf)</b>	$E_{uf} = \left( \frac{Tt}{Stct} \right) \cdot 100$	<i>Euf</i> - Eficiencia de uso del equipo (flotilla) (%) <i>Tt</i> - Total de toneladas de residuos transferidos por la flotilla <i>Stct</i> - Capacidad total en toneladas de los vehículos de transferencia
	<p>La eficiencia de la flotilla en transferencia permite comparar la cantidad de residuos transferidos en función de la capacidad de estos</p> <p>El total de toneladas de residuos transferidos por la flotilla se obtendrá del cálculo de la capacidad de los vehículos por el número de viajes realizados, también se puede obtener pesando las vehículos cargados y vacíos</p> <p>La capacidad total de los vehículos se obtendrá de las especificaciones de los vehículos o del cálculo de su volumen</p>		
	<b>Unidad (Euu)</b>	$E_{uu} = \left( \frac{Trr}{Cv} \right) \cdot 100$	<i>Euu</i> - Eficiencia de uso del equipo (unidad) (%) <i>Trr</i> - Total de toneladas de residuos transferidos por unidad <i>Cv</i> - Capacidad total en toneladas del vehículo de recolección
	<p>La eficiencia del uso del equipo de transferencia se obtendrá de la relación que existe entre las toneladas recolectadas por vehículo y su capacidad</p> <p>El total de residuos recolectados por unidad se obtiene del pesaje de los vehículos cargados y vacíos</p> <p>La capacidad total de la unidad se obtiene de las especificaciones del vehículo o del cálculo de su volumen</p>		
	<b>Disposición final (Eudf)</b>	$E_{udf} = \left( \frac{Ttdj}{Ctmc} \right) \cdot 100$	<i>Eudf</i> - Eficiencia de la maquinaria en % <i>Ttdj</i> - Toneladas depositadas por jornada <i>Ctmc</i> - Capacidad total para disponer de la maquinaria y equipo por jornada en toneladas
	<p>La eficiencia del uso del equipo de disposición final se obtendrá de la relación que existe entre las toneladas depositadas por jornada y la capacidad total de estos para disponer</p> <p>El total de toneladas depositadas por jornada se obtendrá de los datos del sitio de disposición o de la estación de transferencia</p> <p>La capacidad total del equipo se obtiene de las especificaciones de los vehículos</p>		

INDICADOR	FORMULACION	VARIABLES
En Mantenimiento de maquinaria y equipo	<p><b>Al equipo (Emer)</b></p> $Emer = \left[ \frac{Eor}{(Eor + Err + Emr)} \right] \cdot 100$ <p>Permite conocer cual es la eficiencia del mantenimiento en función de la cantidad de vehículos de recolección que están en operación con respecto al total Los vehículos en operación, el equipo de reserva y el que está en mantenimiento se pueden obtener de la relación de vehículos del organismo prestador del servicio de recolección y del taller de mantenimiento</p>	<p><i>Emer</i> : Eficiencia de mantto. en %  <i>Eor</i> : Vehículos en operación  <i>Err</i> : Equipo de reserva  <i>Emr</i> : Equipo en mantenimiento</p>
	<p><b>Según costo (Emcr)</b></p> $Emcr = \left[ \frac{Cmp}{(Cmp + Cmc)} \right] \cdot 100$ <p>Permite conocer cual es la eficiencia del mantenimiento en función de la costo de mantenimiento preventivo entre la suma de éste con el de mantenimiento correctivo Los costos de mantenimiento preventivo y correctivo se pueden obtener de las facturas del taller donde se realizaron los trabajos o de las facturas de las refacciones cambiadas (si es que hubo) y del costo de la mano de obra</p>	<p><i>Emcr</i> : Eficiencia de mantto. según costo. en %  <i>Cmp</i> : Costo mantto. Preventivo  <i>Cmc</i> : Costo mantto. Correctivo</p>
	<p><b>Al equipo (Emeb)</b></p> $Emeb = \left[ \frac{Eob}{(Eob + Erb + Emb)} \right] \cdot 100$ <p>Permite conocer cual es la eficiencia del mantenimiento en función de la cantidad del equipo de barrido que está en operación con respecto al total Los vehículos en operación, el equipo de reserva y el que está en mantenimiento se pueden obtener de la relación de vehículos del organismo prestador del servicio de barrido y del taller de mantenimiento</p>	<p><i>Emeb</i> = Eficiencia de mantto. en %  <i>Eob</i> : Vehículos en operación  <i>Erb</i> : Vehículos en reserva  <i>Emb</i> : Vehículos en mantenimiento</p>
	<p><b>Según costo (Emcb)</b></p> $Emcb = \left[ \frac{Cmp}{(Cmp + Cmc)} \right] \cdot 100$ <p>Permite conocer cual es la eficiencia del mantenimiento en función de la costo de mantenimiento preventivo entre la suma de éste con el de mantenimiento correctivo Los costos de mantenimiento preventivo y correctivo se pueden obtener de las facturas del taller donde se realizaron los trabajos o de las facturas de las refacciones cambiadas (si es que hubo) y del costo de la mano de obra</p>	<p><i>Emcb</i> : Eficiencia de mantto. según costo. en %  <i>Cmp</i> : Costo mantto. Preventivo  <i>Cmc</i> : Costo mantto. Correctivo</p>

INDICADOR	FORMULACION	VARIABLES
<b>En Mantenimiento</b>  <b>De mantenimiento al equipo de transferencia</b>	<b>Al equipo (Emet)</b>  $Emet = \left( \frac{Eot}{Eot + Ert - Emt} \right) \cdot 100$	<i>Emet</i> - Eficiencia de mantto al equipo en % <i>Eot</i> - Vehículos en operación <i>Ert</i> - Equipo (vehículos) de reserva <i>Emt</i> - Equipo (vehículos) en mantenimiento  Permite conocer cual es la eficiencia del mantenimiento en función de la cantidad de vehículos de transferencia que están en operación con respecto al total. Los vehículos en operación, el equipo de reserva y el que está en mantenimiento se pueden obtener de la relación de vehículos del organismo prestador del servicio de recolección y del taller de mantenimiento.
	<b>Según costo (Emct)</b>  $Emct = \left( \frac{Cmp}{Cmp + Cmc} \right) \cdot 100$	<i>Emct</i> - Eficiencia de mantto. según costo. en % <i>Cmp</i> - Costo mantto preventivo <i>Cmc</i> - Costo mantto correctivo  Permite conocer cual es la eficiencia del mantenimiento en función de la costo de mantenimiento preventivo entre la suma de este con el de mantenimiento correctivo. Los costos de mantenimiento preventivo y correctivo se pueden obtener de las facturas del taller donde se realizaron los trabajos o de las facturas de las refacciones cambiadas (si es que hubo) y del costo de la mano de obra.
<b>Al equipo de disposición final (Emdf)</b>	$Emdf = \left[ \frac{Toe}{(Toe - Tme)} \right] \cdot 100$	<i>Emdf</i> - Eficiencia de mantto. en % <i>Toe</i> - Tiempo de operación en h <i>Tme</i> - Tiempo de mantto. en h
Este indicador permite medir la eficiencia del mantenimiento en función del tiempo en que el equipo está en operación con respecto al tiempo que permanece tanto en operación como en mantenimiento. El tiempo de operación se obtiene de los registros de funcionamiento de los vehículos. El tiempo de mantenimiento se obtiene de los registros del taller.		

## INDICADORES DE DESEMPEÑO DE CALIDAD

INDICADOR	FORMULACIÓN	VARIABLES
<b>De calidad</b>  Frecuencia De Quejas	<b>Servicio de recolección (Fqr)</b>	$Fqr = \left( \frac{Q}{U} \right) \cdot 100$
	El indicador de frecuencia de quejas de recolección en el servicio de recolección permite conocer la cantidad de quejas existentes en relación al número de usuarios La cantidad de quejas de recolección se cuantifica con los totales mensuales trimestrales y anuales de quejas se puede obtener de las quejas recibidas en la(s) oficina(s) de atención a la ciudadanía teléfono buzón etc Los usuarios del servicio se pueden obtener del número de habitantes atendidos (Ha)	$Fqr$ - Frecuencia de quejas respecto a recolección. en % $Q$ - Cantidad de quejas $U$ - Usuarios del servicio
	<b>Servicio de barrido (Fqb)</b>	$Fqb = \left( \frac{Q}{U} \right) \cdot 100$
	El indicador de frecuencia de quejas en el servicio de barrido permite conocer la cantidad de quejas existentes en relación al número de usuarios La cantidad de quejas de barrido se cuantifica con los totales mensuales trimestrales y anuales de quejas. se puede obtener de las quejas recibidas en la(s) oficina(s) de atención a la ciudadanía Los usuarios del servicio se pueden obtener del número de habitantes atendidos (Ha)	$Fqb$ - Frecuencia de quejas respecto a barrido en % $Q$ - Cantidad de quejas $U$ - Usuarios del servicio
	<b>Servicio de transferencia (Fqt)</b>	$Fqt = \left( \frac{Q}{U} \right) \cdot 100$
	El indicador de frecuencia de quejas en el servicio de transferencia permite conocer la cantidad de quejas existentes en relación al número de usuarios La cantidad de quejas de transferencia se cuantifica con los totales mensuales trimestrales y anuales de quejas se puede obtener de las quejas recibidas en la oficina de atención a quejas en el organismo encargado de la transferencia Los usuarios del servicio se pueden obtener del número de habitantes atendidos (Ha)	$Fqt$ - Frecuencia de quejas con respecto a transferencia. en % $Q$ - Cantidad de quejas $U$ - Usuarios del servicio
	<b>Servicio de disposición final (Fqdf)</b>	$Fqdf = \left( \frac{Q}{U} \right) \cdot 100$
	El indicador de frecuencia de quejas en el servicio de disposición final permite conocer la cantidad de quejas existentes en relación al número de usuarios La cantidad de quejas de disposición final se cuantifica con los totales mensuales trimestrales y anuales de quejas se puede obtener de las quejas recibidas en la oficina de atención a quejas en el organismo encargado de la disposición final Los usuarios del servicio se pueden obtener del número de habitantes atendidos (Ha)	$Fqdf$ - Frecuencia de quejas. en % $Q$ - Cantidad de quejas $U$ - Usuarios del servicio

## INDICADORES DE DESEMPEÑO DE COSTO

INDICADOR	FORMULACIÓN	VARIABLES	
<b>Costo de los servicios</b>	<b>De recolección (Cr)</b>	$Cr \frac{Crd}{Trd}$	$C_r$ = Costo por tonelada recolectada, en \$/t $Crd$ = Costo de la recolección por mes \$ $Trd$ = Toneladas por mes
	<p>El costo por tonelada recolectada nos permite conocer el costo por tonelada recolectada</p> <p>El costo de recolección se obtiene de la suma de los salarios de los costos de operación y mantenimiento que desembolsa el servicio por la recolección</p> <p>El total de toneladas recolectadas por día se puede estimar en base a cálculos de lo recolectado o mediante el pesaje de los vehículos cargados y vacíos</p>		
	<b>De Barrido Manual (Cbman)</b>	$Cbman \cdot \frac{Cbmanj}{Lbmanj}$	$Cbman$ = Costo barrido manual en \$/km $Cbmanj$ = Costo por día en \$ $Lbmanj$ = Longitud barrida por día en km
	<p>El costo de barrido manual nos permite conocer el costo por kilómetro barrido</p> <p>El costo por jornada se obtiene de los datos obtenidos de la nómina</p> <p>La longitud barrida por jornada se obtiene de los planos de barrido o de un cálculo de la longitud barrida durante la jornada</p>		
<b>De Barrido Mecánico (Cbmec)</b>	$Cbmec \cdot \frac{Cbmecj}{Lbmecj}$	$Cbmec$ = Costo barrido mecánico, en \$/km $Cbmecj$ = Costo por día, en \$ $Lbmecj$ = Longitud barrida por día, en km	
<p>El costo de barrido mecánico nos permite conocer el costo por kilómetro barrido.</p> <p>El costo por jornada se obtiene de los datos obtenidos de la nómina de los costos de operación y mantenimiento</p> <p>La longitud barrida por jornada se obtiene de los planos de barrido o de un cálculo de la longitud barrida durante la jornada</p>			
<b>De transferencia (Ct)</b>	$Ct \left( \frac{Ctd}{Ttd} \right)$	$C_t$ = Costo de transferencia, en \$/t $Ctd$ = Costo de la transferencia por mes, en \$ $Ttd$ = Toneladas depositadas por mes	
<p>El costo de la transferencia es la relación existente entre el costo de transferencia por día y las toneladas depositadas</p> <p>El costo de la transferencia se obtiene de los datos obtenidos de la nómina, de los costos de operación y mantenimiento de la maquinaria, equipo e instalaciones empleadas</p> <p>Las toneladas depositadas por día se obtendrá de los datos del sitio de disposición de la estación de transferencia o del pesaje de los vehículos cargados y vacíos a su entrada y salida del sitio de disposición final</p>			

INDICADOR	FORMULACIÓN	VARIABLES	
Costo de los servicios	De disposición final (Cdf)	$C_{df} = \frac{C_{dfd}}{T_{dfd}}$	$C_{df}$ : Costo disposición final, en \$/t $C_{dfd}$ : Costo disposición final por mes, en \$ $T_{dfd}$ : Toneladas depositadas por mes
	<p>El costo de la disposición final es la relación existente entre el costo de disposición por día y las toneladas depositadas</p> <p>El costo de la disposición se obtiene de los datos obtenidos de la nómina de los costos de operación y mantenimiento de la maquinaria, equipo e instalaciones empleadas</p> <p>Las toneladas depositadas por día se obtendrá de los datos del sitio de disposición de la estación de transferencia o del pesaje de los vehículos cargados y vacíos a su entrada y salida del sitio de disposición final</p>		
	Del servicio integral (Ctsi)	$C_{tsi} = \frac{(C_r + C_{bman} + C_{bmec} + C_t + C_{df})}{H_a}$	$C_{tsi}$ : Costo total servicio integral en \$/hab $C_r$ : Costo de recolección, en \$ $C_{bman}$ : Costo barrido manual, en \$ $C_{bmec}$ : Costo barrido mecánico, en \$ $C_t$ : Costo de la transferencia, en \$ $C_{df}$ : Costo de la disposición final, en \$ $H_a$ : Habitantes usuarios del servicio
	<p>El costo del servicio integral es la relación que existe entre los costo de recolección barrido, transferencia y disposición final y los habitantes usuarios del servicio con este indicador obtenemos el costo del servicio por usuario</p> <p>Los costos se obtienen de los indicadores ya mencionados es importante mencionar que éstos tienen diferentes unidades en los denominadores, por ejemplo el costo de recolección tiene valores de \$/t y el costo de barrido mecánico tiene valores en \$/km, para resolver la diferencia de unidades se deberán multiplicar cada uno de los costos mencionados por la unidad de medida referenciados a la unidad de tiempo la cual se recomienda que sea mensual así</p> <p><math>C_r = \\$100/t</math> (costo por tonelada) <math>\times</math> 200 t/mes (toneladas recolectadas al mes) = \$20 000</p> <p><math>C_{bmec} = \\$30/km</math> (costo por km barrido) <math>\times</math> 600 km/mes (kms barridos al mes) = \$18 000</p> <p>El costo total al mes de estos dos servicios asciende a \$38 000</p> <p>Los habitantes usuarios del servicio se obtienen de una estimación en base a un estudio de tiempos y movimientos para conocer la cantidad de habitantes atendidos</p>		
De mantenimiento preventivo y correctivo del servicio integral (Cmsi)	$C_{msi} = (C_{mpsi} + \frac{C_{mcsi}}{C_{tsi}})(100)$	$C_{msi}$ : Costo mantto servicio integral en \$ $C_{mpsi}$ : Costo total mantto Preventivo en \$ $C_{mcsi}$ : Costo total mantto Correctivo en \$ $C_{tsi}$ : Costo total del servicio integral en \$	
<p>Este indicador permite estimar si los costos de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria, equipo e instalaciones, no rebasan los parámetros normales</p> <p>Los costos se obtienen como un porcentaje del costo total del servicio</p>			

METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE COSTOS		Los costos se clasifican en directos e indirectos y otros costos, su suma da como resultado el costo total del servicio		
<p><b>Seguros de los equipos y costo de almacenaje</b></p> <p>El costo del seguro se calcula de acuerdo a la formula</p> $S = \frac{(VA \cdot VR) \cdot (PRIMA DE SEGUROS)}{2 \cdot HVA}$ <p>S - seguro de los equipos  PRIMA DE SEGUROS (en decimales) = 5% = 0.05</p> <p>El costo de almacenaje se entiende como el costo que representa el espacio que ocupan, este costo se calcula como un porcentaje de la depreciación</p> <p>Costo de almacenaje = (PA)(DEPRECIACION)</p> <p>Pa = porcentaje de almacenaje (en decimales)</p>	<p><b>Combustibles y lubricantes</b></p> <p>Los combustibles se calculan en función de la potencia de la maquinaria y es equivalente a 0.2 lit por HP (caballos de fuerza) y por hora, como los equipos no trabajan en forma continua, se considera un factor de servicio del 70% así:</p> <p>Costo combustible = (0.2)(potencia)(0.7)(precio litro)</p> <p>Para los lubricantes (aceite, filtros, grasas, etc) se tienen 2 componentes</p> <p>El primero es el consumo proporcional a la potencia del motor</p> <p>Costo lubricantes = (0.003)(potencia) (precio litro)</p> <p>El factor de 0.003 se considerará en cada cambio de aceite, cuando el motor requiera aceite extra aumentara este costo</p> <p>El segundo es el consumo por cambio de aceite.</p> <p>Costo lubricantes = (capacidad del Carter - horas) (precio por litro)</p> <p>El costo total estará dado por la suma de ambos</p> <p>Costo total = (Costo lubricantes) + (Costo lubricantes)</p>	<p><b>Depreciación de la maquinaria</b></p> <p>SICR, para cuantificar el desgaste de la maquinaria como consecuencia de su uso, se deberá usar el siguiente procedimiento:</p> $\text{Depreciación} = \frac{(VA \cdot VR)}{VIT}$ <p>VA = valor de adquisición del vehículo</p> <p>VR = valor de rescate equivalente al precio de venta del equipo usado cuando se desva su valor</p> <p>VIT = vida útil del equipo. Este es proporcionado por el fabricante del equipo o se obtiene de la experiencia del organismo operador con equipo semejante</p>	<p><b>Costo financiero</b></p> <p>El costo financiero se obtiene de acuerdo a la siguiente formula</p> $\text{Costo financiero} = \frac{(VA \cdot VR) \cdot (I)}{2 \cdot HVA}$ <p>Donde</p> $\frac{(VA \cdot VR)}{2 \cdot HVA} = \text{inversión promedio durante la vida útil del equipo}$ <p>I = tasa de interés de los créditos contratados</p> <p>HT = horas de trabajo anual</p>	<p>Los costos indirectos son los que tienen que ver con los de la administración del sistema, siendo los más importantes los sueldos de los directivos y empleados, la depreciación de las instalaciones y el mobiliario y los materiales de consumo</p> <p>Los otros Costos son debido a los impuestos federales y estatales</p>
<p><b>Mano de obra directa</b></p> <p>Este concepto se refiere al salario del personal que interviene directamente en la operación del servicio, para determinar, es necesario tomar en consideración cada uno de los factores que intervienen</p> <p>Salario anualizado</p> <p>Salario anual trabajador</p> <p>Costos adicionales para el empleador: IESSLE - FOVISSSTE - Impuestos Sobre Renta - S.R. - Prima Accidental</p> <p>Ingreso anual trabajador</p> <p>Costo horario mano de obra = Salario anualizado / número de horas año</p>	<p><b>Mantenimiento</b></p> <p>Este concepto se refiere al valor de la depreciación del equipo, su valor oscila entre un 40 y un 200% de esta de acuerdo al tiempo se aplica lo siguiente</p> <p>Para los dos primeros años de operación 40%</p> <p>Las siguientes de años del 100 al 150%</p> <p>Posteriormente entre 200 y 300%</p>	<p>Los costos indirectos son los que tienen que ver con los de la administración del sistema, siendo los más importantes los sueldos de los directivos y empleados, la depreciación de las instalaciones y el mobiliario y los materiales de consumo</p> <p>Los otros Costos son debido a los impuestos federales y estatales</p>		

**INDICADORES DE ACTITUD  
DE EMPLEADOS**

INDICADOR		FORMULACIÓN	VARIABLES	
<b>De empleados</b>	Rotatividad del personal (Rp)	$Rp = \left( \frac{Em}{Et} \right) \cdot 100$	<i>Rp</i> =	Rotatividad del personal por servicio, en %
			<i>Em</i> =	Empleados egresados por servicio en cada mes
			<i>Et</i> =	Total de empleados al mes
	La rotatividad del personal por servicio permite conocer el egreso de estos en relacion al total de empleados			
	Los empleados egresados por servicio en cada mes son los que dejan de laborar en el servicio			
	Tanto el numero de empleados egresados por servicio en cada mes como el total de empleados se obtendrán de los registros de la nómina			



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

## **MODULO II: BARRIDO Y RECOLECCION DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

### **TEMA**

## **ESTACIONES DE TRANSFERENCIA PARTICIPACION Y EDUCACION CIUDADANA**

**EXPOSITOR: ING. HECTOR HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ  
PALACIO DE MINERIA  
ABRIL 2001**

Figura 1.3  
 Transbordo de residuos sólidos en estaciones  
 de "descarga directa"

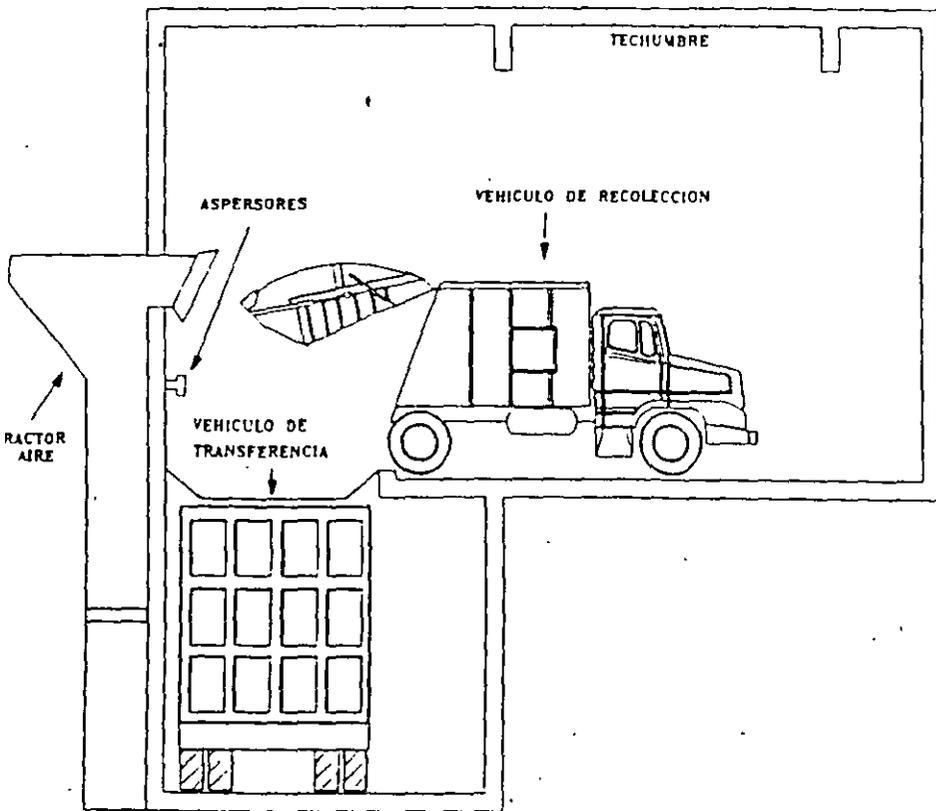
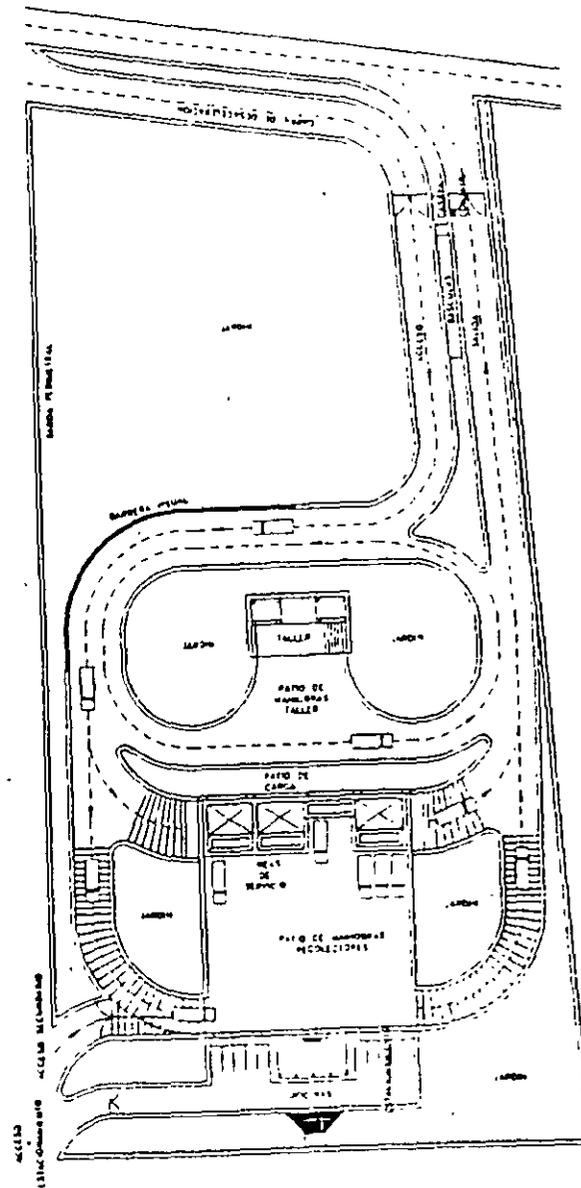


Figura 1.5  
 Planta de conjunto tipo de estaciones  
 de transferencia con descarga directa



#### 1.4.1.2 Equipo empleado

- Equipo de recolección**
- Carga lateral rectangular
  - Carga lateral tubular
  - Carga trasera
  - Volteo
  - Minirecolector
  - Contenedores
  - Redilas

- Equipo de transferencia**
- Tractocamiones caja abierta
  - Mecanismo de descarga por medio de cadenas o piso móvil

#### 1.4.2 Estaciones de descarga indirecta

En estas estaciones de transferencia la descarga de residuos de los vehículos de recolección se realiza a una fosa de almacenamiento o sobre una plataforma donde posteriormente los residuos son cargados en los vehículos de transferencia con equipos auxiliares.

Los camiones recolectores se registran y pesan en básculas computarizadas, posteriormente, éstos se dirigen a la plataforma para verter los residuos a la fosa, regresando después a la báscula donde son pesados nuevamente; con esto se obtiene la cantidad de residuos transferidos.

Los residuos son removidos de la fosa con grúas de almeja o cargadores frontales o con tractor de hoja topadora a las cajas de transferencia, las cuales son movidas por un montacargas a la zona de despunte, posteriormente es enganchada al tractocamión que la transportará al sitio de disposición final. En este tipo de instalación los vehículos recolectores nunca tienen que esperar para descargar los residuos transportados.

Regularmente en Estados Unidos y Canadá se utilizan sistemas de carga indirecta y como medida de seguridad se incluye el sistema de carga directa el cual es utilizado en caso de falla del equipamiento que atiende la fosa. Adicionalmente, este tipo de instalaciones cuentan con áreas destinadas al acopio de subproductos reciclables.

Los usuarios menores llevan separados los subproductos reciclables para depositarlos en los diferentes contenedores de vidrio, metales, papeles, cartón y plástico, disminuyendo de esta forma el pago por el servicio de transferencia. Posteriormente pasan a la báscula con el resto de los residuos donde son pesados inicialmente antes de ser vertidos en la fosa, una vez realizado esto los vehículos retornan a las básculas para ser pesados y con esto calcular la tarifa que pagará el usuario.

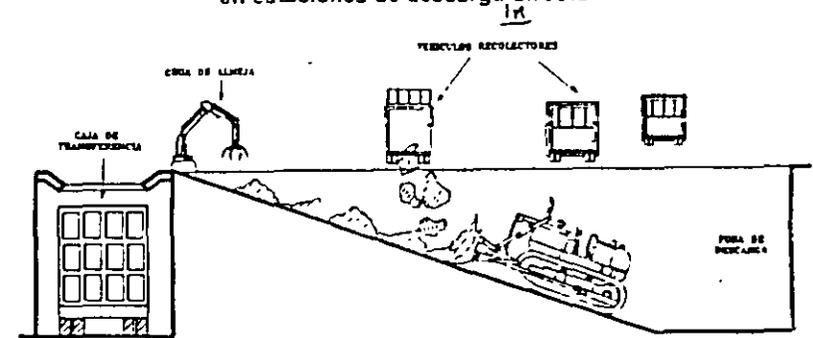
##### 1.4.2.1 Características del diseño

- Fosa principal cuenta con 20 líneas de descarga simultánea
- Diseño especial de vías de seguridad en el borde de la fosa
- Aspersores de agua para el control de polvos en la fosa
- Sistema de ventilación mecánica
- Techumbre del patio de descarga
- Básculas
- Taller
- Oficinas
- Jardines
- Caseta de control

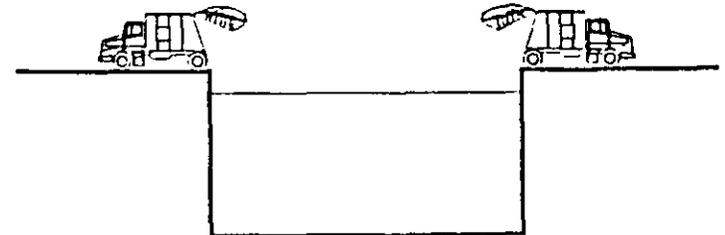
- Rampa de acceso de vehículos recolectores
- Patio de maniobras de vehículos recolectores
- Rampa de salida de vehículos recolectores
- Estacionamiento de cajas de transferencia
- Área de despunte de cajas de transferencia
- Estacionamiento de tractocamiones
- Salida de vehículos de transferencia

Lo anterior se puede apreciar en la figura 1.8.

**Figura 1.7**  
Transbordo de residuos sólidos en estaciones de descarga directa



CORTE A - A'



CORTE B - B'

### 3. METODOLOGÍA PARA EL EMPLAZAMIENTO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

#### 3.1 Criterios para definir la región factible donde ubicar una estación de transferencia

Una Estación de Transferencia de Residuos Sólidos (ETRS), es el conjunto de equipos e instalaciones en donde se hace el trasbordo de basura de un vehículo recolector a otro con mucho mayor capacidad de carga, el cual transportará dichos residuos hasta su destino final.

El objetivo básico de las instalaciones de transferencia, es incrementar la eficiencia global del servicio de recolección de residuos sólidos, a través de la economía que se logra tanto al disminuir los costos y tiempos de transporte, como en la disminución del tiempo ocioso de la mano de obra y de los equipos disponibles. En la figura 3.1, se ilustra en forma gráfica la función de una estación de transferencia.

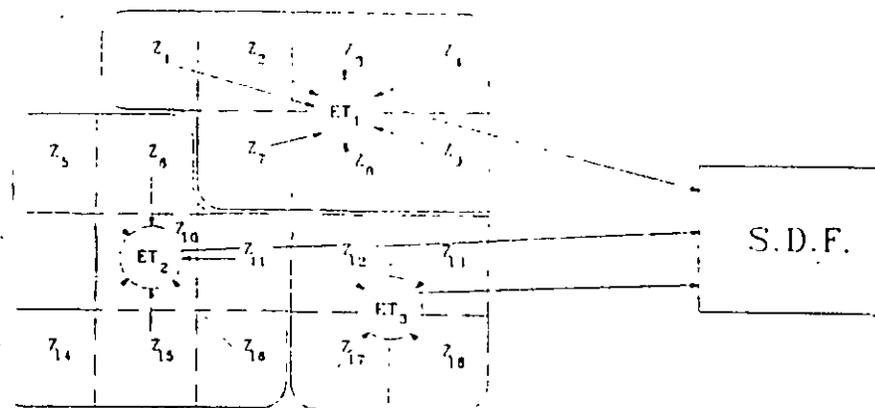
En la actualidad, la tendencia de crecimiento que se ha dado en las grandes conurbaciones y en las áreas metropolitanas, en donde los sitios de disposición final, están cada vez más alejados de las zonas de generación de residuos sólidos obliga a utilizar las instalaciones de transferencia para eficientizar los sistemas de recolección de estos residuos.

La definición del centro de gravedad geográfico de una determinada región con problemas, en cuanto al servicio de recolección de residuos sólidos, es el punto de partida para el establecimiento de una ETRS. Es decir, la premisa fundamental es que una instalación de este tipo, siempre debe quedar lo más cerca posible al centro de gravedad geográfico de la región por atender, con el fin de disminuir la suma de los recorridos de las rutas de recolección hacia dicha instalación.

De lo anterior se deduce que se deberá definir una región factible donde pueda instalarse la ETRS, considerando las alteraciones que el centro de gravedad geográfico pueda sufrir, por restricciones obligadas del sistema, como lo es la ubicación de los sitios de encierro de los equipos de recolección; o bien, las desviaciones o desplazamientos que pudiera sufrir al agregar a las variables geográficas otro tipo de variables, como son: la densidad de población, la generación de los residuos sólidos, las pendientes promedio del terreno, la traza urbana de la localidad, la cercanía con áreas forestales, o cualquier otra que pueda ser de consideración según sean las características de la localidad que se trate.

La determinación del Centro de Gravedad Geográfico (C G G), implica la definición de las zonas o sectores de recolección, el cálculo de su superficie y de sus

Figura 3.1 Descripción de la función de una estación de transferencia



Z: ZONA DE RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS

ET: ESTACION DE TRANSFERENCIA

SDF: SITIO DE DISPOSICION FINAL

coordenadas centrales en un sistema cartesiano, para después determinar los momentos de transporte de cada una de las zonas o sectores; es decir, la distancia de los centros de gravedad de ellas hasta los ejes cartesianos, por la superficie que ocupa la mancha urbana en cada una de dichas zonas o sectores. Los momentos resultantes divididos entre la superficie total de la mancha urbana, serán las coordenadas del centro de gravedad de toda la región considerada.

La descripción gráfica de esta metodología, se presenta en la figura 3.2

Algebráicamente, la definición del centro de gravedad geográfico, quedará definido por las siguientes expresiones

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i x_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i)} \quad \text{ec (3.1.1)}$$

$$Y_p = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i y_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i)} \quad \text{ec (3.1.2)}$$

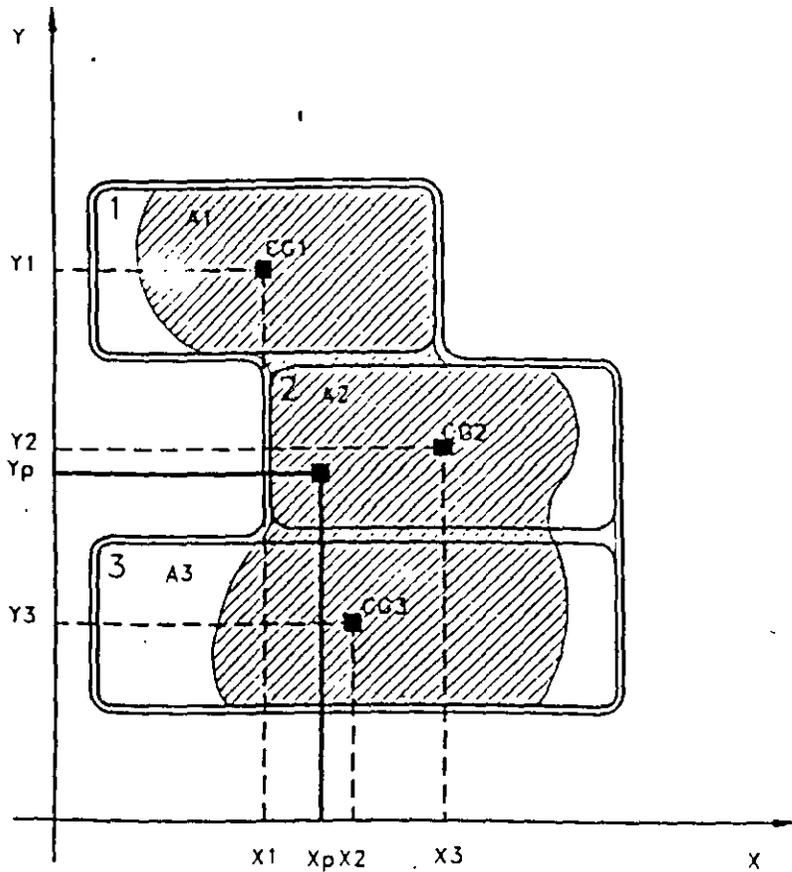
Donde:

Xp, Yp Coordenadas del centro de gravedad geográfico

n No. de polígonos que componen la región por atender

- A<sub>i</sub>: Superficie que ocupa la mancha urbana en el polígono "i"
- X<sub>i</sub>: Distancia del centro de gravedad del polígono "i", al eje cartesiano "Y"
- Y<sub>i</sub>: Distancia del centro de gravedad del polígono "i", al eje cartesiano "X"

**Figura 3.2**  
Definición del centro de gravedad geográfico por el método de momentos en un sistema cartesiano



- MANCHA URBANA
- ZONAS SIN HABITAR

La determinación de cualquier otro centro de gravedad, puede expresarse de la siguiente manera, a partir de las expresiones 3.1.1 y 3.1.2.

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i f_j x_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i f_j)} \quad \text{ec. (3.1.3)}$$

$$Y_p = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i f_j y_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i f_j)} \quad \text{ec. (3.1.4)}$$

Donde,

j = 1, 2, ..., m-1, m

f<sub>j</sub>: Factor de ajuste que engloba dentro de la superficie de la mancha urbana del polígono i, otros aspectos complementarios que además de los puramente geográficos, permitan incluir en el análisis, algunas otras consideraciones que sean de vital importancia para la situación que se trate. Ejemplo de estas consideraciones, podrían ser las siguientes variables:

- Variable poblacional
- Variable que considere la producción de residuos
- Variable topográfica
- Variables urbanísticas
- Variables ecológicas

m: No. de variables consideradas en el análisis.

En la tabla 3.1 se presenta la descripción del factor de ajuste del centro de gravedad, para diferentes variables urbanas.

Tabla 3.1

Factores de ajuste para la corrección del centro de gravedad geográfico, debido a diferentes variables urbanísticas

Tipo de variable	Formulación del factor de ajuste	Descripción de la formulación
Geográfica	$f = 1$	El factor es igual a la unidad
Poblacional	$f = D$	El factor es igual a la densidad de población "D", expresada en hab/ha
Por generación de residuos	$f = D * G$	El factor es el producto de la densidad de población "D" en hab/ha, por la generación per cápita de residuos sólidos municipales en Kg/hab.día
Por vialidad	$f = D * G * N$	El factor es el producto del anterior, multiplicado por el No. adimensional "N" que es la suma-tona de las calificaciones de las vialidades detectadas. La calificación de las vialidades puede hacerse según la importancia de la vialidad, su No. de carriles y el tránsito en horas pico.
Por pendiente del terreno	$f = D * G * P$	El factor es el producto del obtenido para la variable referente a la generación de residuos, multiplicado por el No. adimensional "P" que es la pendiente en % dividida entre 10.

Agregar este tipo de variables dentro del análisis para definir la región donde debe ser ubicada la ETRS, permitirá que la elección del sitio, se haga implícitamente de manera racional, lo cual es difícil de lograr cuando se considera únicamente la variable geográfica; ya que por lo regular las actividades que se dan en el asentamiento humano, son tan disímboles y de orden tan diverso, que le dan una gran heterogeneidad, tanto a su densidad poblacional, como a su distribución geográfica y socioeconómica, amén de las propias diferencias que trae consigo el desarrollo urbano y la dotación de infraestructura para la prestación de los servicios públicos.

Es claro entonces, que se obtendrá un centro de gravedad por cada variable complementaria que se agregue al análisis para la definición de la Región Factible, a cual se determinará entonces, conectando los centros de gravedad de cada una de las variables consideradas en el análisis, y se obtiene por tanto un polígono cerrado. En la figura 3.3, se presenta la descripción de un ejemplo hipotético, para ilustrar lo antes comentado.

La definición de la Región Factible, puede expresarse algebraicamente de la siguiente manera:

$$R = \{(Xp_j, Yp_j) \mid j=1,2,\dots,m-1,m\} \dots \dots \dots \text{ec. (3.1.5)}$$

$$R = \{(Xp_1, Yp_1)(Xp_2, Yp_2) \dots (Xp_{m-1}, Yp_{m-1})(Xp_m, Yp_m)\} \dots \dots \dots \text{ec. (3.1.6)}$$

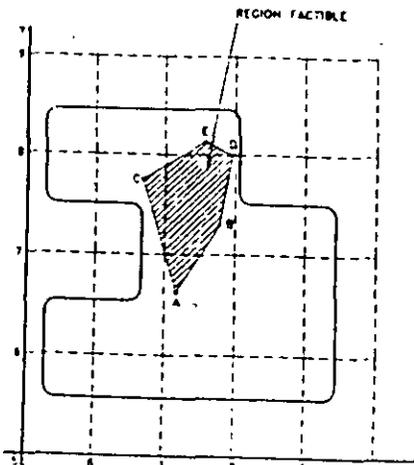
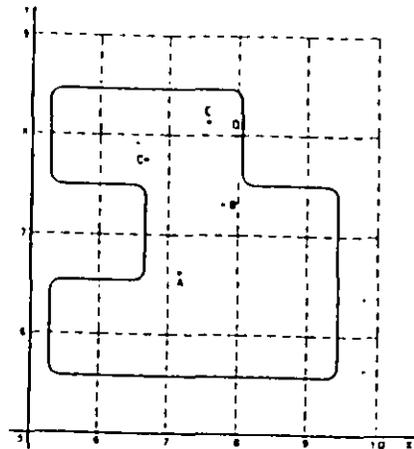
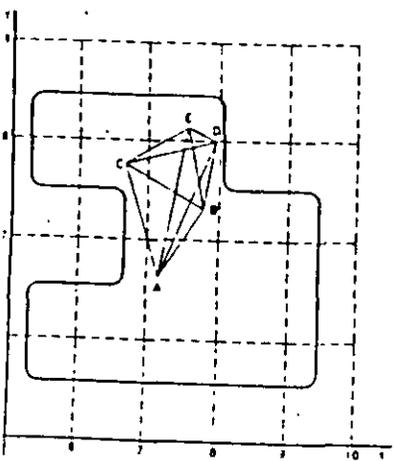
De todo lo anterior, se puede concluir que cualquier sitio que se halle dentro de la Región Factible, podrá ser considerado para la ubicación de una ETRS, sin menoscabo de la eficiencia del sistema. Esto no debe interpretarse como una limitación contundente para eliminar aquellos sitios que se hallen fuera de la Región Factible, solamente establece que entre más nos alejamos de ella, menor será la eficiencia del sistema.

Cuando no exista sitio alguno dentro de la Región Factible, deberán trazarse círculos concéntricos a partir del centroide del polígono que define dicha región, de manera tal que la vaya envolviendo hasta encontrar uno o más sitios, para proceder a su revisión y análisis, como se indica en la figura 3.4. En teoría, el sitio con mayor viabilidad desde el punto de vista económico, será aquel que se halle más cerca de los linderos de la Región Factible.

Gráfica 3.3

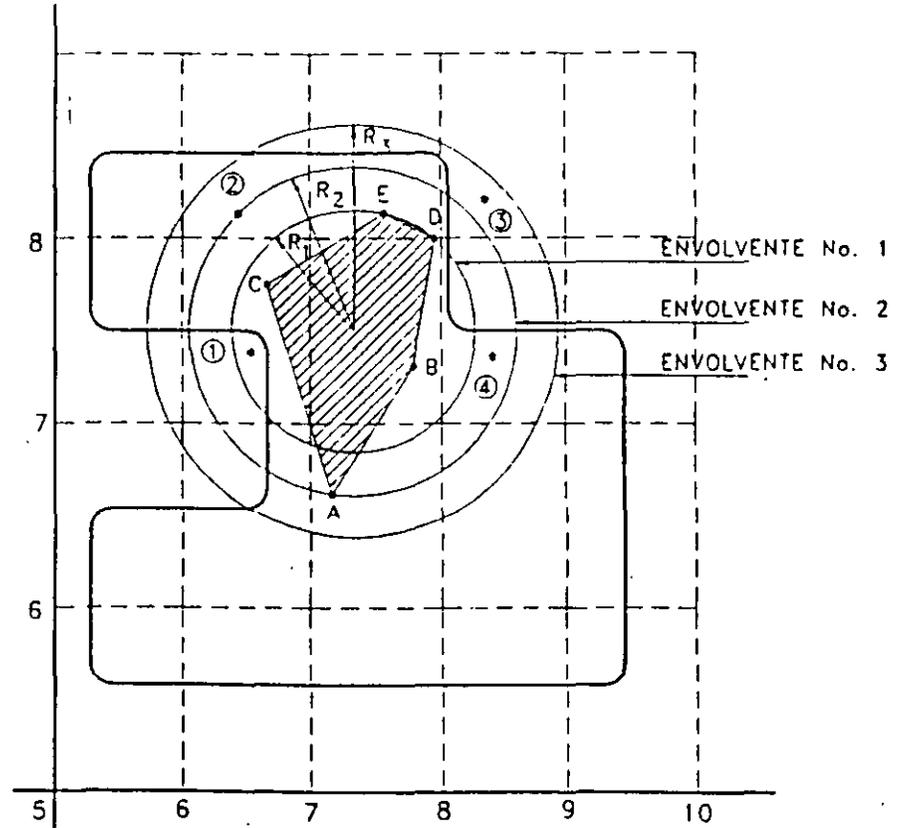
Descripción de la construcción de la región factible a partir de los centros de gravedad obtenidos para diferentes variables urbanísticas consideradas, para un ejemplo hipotético

VARIABLE	X	Y
GEOGRAFICA (A)	7 05	6 90
POBLACIONAL (B)	7 76	7 59
POR GENERACION DE R (C)	6 95	8 04
POR VIALIDADES (D)	7 93	8 44
POR PENDIENTE DEL TERRENO	7 50	8 50



Gráfica 3.4

Trazo de envolventes sobre la región factible para identificación de sitios fuera de ella



### 3.2 Criterios de evaluación para sitios probables

La selección del sitio más adecuado para la ubicación de una ETRS de entre un conjunto de sitios factibles, se puede efectuar mediante un análisis de tipo económico que considere el costo que representa el transporte de los residuos sólidos, desde los centros de generación, hasta los sitios factibles para la ubicación de la ETRS, como lo establece la siguiente expresión:

$$\text{MIN } ZI = \sum_{k=1}^m P(k) D(k, l) C(k) \dots \dots \dots \text{ec (3.2.1)}$$

Donde:

- Zi: Costo de transportación de los residuos sólidos desde los sectores de generación "k", hasta el sitio "i", propuesto para ubicar la ETRS.  
Ck: Costo unitario de la tonelada de residuos sólidos recolectada en el sector "k".  
P(k): Tonelaje de basura generada en el sector "k".  
D(k,i): Distancia promedio entre el centro de gravedad del sector "k" y el sitio "i".

Cuando no se cuente con la información necesaria para determinar el costo unitario de la tonelada de basura recolectada en cada uno de los sectores de recolección, el análisis puede efectuarse solamente con los tonelajes de basura generados en los sectores de recolección con las distancias promedio de los centros de gravedad hacia cada uno de los sitios propuestos.

A pesar de que este tipo de análisis asegura encontrar la solución óptima en términos de productividad, en ocasiones no resulta ser suficiente para tomar la decisión sobre la mejor ubicación que debe tener una ETRS, ya que hay otros aspectos de tipo social, político, ambiental, de salud pública y de percepción ciudadana, que son importantes de considerar.

Por tanto, el análisis antes descrito debe ser complementado con otro tipo de metodología que incluya algunas otras variables que consideren los aspectos mencionados en líneas atrás, como lo que se describe a continuación.

El objetivo fundamental de esta metodología, es lograr que a través de su aplicación, el sitio elegido sea aquel que por sus propias características, asegure que las implicaciones ambientales generadas por la instalación durante su operación, sean las menores.

Para fines meramente descriptivos de la metodología, se establecieron dos conjuntos de variables, uno compuesto por los aspectos ambientales al que se le denominó ELEMENTOS DEL ENTORNO URBANO, mientras que al conjunto que reúne las características de los sitios, se le designó IMPACTANTES POTENCIALES DE LA INSTALACIÓN.

Ahora bien, para identificar los componentes del primer conjunto, se realizó una detallada inspección de la operación de las actuales estaciones de transferencia, así como una revisión de las notas periódicas relacionadas con el tema de los residuos sólidos, además de considerar las opiniones de diferentes grupos de la sociedad en general. De lo anterior, se derivó la siguiente lista de variables:

- AMBIENTE: Aire, agua, suelo, zonas arboladas, áreas protegidas, etc.
- SALUD: De toda la población en general, incluyendo sobremanera la de los sectores más desprotegidos, ya sea por su condición y características, o por su inaccesibilidad a los servicios médicos.
- BIENESTAR: Afectaciones y molestias sobre los diferentes ámbitos en los que se congrega la población en general, casas-habitación, escuelas, hospitales, centros deportivos, etc.
- INFRAESTRUCTURA URBANA: Vialidad, servicios, parques y jardines.

Con la relación del conjunto de variables denominadas IMPACTANTES POTENCIALES DE LA INSTALACIÓN, se debe mencionar que para precisar sus componentes, fue necesario identificar a priori los agentes derivados de la operación de una ETRS, que potencialmente pueden generar algún riesgo sobre cada uno de los Elementos del Entorno Urbano, definidos anteriormente. Estos agentes se mencionan a continuación:

AMBIENTE:	Emisión de agentes contaminantes físicos, químicos y biológicos, que puedan llegar a contaminar el ambiente en general, en especial al aire y al suelo.
SALUD:	Generación de polvos, microorganismos y otros agentes físicos, químicos y biológicos, que pueden ir directamente al ser humano y a sus animales domésticos; o bien, dispersarse sobre los elementos del ambiente, en ocasiones en concentraciones por encima de los niveles normativos.
BIENESTAR:	Generación de polvos, ruido y olores. Alto flujo vehicular sobre vialidades secundarias. Dispersión de residuos sólidos en el ambiente. Afectación de la estética por las actividades propias de la instalación.
INFRAESTRUCTURA:	Afectación de la infraestructura vial (carpeta asfáltica, banquetas, guarderías, mobiliario urbano, etc.) Incremento de accidentes. Deterioro de la infraestructura hidráulica. Incremento del mantenimiento en los servicios complementarios.

De acuerdo con el listado anterior, las características propias de los sitios que pueden tener una cierta ingerencia para propiciar que los agentes de riesgo antes anotados, sean menos efectivos y más fácilmente controlables, se indica a continuación:

- Distancia de amortiguamiento a zonas habitadas
- Dirección e intensidad de vientos
- Pendiente de acceso al sitio
- Accesos viales al sitio
- Superficie disponible

Después del análisis anterior, se ve con claridad que entre las variables de los dos conjuntos mencionados, existe una cierta relación causa-efecto que puede ser identificada con un enfoque sistémico, para tratar de reducir al máximo la subjetividad que este tipo de valoraciones conllevan implícitamente.

Es así que entonces, puede proponerse a la teoría de juegos como marco metodológico para el análisis, con el fin de formular un juego de suma cero entre el HOMBRE y su ENTORNO, a través del cual ambos buscarán definir aquellas estrategias que respectivamente, les permitan obtener las máximas ganancias y las menores pérdidas. En este juego, el HOMBRE estará representado por el conjunto

de variables denominadas IMPACTANTES POTENCIALES DE LA INSTALACIÓN, ya que las componentes de este conjunto se refieren a las características de los sitios donde se pretende instalar una ETRS, cuya operación correrá por cuenta del HOMBRE, pudiendo esta operación modificar el estado actual que guarde el entorno urbano en los sitios factibles para ubicación de la ETRS. Asimismo, el conjunto de variables designado ELEMENTOS DEL ENTORNO URBANO, es obvio que representará al ENTORNO, ya que como se mencionó anteriormente, las variables que lo integran se refieren a los componentes del entorno urbano que pueden verse impactados con la operación de la ETRS. También es obvio que en este enfrentamiento, el HOMBRE fungirá como un Jugador Maximizante, pues con sus acciones o estrategias modificará al ENTORNO, mientras que éste último nunca alterará las estrategias del primero, puesto que siempre estará a la espera de que el HOMBRE lleve a cabo cualquiera de sus acciones. Con base en lo anterior, se puede concluir que permanentemente el HOMBRE buscará encontrar aquellas estrategias que maximicen sus ganancias; mientras que el ENTORNO por su parte, tratará de hallar las estrategias que minimicen sus pérdidas.

Aunque existen varios métodos para resolver un determinado juego, se propuso utilizar el de Newmann-Dantzig, el cual lo transforma en un problema lineal que puede ser resuelto por cualquiera de los algoritmos existentes para ello.

Para lograr lo anterior, es necesario plantear el juego a través de una MATRIZ DE PAGOS, que relacione los dos conjuntos de variables, el primero con las acciones del HOMBRE, (impactantes potenciales de la instalación); y el segundo con las acciones del ENTORNO (elementos del entorno urbano)

Se deberá obtener por cada uno de los sitios que se pretendan analizar, una matriz de pagos, la cual se formará mediante la multiplicación de dos matrices, una que engloba el impacto de las acciones que el HOMBRE tiene sobre los elementos de ENTORNO (matriz de contribuciones proporcionales); y la otra que reúne la CALIFICACIÓN de cada uno de los impactantes

Esta matriz que será la misma para cualquier sitio que se pretenda analizar, se construyó promediando los valores de contribución reportados por diferentes profesionistas con distintas especialidades, tanto del ramo de la ingeniería, como de las ciencias sociales. En todo caso, si no se está de acuerdo con los valores reportados en la tabla 3.2, éstos pueden ser modificados aplicando el criterio que se crea más conveniente. La afectación de los elementos del ENTORNO por los impactantes considerados, presentan los siguientes porcentajes.

- BIENESTAR	(34%)
- AMBIENTE	(18%)
- INFRAESTRUCTURA URBANA	(24%)
- SALUD	(24%)
<b>SUMA</b>	<b>(100%)</b>

Cuadro 3.2  
Matriz de contribución proporcional de los impactantes sobre los elementos del entorno urbano

Impactantes Elem. urbanos	Distancia amortiguamiento	Vientos	Pends. accesos	Accesos viales	Superficie	$\Sigma$	(%)
Bienestar	0.6	0.3	0.2	0.3	0.3	1.7	0.34
Ambiente		0.3	0.4	0.1	0.1	0.9	0.18
Infraestructura urbana			0.1	0.6	0.5	1.2	0.24
Salud	0.4	0.4	0.3		0.1	1.2	0.24
$\Sigma$	1	1	1	1	1	5	1.00

La segunda MATRIZ DE CALIFICACIÓN de los impactantes, la cual será específica para cada uno de los sitios que se incluyan en el análisis, se construyó a partir de la evaluación de las características de los sitios considerados, mediante la aplicación de ciertas funciones de sensibilidad, cuyos tipos y límites se fijaron con base en el comportamiento del impactante y tomando como fundamento la normatividad y criterios de afectación ambiental.

Los tipos de función, fundamentos de límites y expresiones matemáticas que identifican a las funciones de sensibilidad utilizadas, se presentan en la tabla 3.3, mientras que en las figuras 3.5 y 3.6 se ilustran en forma gráfica dichas funciones, así como sus valores numéricos.

El objetivo de utilizar las funciones de sensibilidad es eliminar al máximo la subjetividad al calificar cada uno de los impactantes considerados.

Finalmente el producto de la MATRIZ DE CALIFICACIÓN por la MATRIZ DE CONTRIBUCIONES PROPORCIONALES, dará origen a la MATRIZ DE PAGOS del sitio que se trate; en la cual los valores de cada renglón, constituirán los coeficientes de las restricciones del problema lineal en que se transformará dicha matriz de pagos, según la metodología de Newmann-Dantzig, que se describe a continuación:

- Se toman las cifras reportadas en la Matriz de Pagos; ordenándolas por renglones.
- Se formula un primer cuadro inicial de restricciones, una por cada renglón de la Matriz de Pagos. La formulación incluirá que las restricciones sean desigualdades mayor o igual comparadas con un cierto valor del juego V
- Se agregan variables de holgura a las restricciones, para convertirlas en igualdades.
- Se toma cualquiera de las restricciones del problema, para convertirla en función objetivo y para restarla de las demás restricciones

Este proceso de transformación, presenta finalmente un problema lineal que puede ser resuelto mediante la aplicación de las técnicas de programación lineal existentes en la actualidad.

Se requiere entonces, hallar aquella solución que optimice la función objetivo formulada en términos de maximización de las estrategias del jugador activo o maximizante, que en este caso es el HOMBRE, para identificar las acciones que mayormente impactarán al entorno. Los resultados que se obtendrán después de resolver el problema lineal, serán los siguientes:

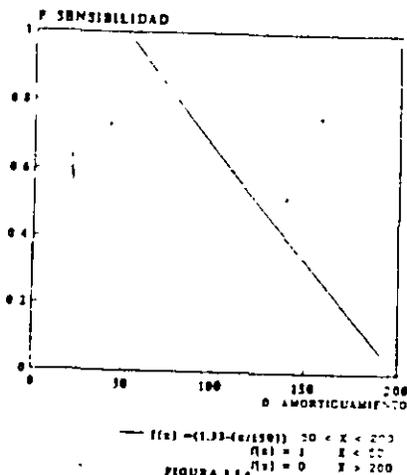
- Valor de la función objetivo, que será el valor del juego planteado
- Valores asignados a las variables consideradas que optimizan la función objetivo y cuya suma será igual a la unidad, con lo cual se intuye que los valores hallados, establecen la importancia que dichas variables tienen entre si.

De lo anterior, se desprende el hecho de que se obtendrá un valor del juego y una combinación de variables, por cada sitio considerado. El más adecuado será aquel que presente un menor valor del juego, ya que entre mayor sea el valor del juego o de la función objetivo, mayor será el impacto que sobre el entorno urbano generará la operación de la ETRS

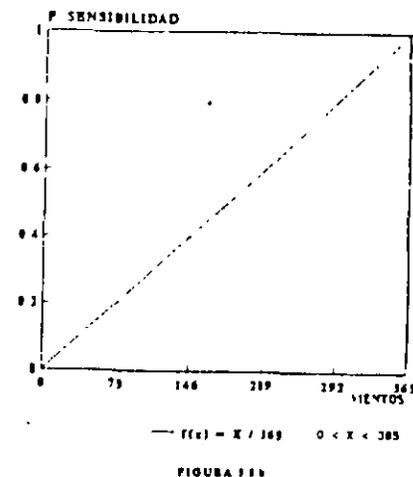
**Cuadro 3.3**  
Tipo, características y fundamentos de las funciones de sensibilidad propuestas

Impactante potencial	Tipo de función	Fundamentos de límites	Expresión de límites
Distancia de amortiguamiento	Lineal	La EPA recomendó una distancia mínima de 50 m. A distancias iguales o mayores a 200 m. Se asignó una calificación de 0	$f(x) = 1.33 \frac{x}{150}$ $50 < x < 200$ $f(x) = 1$ $x < 50$ $f(x) = 0$ $x \geq 200$
Vientos	Lineal	La calificación asignada corresponde al porcentaje de días de vientos desfavorables que inciden en cada sitio, entre el número de días del año	$f(x) = \frac{x}{365}$ $0 < x < 365$ $f(x) = 1$ $x = 365$ $f(x) = 0$ $x = 0$
Pendientes de acceso	Lineal	Pendientes menores de 3% no impactan (calif. = 0). Pendientes mayores del 12% son fuertemente impactantes (calif = 1).	$f(x) = \frac{x}{9} - 0.33$ $3 < x < 12$ $f(x) = 1$ $x \geq 12$ $f(x) = 0$ $x \leq 3$
Accesos viales	Lineal	Cuando se tenga un solo acceso se asigna una calif = 75. Cuando se tengan dos y tres accesos se asignan calificaciones respectivas de 0.5 y 0.25	$f(x) = 1 - \frac{x}{4}$ $0 < x < 4$
Superficie	Lineal	Cuando la relación de áreas necesaria entre área disponible sea de 0.20, se consideró una calif. = 0. Cuando la relación sea de 0.8, se asigna una calif = 1	$f(x) = \frac{x}{0.6} - 0.33$ $0.2 < x < 0.8$ $f(x) = 1$ $x > 0.8$ $f(x) = 0$ $x < 0.2$

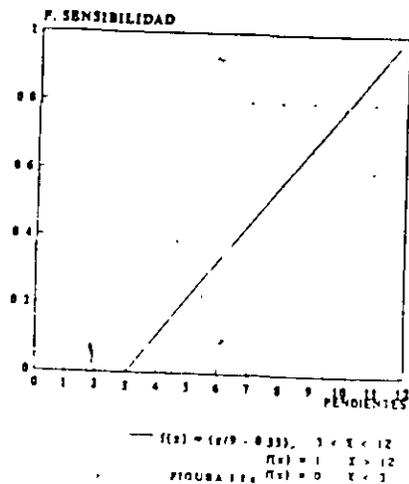
**FUNCION DE SENSIBILIDAD DISTANCIA DE AMORTIGUAMIENTO**



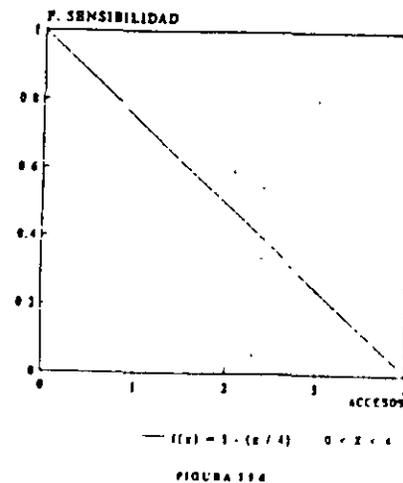
**FUNCION DE SENSIBILIDAD VIENTOS**



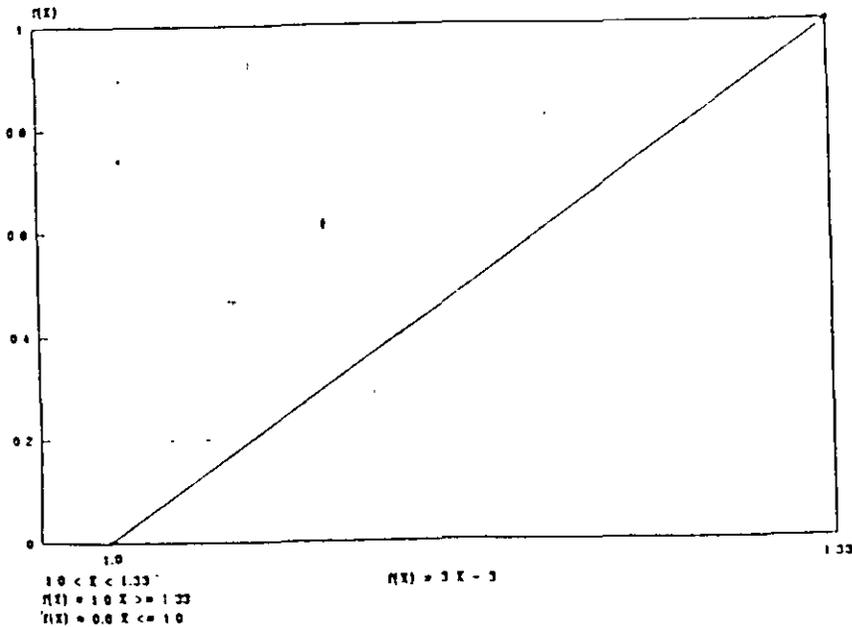
**FUNCION DE SENSIBILIDAD PENDIENTES**



**FUNCION DE SENSIBILIDAD ACCESOS**



Gráfica 3.6  
Función de sensibilidad de superficie



Aunado a lo anterior, esta metodología permite no solamente elegir el mejor sitio con base en el menor daño ambiental esperado durante la operación de la ETRS, sino también identificar con las variables primales, los impactos que pueden propiciar una situación ambiental crítica y su valor de importancia, así como los elementos del entorno que se pueden ver afectados y su valor de afectación, a través de las variables duales.

### 3.3 Ejemplo práctico para el emplazamiento de una estación de transferencia

#### 3.3.1 Definición de la región factible

La ubicación de la estación de transferencia, debe de estar lo más cerca posible del centro de gravedad de las zonas de recolección, a fin de disminuir la suma de recorridos de las rutas de recolección hasta la estación. Para la selección del sitio probable de ubicación de la estación de transferencia, se utiliza el método de momentos aplicado para las siguientes variables:

- Población
- Vialidades
- Generación
- Pendientes

El método de momentos consiste en definir la zona de estudio, dividiéndola en figuras geométricas localizando el centro de gravedad de cada una. Con lo anterior se determinan los momentos de transporte sobre un eje cartesiano cualquiera.

Ecuaciones de momentos

- A, B, C - Valores de las variables por aplicar
- a, b, c - Distancia al eje y - y'
- a, b, c - Distancia al eje x - x'

$$\bar{X} = \frac{Aa + Bb + Cc}{A+B+C} \quad \text{ec (3.3.1)}$$

$$\bar{Y} = \frac{Aa' + Bb' + Cc'}{A+B+C} \quad \text{ec (3.3.2)}$$

Dándonos para cada variable el punto óptimo de ubicación (X, Y)

La aplicación del Método de Momentos, se efectúa a partir de un sistema reticular con cuadros de 1 km<sup>2</sup> de superficie, sobrepuesta sobre la zona analizada; para después proceder a obtener los centros de gravedad de cada una de las cuadrículas y de las figuras irregulares en las zonas periféricas que no alcanzaban a ocupar toda el área de los cuadros de las cuadrículas. Estos centros de gravedad se refirieron a un sistema cartesiano. El inicio del eje se tomó para referenciar las distancias a los centros de gravedad de cada cuadrícula.

Este eje se puede ubicar de acuerdo a la cuadrícula que presenta los planos locales de cada ciudad.

Los cálculos se pueden efectuar mediante procedimientos computacionales. En las tablas 3.4 a 3.7, se presentan las corridas, mostrándose el cálculo y los resultados obtenidos para la determinación del centro de gravedad de cada una de las variables.

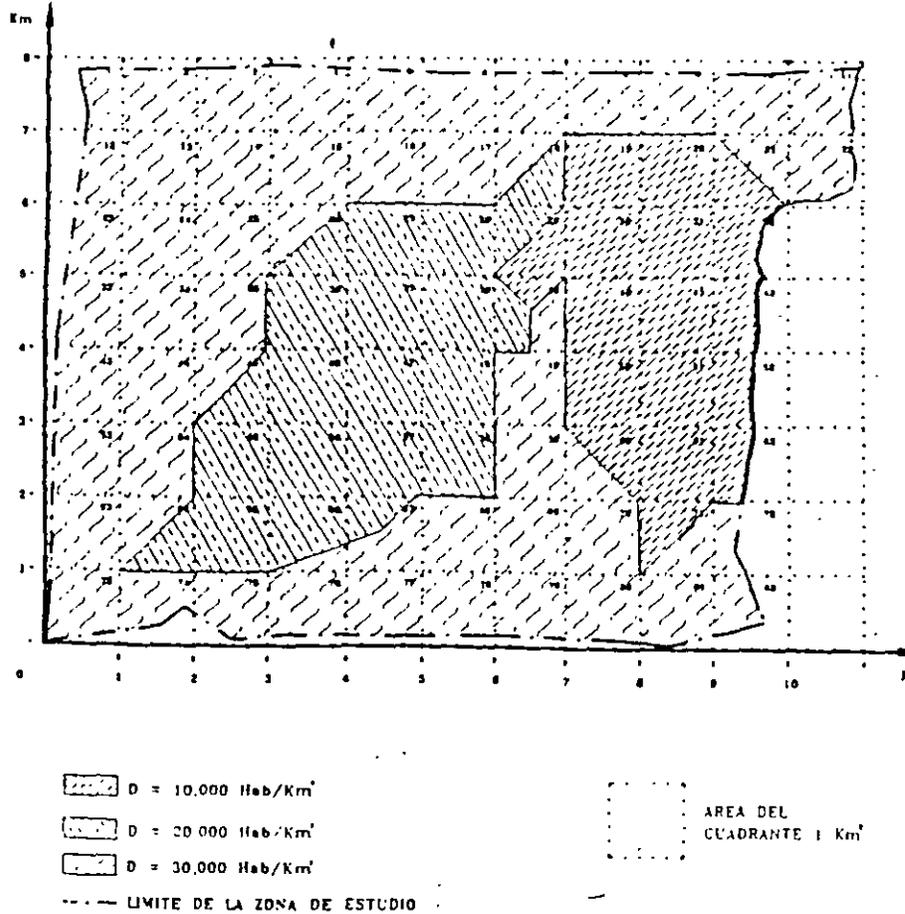
La descripción de los criterios empleados para la ubicación de los centros de gravedad para cada variable, se mencionan a continuación:

#### a) Población

En la aplicación del Método de Momentos para esta variable, se determina la población existente en cada una de las cuadrículas de la retícula, considerando las densidades de población establecidas. (Figura 3.7)

Estas poblaciones con sus correspondientes distancias a los ejes cartesianos, se sustituyen en las ecuaciones de momentos para determinar el centro de gravedad para la variable de población, el cual corresponde en el ejemplo al punto definido por las coordenadas X = 4.57, y Y = 4.08. (Tabla 3.4)

Gráfica 3.7  
Densidad de población



Cuadro 3.4  
Cálculo del centro de gravedad para la variable de población

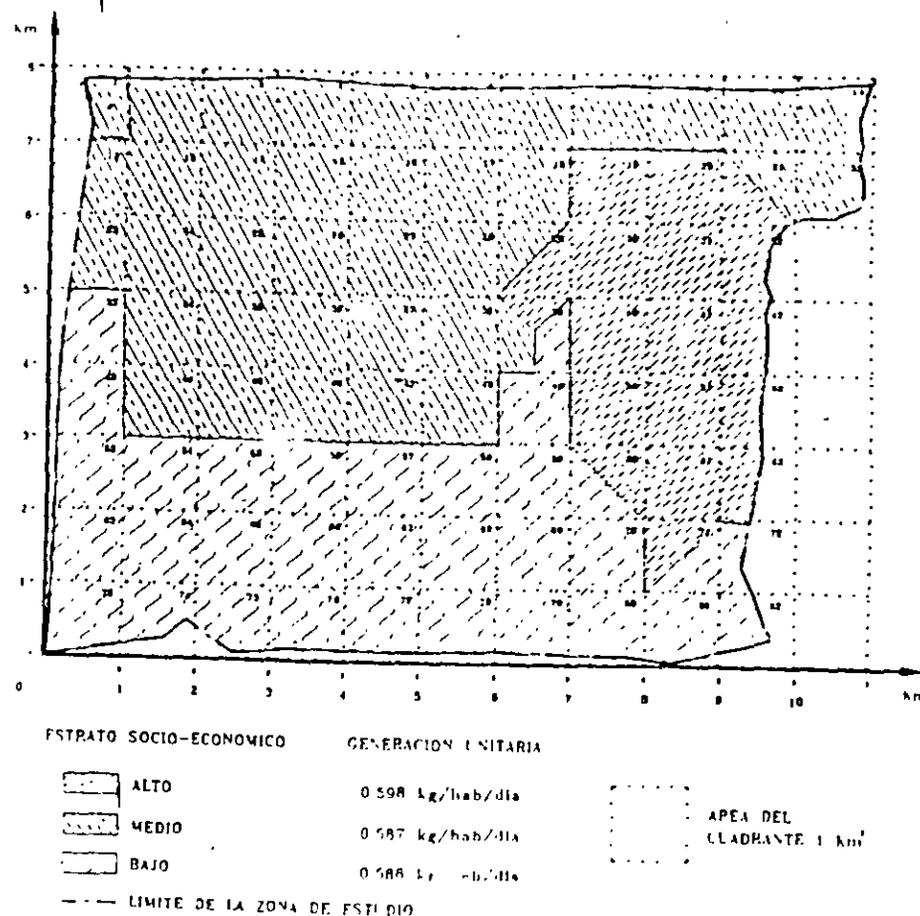
Sector	Densidad hab/km <sup>2</sup>	Porciento de llenado	Poblacion hab	Distancia X	Distancia Y
1	30,000 00	40.00	12 000	0 75	7 40
2	30,000 00	90 00	27,000	1 50	7 45
3	30,000 00	90 00	27,000	2 50	7 45
4	30,000 00	95 00	28,500	3 50	7 45
5	30,000 00	85 00	25,500	4 50	7 45
6	30,000 00	80 00	24 000	5 50	7 45
7	30,000 00	80 00	24 000	6 50	7 45
8	30,000 00	80 00	24,000	7 50	7 45
9	30,000 00	80 00	24,000	8 50	7 45
10	30,000 00	75 00	22,500	9 50	7 45
11	30,000 00	90 00	27 000	10 50	7 45
12	30,000 00	60 00	18,000	0 75	6 40
13	30,000 00	100 00	30 000	1 50	6 50
14	30,000 00	100 00	30,000	2 50	6 50
15	30,000 00	100 00	30,000	3 50	6 50
16	30,000 00	100 00	30 000	4 50	6 50
17	30,000 00	100 00	30 000	5 50	6 50
18	20,000 00	100 00	20,000	6 50	6 50
19	10,000 00	100 00	10,000	7 50	6 50
20	10,000 00	100 00	10,000	8 50	6 50
21	10,000 00	100 00	10,000	9 50	6 50
22	30,000 00	70 00	21,000	10 40	6 60
23	30,000 00	70 00	21,000	0 62	5 35
24	30,000 00	100 00	30,000	1 50	5 50
25	30,000 00	100 00	30 000	2 50	5 50
26	20,000 00	100 00	20,000	3 50	5 50
27	20,000 00	100 00	20,000	4 50	5 50
28	20,000 00	100 00	20,000	5 50	5 50
29	10,000 00	100 00	10 000	6 50	5 50
30	10,000 00	100 00	10 000	7 50	5 50
31	10,000 00	100 00	10,000	8 50	5 50
32	10,000 00	65 00	6 500	9 25	5 55
33	30,000 00	80 00	24 000	0 58	4 40
34	30,000 00	100 00	30,000	1 50	4 50
35	30,000 00	100 00	30 000	2 50	4 50
36	20 000 00	100 00	20 000	3 50	4 50
37	20,000 00	100 00	20,000	4 50	4 50
38	20,000 00	100 00	20 000	5 50	4 50
39	30 000 00	100 00	30 000	6 50	4 50
40	10,000 00	100 00	10,000	7 50	4 50
41	10,000 00	100 00	10 000	8 50	4 50
42	10,000 00	60 00	6,000	9 25	4 50
43	30,000 00	90 00	27 000	0 55	3 50
44	30,000 00	100 00	30 000	1 50	3 50
45	20,000 00	100 00	20 000	2 50	3 50

**Cuadro 3.4**  
Cálculo del centro de gravedad para la variable de población  
(continuación)

Sector	Densidad hab/km <sup>2</sup>	Porcentaje de llenado	Población hab	Distancia X	Distancia Y
46	20.000.00	100.00	20.000	3.50	3.50
47	20.000.00	100.00	20.000	4.50	3.50
48	20.000.00	100.00	20.000	5.50	3.50
49	30.000.00	100.00	30.000	6.50	3.50
50	10.000.00	100.00	10.000	7.50	3.50
51	10.000.00	100.00	10.000	8.50	3.50
52	10.000.00	100.00	10.000	9.25	3.50
53	30.000.00	100.00	30.000	0.54	2.50
54	30.000.00	100.00	30.000	1.50	2.50
55	20.000.00	100.00	20.000	2.50	2.50
56	20.000.00	100.00	20.000	3.50	2.50
57	20.000.00	100.00	20.000	4.50	2.50
58	20.000.00	100.00	20.000	5.50	2.50
59	30.000.00	100.00	30.000	6.50	2.50
60	10.000.00	100.00	10.000	7.50	2.50
61	10.000.00	100.00	10.000	8.50	2.50
62	10.000.00	50.00	5.000	9.20	2.65
63	30.000.00	95.00	28.500	0.52	1.50
64	20.000.00	100.00	20.000	1.50	1.50
65	20.000.00	100.00	20.000	2.50	1.50
66	20.000.00	100.00	20.000	3.50	1.50
67	20.000.00	100.00	20.000	4.50	1.50
68	30.000.00	100.00	30.000	5.50	1.50
69	30.000.00	100.00	30.000	6.50	1.50
70	30.000.00	100.00	30.000	7.50	1.50
71	10.000.00	100.00	10.000	8.50	1.50
72	30.000.00	30.00	9.000	9.10	1.40
73	30.000.00	80.00	24.000	0.51	0.60
74	30.000.00	70.00	21.000	1.40	0.70
75	30.000.00	90.00	27.000	2.60	0.65
76	30.000.00	85.00	25.500	3.50	0.65
77	30.000.00	85.00	25.500	4.50	0.65
78	30.000.00	85.00	25.500	5.50	0.65
79	30.000.00	85.00	25.500	6.50	0.65
80	30.000.00	80.00	24.000	7.60	0.50
81	30.000.00	90.00	27.000	8.40	0.55
82	30.000.00	40.00	12.000	9.30	0.58
<b>SUMATORIA</b>			<b>1,728,500</b>		

Centroide	Coordenadas	
	X	Y
Población	4.57	4.08

**Gráfica 3.8**  
Generación domiciliar



b) Generación

Se zonifica la zona de acuerdo a la estratificación socio-económica establecida en la figura 3.8, de tal manera que conociendo la generación per cápita por estrato y la población calculada, se está en posibilidades de estimar una generación domiciliar de residuos sólidos, por cada cuadrícula de la retícula

Adicionalmente, se considera la generación de residuos sólidos de tipo especial, servicios comerciales, vía pública y otros, figura 3.9 existente en cada cuadrícula que componen la retícula, para determinar la generación total en kilogramos de cada una de ellas.

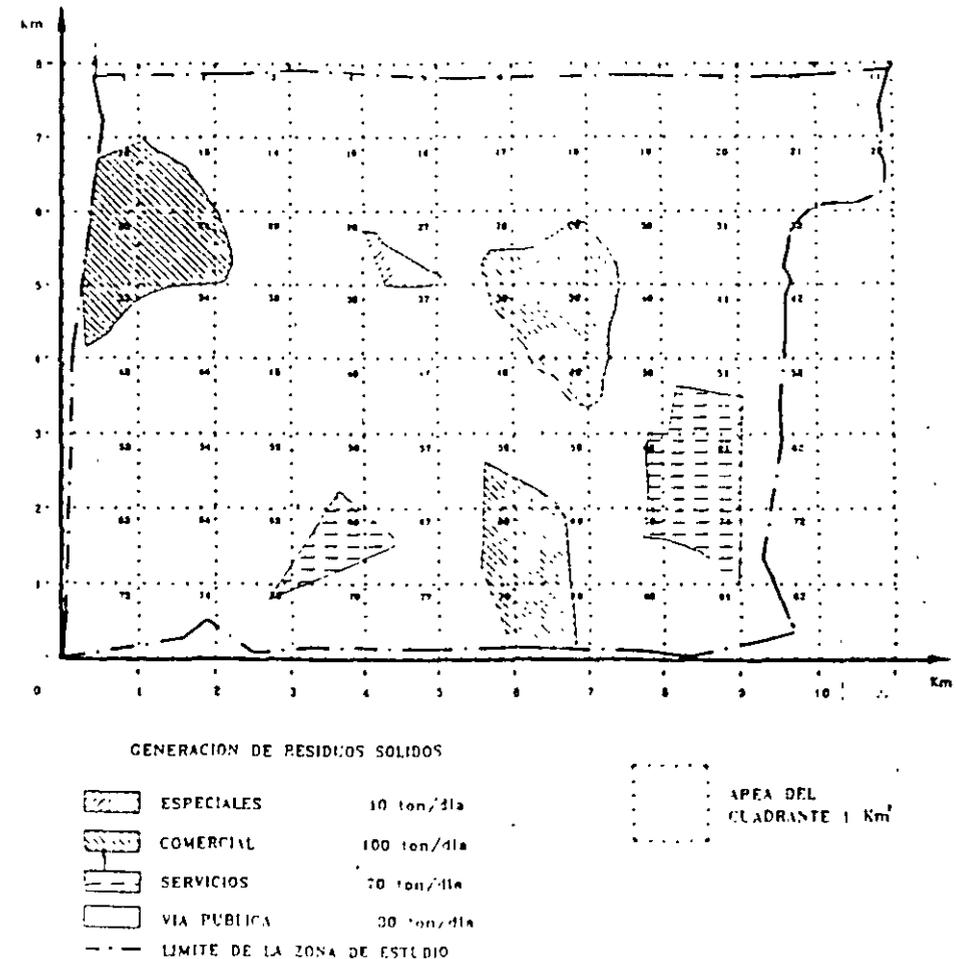
Esta generación, con sus correspondientes distancias a los ejes cartesianos, se sustituye en las ecuaciones de momentos para determinar el centro de gravedad de la variable de generación, el cual corresponde, en el ejemplo, al punto definido por las coordenadas  $X = 4.71$ ;  $Y = 3.97$  (Tabla 3.5)

c) Vialidades

La metodología consiste en localizar y ubicar (figura 3.10), la red vial primaria clasificándola en vías rápidas de acceso controlado y avenidas principales, como parte complementaria se localizará la red vial secundaria ubicando las calles colectivas y locales asignándolas a cada una, un factor de importancia con base en su nivel de flujo vehicular y capacidad de tránsito, como se muestra en la tabla 3.6.

Posteriormente, se suman los factores de importancia correspondientes al tipo y número de vialidades que atraviesan cada cuadrícula, para encontrar una cantidad que multiplicada por la población existente en cada una de ellas, nos determine el valor de la variable de vialidades para cada una de estas cuadrículas de la retícula

Gráfica 3.9  
Generación por fuente



Cuadro 3.5  
Cálculo del centro de gravedad para la variable de generación

Sector	Generación kg/día	Porcentaje de llenado	Distancia X	Distancia Y
1	7 21	40 00	0 75	7 40
2	16 21	90 00	1 50	7 45
3	16 21	90 00	2 50	7 45
4	17 11	95 00	3 50	7 45
5	15 31	85 00	4 50	7 45
6	14 41	80 00	5 50	7 45
7	14 41	80 00	6 50	7 45
8	14 41	80 00	7 50	7 45
9	14 41	80 00	8 50	7 45
10	13 51	75 00	9 50	7 45
11	16 21	90 00	10 50	7 45
12	17 81	60 00	0 75	6 40
13	24 02	100 00	1 50	6 50
14	18 02	100 00	2 50	6 50
15	18 02	100 00	3 50	6 50
16	18 02	100 00	4 50	6 50
17	18 02	100 00	5 50	6 50
18	15 08	100 00	6 50	6 50
19	6 39	100 00	7 50	6 50
20	6 39	100 00	8 50	6 50
21	12 28	100 00	9 50	6 50
22	12 61	70 00	10 40	6 60
23	20 61	70 00	0 62	5 35
24	30 02	100 00	1 50	5 50
25	18 02	100 00	2 50	5 50
26	15 08	100 00	3 50	5 50
27	22 15	100 00	4 50	5 50
28	14 15	100 00	5 50	5 50
29	17 29	100 00	6 50	5 50
30	9 39	100 00	7 50	5 50
31	6 39	100 00	8 50	5 50
32	4 15	65 00	9 25	5 55
33	19 39	80 00	0 58	4 40
34	18 02	100 00	1 50	4 50
35	18 02	100 00	2 50	4 50
36	12 15	100 00	3 50	4 50
37	12 15	100 00	4 50	4 50
38	13 15	100 00	5 50	4 50
39	24 36	100 00	6 50	4 50
40	10 39	100 00	7 50	4 50
41	6 39	100 00	8 50	4 50
42	3 83	60 00	9 25	4 50
43	6 19	90 00	0 55	3 50
44	18 02	100 00	1 50	3 50
45	15 08	100 00	2 50	3 50

Cuadro 3.5  
Cálculo del centro de gravedad para la variable de generación  
(continuación)

Sector	Generación kg/día	Porcentaje de llenado	Distancia X	Distancia Y
46	12 15	100 00	3 50	3 50
47	12 15	100 00	4 50	3 50
48	12 15	100 00	5 50	3 50
49	20 99	100 00	6 50	3 50
50	8 39	100 00	7 50	3 50
51	16 19	100 00	8 50	3 50
52	3 51	100 00	9 25	3 50
53	17 99	100 00	0 54	2 50
54	17 99	100 00	1 50	2 50
55	12 13	100 00	2 50	2 50
56	13 53	100 00	3 50	2 50
57	12 13	100 00	4 50	2 50
58	15 13	100 00	5 50	2 50
59	19 99	100 00	6 50	2 50
60	15 75	100 00	7 50	2 50
61	25 29	100 00	8 50	2 50
62	3 19	50 00	9 20	2 65
63	17 09	95 00	0 52	1 50
64	15 06	100 00	1 50	1 50
65	12 83	100 00	2 50	1 50
66	27 30	100 00	3 50	1 50
67	16 23	100 00	4 50	1 50
68	22 99	100 00	5 50	1 50
69	25 99	100 00	6 50	1 50
70	20 09	100 00	7 50	1 50
71	24 85	100 00	8 50	1 50
72	5 40	30 00	9 10	1 40
73	16 39	80 00	0 51	0 60
74	12 59	70 00	1 40	0 70
75	23 19	90 00	2 60	0 65
76	15 29	85 00	3 50	0 65
77	15 29	85 00	4 50	0 65
78	15 29	85 00	5 50	0 65
79	23 29	85 00	6 50	0 65
80	14 39	80 00	7 60	0 60
81	16 19	90 00	8 40	0 55
82	7 19	40 00	9 30	0 58

SUMA (1,256 02)  
12/16 → 2

Centroide	Coordenadas	
	X	Y
Generación	4 71	3 97

1 75

El criterio para considerar esta variable, fue dar mayor prioridad a las áreas de la zona que cuenten con una mejor infraestructura vial para facilitar el acceso y salida de vehículos de recolección y transferencia a la estación.

Los valores de la variable de vialidades, con sus correspondientes distancias a los ejes cartesianos, se sustituyeron en las ecuaciones de momentos, para determinar el centro de gravedad para la variable de vialidades, el cual correspondió al punto definido por las coordenadas  $X= 4.87$ ,  $Y= 4.13$ . (Cuadro 3.7).

Cuadro 3.6

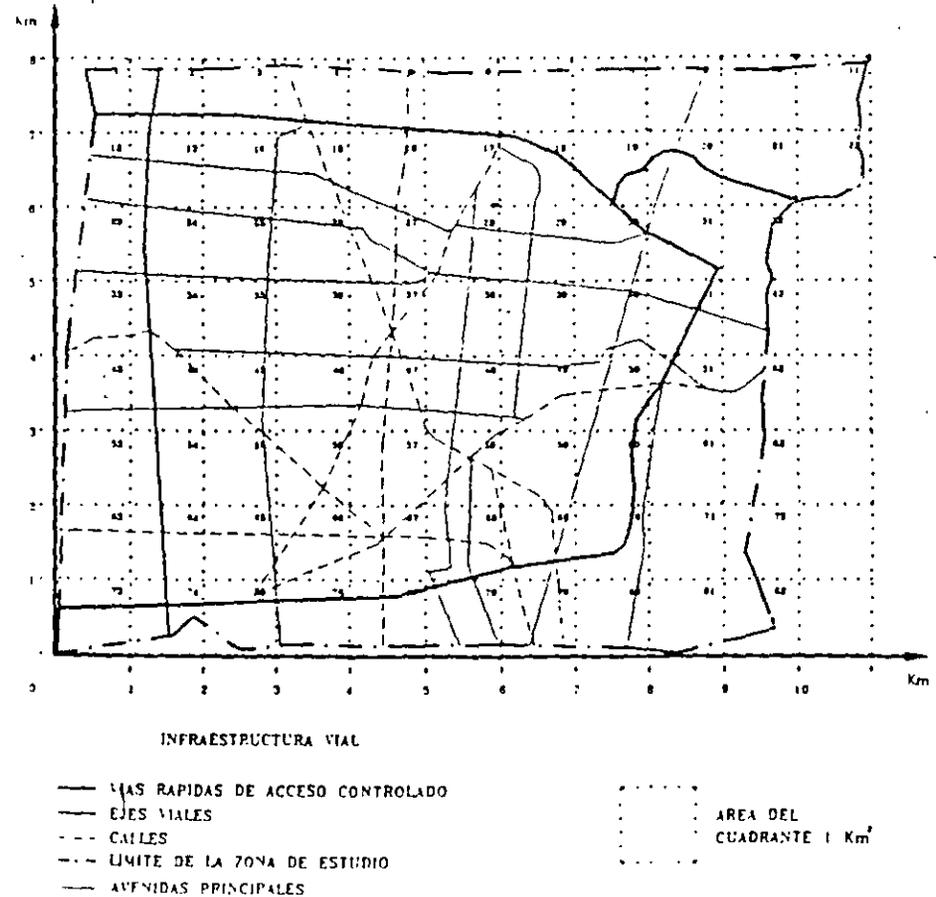
Tipo de vialidad	Factor de importancia
Vías rápidas	1
Ejes viales	.75
Avenidas principales	50
Calles principales	25

d) Pendientes

Se empleó el criterio de considerar como pendiente óptima el rango comprendido entre 0 y 5%, y como pendiente crítica del 5 al 8%. Bajo estas premisas se obtuvo una función ( $Y= 1.067 - 0.133X$ ), que relaciona un factor de importancia (Y), con el valor de la pendiente (X) en por ciento, de cada cuadrícula de la red (Figura 3.11).

Para obtener las pendientes, se consideran primeramente las curvas de nivel de la zona, para posteriormente estimar las particulares de cada cuadrícula, a partir de la curva de nivel más baja, las cuales se sustituyen en la ecuación antes descrita, para encontrar una cantidad que nos determine el valor de la variable de pendientes para cada una de estas cuadrículas de la red (Figura 3.12).

Gráfica 3.10  
Localización de la red vial



**Cuadro 3.7**  
Cálculo del centro de gravedad para la variable de vialidades

Sector	Vialidad	Porcentaje de llenado	Distancia X	Distancia Y
1	1 00	40 00	0 75	7 40
2	1 75	90 00	1 50	7 45
3	1 00	90 00	2 50	7 45
4	1 75	95 00	3 50	7 45
5	1 25	85 00	4 50	7 45
6	1 00	80 00	5 50	7 45
7	0 00	80 00	6 50	7 45
8	0 00	80 00	7 50	7 45
9	0 50	80 00	8 50	7 45
10	0 00	75 00	9 50	7 45
11	0 00	90 00	10 50	7 45
12	1 00	60 00	0 75	6 40
13	1 75	100 00	1 50	6 50
14	1 00	100 00	2 50	6 50
15	1 25	100 00	3 50	6 50
16	0 75	100 00	4 50	6 50
17	1 75	100 00	5 50	6 50
18	1 50	100 00	6 50	6 50
19	2 00	100 00	7 50	6 50
20	1 50	100 00	8 50	6 50
21	1 00	100 00	9 50	6 50
22	0 00	70 00	10 40	6 60
23	0 50	70 00	0 62	5 35
24	1 25	100 00	1 50	5 50
25	1 50	100 00	2 50	5 50
26	1 25	100 00	3 50	5 50
27	2 00	100 00	4 50	5 50
28	1 75	100 00	5 50	5 50
29	1 50	100 00	6 50	5 50
30	2 00	100 00	7 50	5 50
31	1 50	100 00	8 50	5 50
32	0 00	65 00	9 25	5 55
33	0 25	80 00	0 58	4 40
34	1 50	100 00	1 50	4 50
35	1 00	100 00	2 50	4 50
36	1 00	100 00	3 50	4 50
37	1 25	100 00	4 50	4 50
38	0 50	100 00	5 50	4 50
39	1 00	100 00	6 50	4 50
40	1 50	100 00	7 50	4 50
41	2 00	100 00	8 50	4 50
42	0 50	60 00	9 25	4 50
43	0 50	90 00	0 55	3 50
44	1 50	100 00	1 50	3 50
45	1 25	100 00	2 50	3 50

**Cuadro 3.7**  
Cálculo del centro de gravedad para la variable de vialidades  
(continuación)

Sector	Vialidad	Porcentaje de llenado	Distancia X	Distancia Y
46	0 50	100 00	3 50	3 50
47	1 75	100 00	4 50	3 50
48	1 50	100 00	5 50	3 50
49	1 75	100 00	6 50	3 50
50	2 25	100 00	7 50	3 50
51	2 25	100 00	8 50	3 50
52	0 50	100 00	9 25	3 50
53	0 00	100 00	0 54	2 50
54	0 75	100 00	1 50	2 50
55	0 50	100 00	2 50	2 50
56	0 50	100 00	3 50	2 50
57	0 25	100 00	4 50	2 50
58	1 75	100 00	5 50	2 50
59	0 75	00 00	6 50	2 50
60	1 50	100 00	7 50	2 50
61	0 50	100 00	8 50	2 50
62	0 00	50 00	9 20	2 65
63	0 25	95 00	0 52	1 50
64	1 00	100 00	1 50	1 50
65	1 00	100 00	2 50	1 50
66	0 75	100 00	3 50	1 50
67	0 75	100 00	4 50	1 50
68	2 25	100 00	5 50	1 50
69	2 25	100 00	6 50	1 50
70	1 50	100 00	7 50	1 50
71	0 00	100 00	8 50	1 50
72	0 00	30 00	9 10	1 40
73	1 00	80 00	0 51	0 60
74	1 75	70 00	1 40	0 70
75	1 50	90 00	2 60	0 65
76	1 50	85 00	3 50	0 65
77	1 25	85 00	4 50	0 65
78	2 00	85 00	5 50	0 65
79	1 00	85 00	6 50	0 65
80	0 50	80 00	7 60	0 60
81	0 00	90 00	8 40	0 55
82	0 00	40 00	9 30	0 58

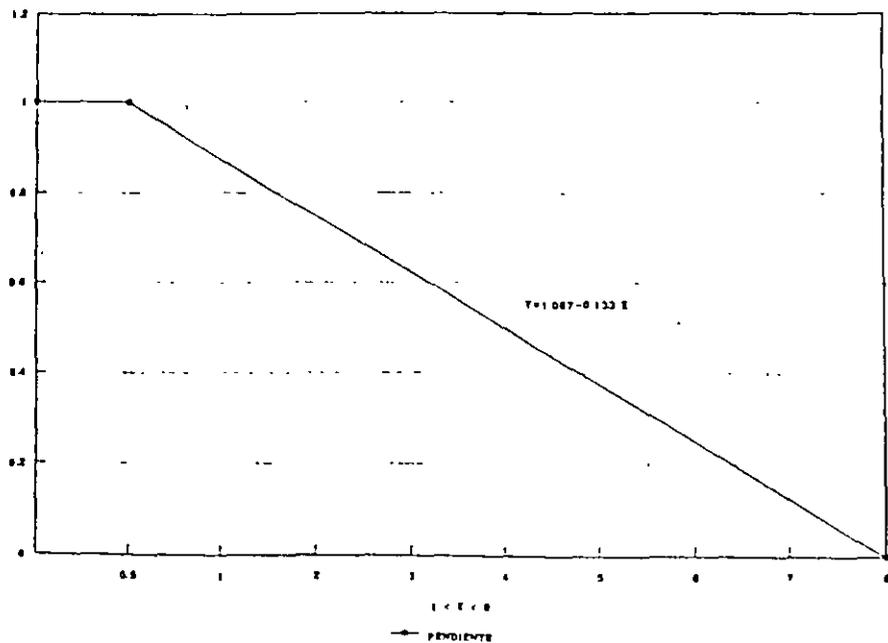
Centroide	Coordenadas	
	X	Y
Vialidad	4 87	4 13

Los valores de la variable pendientes, con sus correspondientes distancias a los ejes cartesianos, se sustituyen en las ecuaciones de momentos, para determinar el centro de gravedad de la variable de pendientes, el cual correspondió al punto definido por las coordenadas  $X= 5.18$ ;  $Y= 4.10$ . (Tabla 3.8).

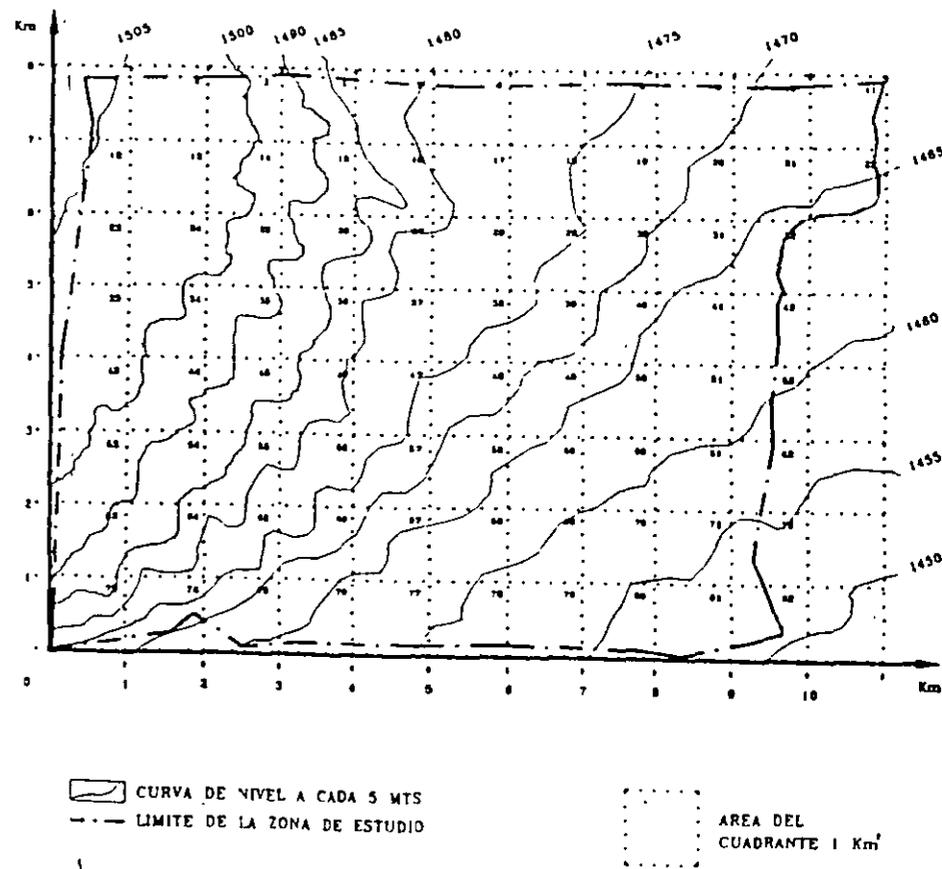
Una vez definidos los centroides de cada una de las variables, se procede a la unión de los mismos, formando una figura geométrica, a la que se le calcula el centro de gravedad, el cual viene siendo el centroide general de cálculo. (Figura 3.13)

El centroide se ubica físicamente en el plano, a partir de este punto se radian círculos concéntricos con el objeto de localizar predios que reúnan las características para la construcción de la estación de transferencia, los radios considerados son de 500, 1,000, 1,500 y 2,000 m. como se puede observar en la figura 3.14

Gráfica 3.11  
Factor de importancia de pendiente



Gráfica 3.12  
Localización de curvas de nivel



Cuadro 3.8  
Cálculo del centro de gravedad para la variable de pendientes

Sector	Pendiente kg/día	Por ciento de llenado	Distancia X	Distancia Y
1	1.00	40.00	0.75	7.40
2	1.00	90.00	1.50	7.45
3	0.93	90.00	2.50	7.45
4	0.93	95.00	3.50	7.45
5	1.00	85.00	4.50	7.45
6	1.00	80.00	5.50	7.45
7	1.00	80.00	6.50	7.45
8	1.00	80.00	7.50	7.45
9	1.00	80.00	8.50	7.45
10	1.00	75.00	9.50	7.45
11	1.00	90.00	10.50	7.45
12	1.00	60.00	0.75	6.40
13	1.00	100.00	1.50	6.50
14	0.93	100.00	2.50	6.50
15	0.93	100.00	3.50	6.50
16	1.00	100.00	4.50	6.50
17	1.00	100.00	5.50	6.50
18	1.00	100.00	6.50	6.50
19	1.00	100.00	7.50	6.50
20	1.00	100.00	8.50	6.50
21	1.00	100.00	9.50	6.50
22	1.00	70.00	10.40	6.60
23	1.00	70.00	0.62	5.35
24	1.00	100.00	1.50	5.50
25	0.93	100.00	2.50	5.50
26	0.93	100.00	3.50	5.50
27	1.00	100.00	4.50	5.50
28	1.00	100.00	5.50	5.50
29	1.00	100.00	6.50	5.50
30	1.00	100.00	7.50	5.50
31	1.00	100.00	8.50	5.50
32	1.00	65.00	9.25	5.55
33	1.00	80.00	0.58	4.40
34	0.93	100.00	1.50	4.50
35	0.93	100.00	2.50	4.50
36	0.93	100.00	3.50	4.50
37	0.93	100.00	4.50	4.50
38	1.00	100.00	5.50	4.50
39	1.00	100.00	6.50	4.50
40	1.00	100.00	7.50	4.50
41	1.00	100.00	8.50	4.50
42	1.00	60.00	9.25	4.50
43	1.00	90.00	0.55	3.50
44	0.93	100.00	1.50	3.50
45	0.93	100.00	2.50	3.50

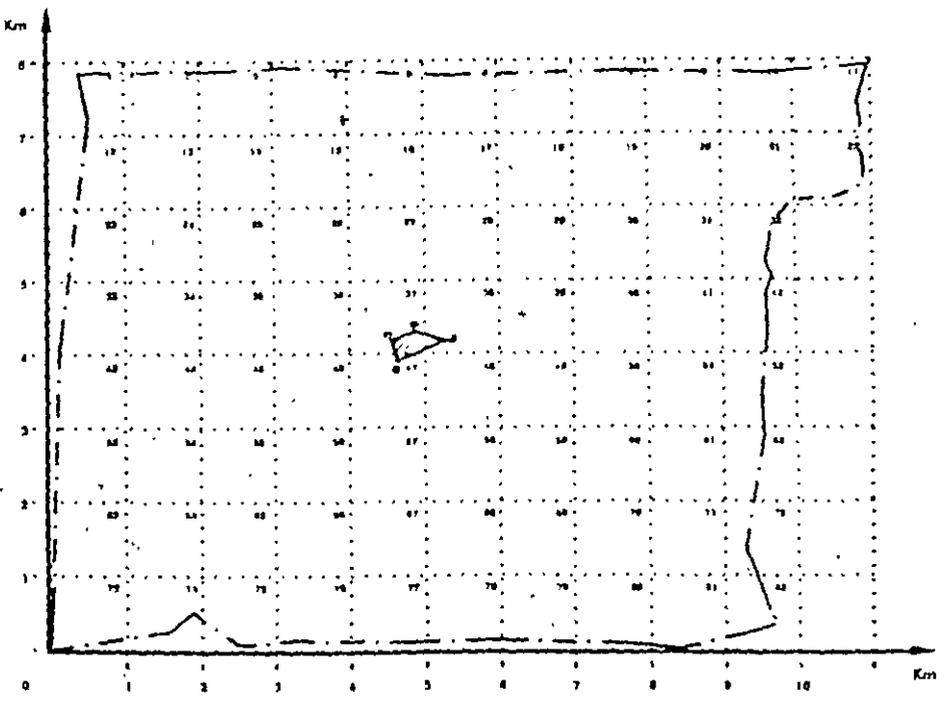
Cuadro 3.8  
Cálculo del centro de gravedad para la variable de pendientes  
(continuación)

Sector	Pendiente kg/día	Por ciento de llenado	Distancia X	Distancia Y
46	0.93	100.00	3.50	3.50
47	0.93	100.00	4.50	3.50
48	1.00	100.00	5.50	3.50
49	1.00	100.00	6.50	3.50
50	1.00	100.00	7.50	3.50
51	1.00	100.00	8.50	3.50
52	1.00	100.00	9.25	3.50
53	1.00	100.00	0.54	2.50
54	0.93	100.00	1.50	2.50
55	0.93	100.00	2.50	2.50
56	0.93	100.00	3.50	2.50
57	0.93	100.00	4.50	2.50
58	0.93	100.00	5.50	2.50
59	1.00	100.00	6.50	2.50
60	1.00	100.00	7.50	2.50
61	1.00	100.00	8.50	2.50
62	1.00	50.00	9.20	2.65
63	0.93	95.00	0.52	1.50
64	0.93	100.00	1.50	1.50
65	0.93	100.00	2.50	1.50
66	0.93	100.00	3.50	1.50
67	0.93	100.00	4.50	1.50
68	1.00	100.00	5.50	1.50
69	1.00	100.00	6.50	1.50
70	1.00	100.00	7.50	1.50
71	1.00	100.00	8.50	1.50
72	1.00	30.00	9.10	1.40
73	0.93	80.00	0.51	0.60
74	0.93	70.00	1.40	0.70
75	0.93	90.00	2.60	0.65
76	0.93	85.00	3.50	0.65
77	1.00	85.00	4.50	0.65
78	1.00	85.00	5.50	0.65
79	1.00	85.00	6.50	0.65
80	1.00	80.00	7.60	0.60
81	1.00	90.00	8.40	0.55
82	1.00	40.00	9.30	0.58

Centroide	Coordenadas	
	X	Y
Pendiente	5.18	4.10

... todos los sitios factibles para la ubicación de la estación de  
... más idóneo, basada en la

Gráfica 3.10  
Definición de la región factible



- D CENTROIDE DE POBLACION
- D CENTROIDE DE GENERACION
- D CENTROIDE DE VIALIDAD
- D CENTROIDE DE PENDIENTES
- LÍMITE DE LA REGION FACTIBLE
- LÍMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO

  AREA DEL CUADRANTE 1 Km<sup>2</sup>

Gráfica 3.14  
Envolturas de la región factible



### 3.3.2 Evaluación y selección del sitio

Una vez definido el polígono que delimita la zona de conveniencia para la ubicación de la estación de transferencia se efectúa una detallada inspección de la zona de conveniencia, para identificar los sitios factibles de ubicación.

Del recuento que se realiza en campo se identifican los sitios factibles para la ubicación de una infraestructura como la estación de transferencia.

Para el ejemplo, se consideraron 4 sitios, la ubicación de éstos se muestra en la figura 3.14 y las características de cada uno de ellos se presenta a continuación en la tabla 3.9.

**Cuadro 3.9**  
**Características de los sitios**

Factores de campo	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4
Distancia de amortiguamiento	30 m	20 m	230 m	160 m
Vientos	32 días oeste 37 días norte 296 días calma	32 días oeste 37 días norte 296 días calma	32 días oeste 37 días norte 296 días calma	32 días oeste 37 días norte 296 días calma
Pendientes	8 %	5 %	3.5 %	7 %
No. de accesos al sitio	1	2	2	1
Superficie requerida	9000 ----- = 1.08	9000 ----- = 1.29	9000 ----- = 0.75	9000 ----- = 0.86
Superficie disponible	8500	7000	12000	10500
Topografía	Accidentado	Semiplano	Plano	Accidentado
Prof. del manto acuífero	100 M	85 M	85 M	90 M
Nivel topográfico	2340	2305	2300	2320
Nivel del acuífero	2240	2220	2215	2230
Colindancias	Unidad habit. Industrias	Centro comunitario habitacional Inst. deportiva	Industria	Industria Campamento R-100
Uso de suelo	Habitacional Industrial mezclada Servicios	Áreas verdes	Industrial vecina	Habitacional Servicios básicos
Sitio de disposición final	64.2 Km	57.9 Km	57.3 Km	58.2 Km
Ubicación				

Una vez identificados los sitios factibles para la ubicación de la estación de transferencia, se aplica la metodología para seleccionar el más idóneo, basada en la teoría de juegos, estableciendo el juego entre dos adversarios (hombre y naturaleza), donde ambos buscan definir aquellas estrategias que les permitan maximizar y minimizar sus ganancias y pérdidas respectivamente, dichas estrategias podrán alcanzarse si se toman en cuenta las afectaciones que sufrirán cada uno de los elementos del entorno urbano por la incidencia de los elementos impactantes de la estación de transferencia.

Para lograr lo anterior, el juego se establece mediante una Matriz de pagos que relaciona dos conjuntos: uno con las acciones del hombre representados por la estación de transferencia que causan impacto en el entorno urbano, y el otro con los elementos de dicho entorno que pueden ser impactados.

De acuerdo con lo anterior, las acciones del hombre a través de la estación de transferencia, están definidas por una serie de parámetros cuantificables que identifiquen las características que tendrá la estación según sea el sitio considerado; mientras que las estrategias de la naturaleza que se emplearán en la matriz de pagos, serán los elementos del entorno urbano.

Para poder establecer el juego entre la Estación de Transferencia y el Entorno Urbano se seleccionarán como Impactantes de la Estación, los componentes mencionados anteriormente, que son los siguientes:

- Distancia de amortiguamiento a zonas habitadas
- Dirección e incidencia de vientos
- Pendientes de acceso a la estación
- Accesos viales a la estación
- Superficie disponible

Estos factores involucran la totalidad de los eventos que intervienen en la operación de una estación de transferencia y que están relacionadas íntimamente con el entorno urbano.

Por otro lado, como elementos del entorno urbano, se considera a los siguientes: bienestar; ambiente; infraestructura vial; salud e imagen urbana.

Estos son los que principalmente se pueden ver modificados por la implantación de una estación de transferencia.

Ahora bien, LA MATRIZ DE PAGOS se formó a partir del producto de dos matrices, la matriz de CONTRIBUCIONES PROPORCIONALES de los impactantes de la estación de transferencia a los elementos del entorno urbano y la matriz de CALIFICACIÓN de los impactantes de la estación de transferencia. La tabla 3.10 se construye evaluando el efecto de cada uno de los impactantes de la estación de transferencia de cada uno de los elementos del entorno urbano considerados. Para evaluar numéricamente estos efectos se hace necesario uno de los elementos del entorno urbano, de tal manera que volviendo al ejemplo anterior, una escasa distancia de amortiguamiento afectaría en un 60% al bienestar y 40% a la salud, de la misma forma que la incidencia de vientos afecta en un 40% a la salud, un 30% al ambiente y un 30% al bienestar.

La matriz de CALIFICACIÓN de los impactantes, tabla 3.10, se formó a partir de la evaluación de las características de los sitios, tabla 3.9, mediante funciones de sensibilidad, cuyos tipos y límites corresponden a las características específicas de la región. Estos límites se fijaron con fundamento a la normatividad existente y a criterios de afectación ambiental.

**Cuadro 3.10**  
**Matriz de calificaciones**

Impactante potencial	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4
Distancia de amortiguamiento	1.00	1.00	0.00	0.27
Vientos	0.19	0.19	0.19	0.19
Pendientes de acceso	0.56	0.23	0.06	0.45
Accesos viales	0.75	0.50	0.50	0.75
Superficie	0.00	0.00	0.42	0.23

Finalmente el producto de la matriz de calificación por la matriz de contribuciones proporcionales, dió origen a la matriz de pagos; en la cual cada región constituye los coeficientes de las restricciones empleadas en la aplicación del método Newman-Dantzing. En las tablas 3.11 a 3.14, se presentan las matrices de pagos, para cada uno de los sitios analizados.

**Cuadro 3.11**  
**Matriz de pagos**  
**Sitio 1**

Impactantes Elem. urbanos	Distancia de amort.	Vientos	Pends. acceso	Accesos viales	Superficie
Bienestar	0.600	0.057	0.112	0.225	0.00
Ambiente	0.00	0.057	0.224	0.075	0.00
Infraestructura urbana	0.00	0.00	0.056	0.450	0.00
Salud	0.400	0.076	0.168	0.00	0.00

**Cuadro 3.12**  
**Matriz de pagos**  
**Sitio 2**

Impactantes Elementos del entorno urbanos	Distancia de amort.	Vientos	Pends. acceso	Accesos viales	Superficie
Bienestar	0.600	0.057	0.046	0.150	0.00
Ambiente	0.00	0.057	0.092	0.05	0.00
Infraestructura urbana	0.00	0.00	0.023	0.300	0.00
Salud	0.40	0.076	0.069	0.00	0.00

**Cuadro 3.13**  
**Matriz de pagos**  
**Sitio 3**

Impactantes Elementos del entorno urbanos	Distancia de amort.	Vientos	Pends. acceso	Accesos viales	Superficie
Bienestar	0.00	0.057	0.012	0.150	0.126
Ambiente	0.00	0.057	0.024	0.050	0.042
Infraestructura urbana	0.00	0.00	0.006	0.300	0.210
Salud	0.00	0.076	0.018	0.000	0.042

**Cuadro 3.14**  
**Matriz de pagos**  
**Sitio 4**

Impactantes Elementos del entorno urbanos	Distancia de amort.	Vientos	Pends. acceso	Accesos viales	Superficie
Bienestar	0.156	0.057	0.090	0.225	0.069
Ambiente	0.00	0.057	0.180	0.075	0.023
Infraestructura urbana	0.00	0.00	0.045	0.450	0.115
Salud	0.104	0.076	0.135	0.00	0.023

Para resolver la matriz de pagos, se empleó un programa de computadora que resuelve problemas de programación lineal mediante el método simplex. Se plantean las ecuaciones a partir de la matriz de pagos, de la siguiente manera:

### Sitio 1

Se obtiene un sistema de ecuaciones, a partir de la matriz de pagos.

#### Sistema de ecuaciones.

$$\begin{aligned} 0.600X_1 + 0.057X_2 + 0.112X_3 + 0.225X_4 + 0X_5 &\geq r \\ 0.000X_1 + 0.057X_2 + 0.224X_3 + 0.075X_4 + 0X_5 &\geq r \\ 0.000X_1 + 0.000X_2 + 0.056X_3 + 0.450X_4 + 0X_5 &\geq r \\ 0.400X_1 + 0.076X_2 + 0.168X_3 + 0.000X_4 + 0X_5 &\geq r \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 &= 1 \\ \forall X_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Restando variables de holgura no negativos tenemos:

$$\begin{aligned} 0.600X_1 + 0.057X_2 + 0.112X_3 + 0.225X_4 + 0X_5 - X_6 &= r \quad \text{ec (1)} \\ 0.000X_1 + 0.057X_2 + 0.224X_3 + 0.075X_4 + 0X_5 - X_7 &= r \quad \text{ec (2)} \\ 0.000X_1 + 0.000X_2 + 0.056X_3 + 0.450X_4 + 0X_5 - X_8 &= r \quad \text{ec (3)} \\ 0.400X_1 + 0.076X_2 + 0.168X_3 + 0.000X_4 + 0X_5 - X_9 &= r \quad \text{ec (4)} \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 &= 1 \\ \forall X_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Restando la ec.(1) de la ec (2),(3) y (4) se obtiene lo siguiente.

$$\begin{aligned} Z = 0.600X_1 + 0.057X_2 + 0.112X_3 + 0.225X_4 + 0X_5 - X_6 &= 0 \quad \text{ec (1)} \\ -0.600X_1 + 0.000X_2 + 0.112X_3 - 0.150X_4 + 0X_5 + X_6 - X_7 &= 0 \quad \text{ec (2)} \\ -0.600X_1 - 0.057X_2 - 0.056X_3 + 0.225X_4 + 0X_5 + X_6 - X_8 &= 0 \quad \text{ec (3)} \\ -0.200X_1 + 0.019X_2 + 0.056X_3 - 0.225X_4 + 0X_5 + X_6 - X_9 &= 0 \quad \text{ec (4)} \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 &= 1 \\ \forall X_i &\geq 0 \end{aligned}$$

La matriz a ingresar al programa tendrá la siguiente forma:

-0.600,	0.000,	0.112,	-0.150,	0.000,	1,	-1,	0,	0,	0
-0.600,	-0.057,	-0.056,	0.225,	0.000,	1,	0,	-1,	0,	0
-0.200,	0.019,	0.056,	-0.225,	0.000,	1,	0,	0,	-1,	0
1,	1,	1,	1,	1,	0,	0,	0,	0,	1
0.600,	0.057,	0.112,	0.225,	0.000,	-1,	0,	0,	0,	0

### Sitio 2

Se obtiene un sistema de ecuaciones, a partir de la matriz de pagos.

#### Sistema Inicial de ecuaciones

$$\begin{aligned} 0.600X_1 + 0.057X_2 + 0.046X_3 + 0.150X_4 + 0.00X_5 &\geq r \\ 0.000X_1 + 0.057X_2 + 0.092X_3 + 0.050X_4 + 0.00X_5 &\geq r \\ 0.000X_1 + 0.000X_2 + 0.023X_3 + 0.300X_4 + 0.00X_5 &\geq r \\ 0.400X_1 + 0.076X_2 + 0.069X_3 + 0.000X_4 + 0.00X_5 &\geq r \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 &= 1 \\ \forall X_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Restando variables de holgura no negativos tenemos:

$$\begin{aligned} 0.600X_1 + 0.057X_2 + 0.046X_3 + 0.150X_4 + 0.00X_5 - X_6 &= r \quad \text{ec (1)} \\ 0.000X_1 + 0.057X_2 + 0.092X_3 + 0.050X_4 + 0.00X_5 - X_7 &= r \quad \text{ec (2)} \\ 0.000X_1 + 0.000X_2 + 0.023X_3 + 0.300X_4 + 0.00X_5 - X_8 &= r \quad \text{ec (3)} \\ 0.400X_1 + 0.076X_2 + 0.069X_3 + 0.000X_4 + 0.00X_5 - X_9 &= r \quad \text{ec (4)} \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 &= 1 \\ \forall X_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Restando la ec (1) de la ec (2),(3) y (4) se obtiene lo siguiente

$$\begin{aligned} 0.600X_1 + 0.057X_2 + 0.046X_3 + 0.150X_4 + 0.00X_5 - X_6 &= 0 \quad \text{ec.(1)} \\ -0.600X_1 + 0.000X_2 + 0.046X_3 - 0.100X_4 + 0.000X_5 + X_6 - X_7 &= 0 \quad \text{ec.(2)} \\ -0.600X_1 - 0.057X_2 - 0.023X_3 + 0.150X_4 + 0.000X_5 + X_6 - X_8 &= 0 \quad \text{ec.(3)} \\ -0.200X_1 + 0.019X_2 + 0.023X_3 - 0.150X_4 + 0.000X_5 + X_6 - X_9 &= 0 \quad \text{ec.(4)} \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 &= 1 \\ \forall X_i &\geq 0 \end{aligned}$$

La matriz a ingresar al programa tendrá la siguiente forma:

-0.600,	0.000,	0.046,	-0.100,	0.00,	1,	-1,	0,	0,	0
-0.600,	-0.057,	-0.023,	0.150,	0.00,	1,	0,	-1,	0,	0
-0.200,	0.019,	0.023,	-0.150,	0.00,	1,	0,	0,	-1,	0
1,	1,	1,	1,	1,	0,	0,	0,	0,	1
0.600,	0.057,	0.046,	0.150,	0.00,	-1,	0,	0,	0,	0

### Sitio 3

Se obtiene un sistema de ecuaciones, a partir de la matriz de pagos

#### Sistema Inicial de ecuaciones

$$\begin{aligned} 0.00X_1 + 0.057X_2 + 0.012X_3 + 0.150X_4 + 0.126X_5 &\geq r \\ 0.00X_1 + 0.057X_2 + 0.024X_3 + 0.050X_4 + 0.042X_5 &\geq r \\ 0.00X_1 + 0.000X_2 + 0.006X_3 + 0.300X_4 + 0.210X_5 &\geq r \\ 0.00X_1 + 0.076X_2 + 0.018X_3 + 0.000X_4 + 0.0420X_5 &\geq r \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 &= 1 \\ \forall X_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Restando variables de holgura no negativos tenemos:

$$\begin{aligned} 0.00X_1 + 0.057X_2 + 0.012X_3 + 0.150X_4 + 0.126X_5 - X_6 &= r & \text{ec (1)} \\ 0.00X_1 + 0.057X_2 + 0.024X_3 + 0.050X_4 + 0.042X_5 - X_7 &= r & \text{ec (2)} \\ 0.00X_1 + 0.000X_2 + 0.006X_3 + 0.300X_4 + 0.210X_5 - X_8 &= r & \text{ec (3)} \\ 0.00X_1 + 0.076X_2 + 0.018X_3 + 0.000X_4 + 0.042X_5 - X_9 &= r & \text{ec (4)} \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 &= 1 \\ \forall X_i \geq 0 \end{aligned}$$

Restando la ec (1) de la ec (2),(3) y (4) se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} 0.00X_1 + 0.000X_2 + 0.012X_3 - 0.100X_4 - 0.084X_5 + X_6 - X_7 &= 0 & \text{ec (1)} \\ 0.00X_1 + 0.000X_2 + 0.012X_3 - 0.100X_4 - 0.084X_5 + X_6 - X_7 &= 0 & \text{ec (2)} \\ 0.00X_1 - 0.057X_2 - 0.006X_3 + 0.150X_4 + 0.084X_5 + X_8 - X_9 &= r & \text{ec (3)} \\ 0.00X_1 + 0.019X_2 + 0.006X_3 - 0.150X_4 - 0.084X_5 + X_8 - X_9 &= r & \text{ec (4)} \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 &= 1 \\ \forall X_i \geq 0 \end{aligned}$$

La matriz a ingresar al programa tendrá la siguiente forma:

0.00,	0.000,	0.012,	-0.100,	-0.084,	1,	-1,	0	0,	0
0.00,	-0.057,	-0.006,	0.150,	0.084,	1,	0,	-1,	0,	0
0.00,	0.019,	0.006,	-0.150,	-0.084,	1,	0,	0,	-1,	0
1,	1,	1,	1,	1,	0,	0,	0,	0,	1
0.00,	0.057,	0.012,	0.150,	0.126,	-1,	0,	0,	0,	0

Sitio 4

Se obtiene un sistema de ecuaciones, a partir de la matriz de pagos.

Sistema de ecuaciones

$$\begin{aligned} 0.156X_1 + 0.057X_2 + 0.090X_3 + 0.225X_4 + 0.069X_5 &\geq r \\ 0.000X_1 + 0.057X_2 + 0.180X_3 + 0.075X_4 + 0.023X_5 &\geq r \\ 0.000X_1 + 0.000X_2 + 0.045X_3 + 0.450X_4 + 0.115X_5 &\geq r \\ 0.104X_1 + 0.076X_2 + 0.135X_3 + 0.000X_4 + 0.023X_5 &\geq r \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 &= 1 \\ \forall X_i \geq 0 \end{aligned}$$

Restando variables de holgura no negativos tenemos:

$$\begin{aligned} 0.156X_1 + 0.057X_2 + 0.090X_3 + 0.225X_4 + 0.069X_5 - X_6 &= r & \text{ec (1)} \\ 0.000X_1 + 0.057X_2 + 0.180X_3 + 0.075X_4 + 0.023X_5 - X_7 &= r & \text{ec (2)} \\ 0.000X_1 + 0.000X_2 + 0.045X_3 + 0.450X_4 + 0.115X_5 - X_8 &= r & \text{ec (3)} \\ 0.104X_1 + 0.076X_2 + 0.135X_3 + 0.000X_4 + 0.023X_5 - X_9 &= r & \text{ec (4)} \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 &= 1 \\ \forall X_i \geq 0 \end{aligned}$$

Restando la ec (1) de la ec (2),(3) y (4) se obtiene lo siguiente

$$\begin{aligned} Z = 0.156X_1 + 0.057X_2 + 0.090X_3 + 0.225X_4 + 0.069X_5 - X_6 &= 0 & \text{ec (1)} \\ -0.156X_1 + 0.000X_2 + 0.090X_3 - 0.150X_4 - 0.046X_5 + X_6 - X_7 &= 0 & \text{ec (2)} \\ -0.156X_1 - 0.057X_2 - 0.045X_3 + 0.225X_4 + 0.046X_5 + X_6 - X_8 &= 0 & \text{ec (3)} \\ -0.052X_1 + 0.019X_2 + 0.045X_3 - 0.225X_4 - 0.046X_5 + X_6 - X_9 &= 0 & \text{ec (4)} \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 &= 1 \\ \forall X_i \geq 0 \end{aligned}$$

Matriz a ingresar al programa

-0.156,	0.000,	0.090,	-0.150,	-0.046,	1,	-1,	0,	0,	0
-0.156,	-0.057,	-0.045,	0.225,	0.046,	1,	0,	-1,	0,	0
-0.052,	0.019,	0.045,	-0.225,	-0.046,	1,	0,	0,	-1,	0
1,	1,	1,	1,	1,	0,	0,	0,	0,	1
0.156,	0.057,	0.090,	0.225,	0.069,	-1,	0,	0,	0,	0

Después de ingresar los datos al programa Salma los resultados se presentan a continuación:

SITIO 1

Programa Salma  
Programa para resolver problemas de programación  
lineal (maximización y minimización), con el método simplex

El listado dará el arreglo simplex y base en cada iteración  
sus variables 1 hasta 16  
Variables artificiales 17 hasta 21

Arreglo simplex después de 0 iteraciones

-0.1600	0.0000	0.0130	-0.1500	-0.0500	1.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	1.0000
0.0000	0.0000								
-0.1600	-0.0600	0.0000	0.2200	0.0500	1.0000	0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000								
-0.0600	0.0200	0.0000	-0.2300	-0.0500	1.0000	0.0000	0.0000	-1.0000	0.0000
0.0000	0.0000								
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.0000	1.0000								
-0.1600	-0.0600	0.0000	-0.2300	-0.0700	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000								
-0.6200	-0.9600	-1.0000	-0.8400	-0.9500	-3.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000
0.0000	0.0000								

BASE ANTES DE LA ITERACIÓN 1

VARIABLE	VALOR
10	0
11	0
12	0
13	1

VALOR DE LA FUNCIÓN OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACIÓN 2

VARIABLE	VALOR
10	0
11	0
6	0
13	1

VALOR DE LA FUNCIÓN OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACIÓN 3

VARIABLE	VALOR
10	0
9	0
6	0
13	1

VALOR DE LA FUNCIÓN OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACIÓN 4

VARIABLE	VALOR
2	0
9	0
6	0
13	1

VALOR DE LA FUNCIÓN OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACIÓN 5

VARIABLE	VALOR
2	1
9	.08
6	5.999999E-02
7	5.999999E-02

VALOR DE LA FUNCIÓN OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACIÓN 6

VARIABLE	VALOR
2	8604652
9	6.046518E-03
6	2.093023E-02
4	1395349

VALOR DE LA FUNCIÓN OBJETIVO = 6.279069E-02

RESPUESTAS

VARIABLE	VALOR
2	8
8	2.600003E-02
6	3.000001E-02
4	2000001

VALOR DE LA FUNCIÓN OBJETIVO = 064

VARIABLES DUALES

VARIABLE	VALOR
10	-7999998
11	0
12	-2000002
13	064

ARREGLO SIMPLEX DESPUÉS DE 6 ITERACIONES

1.8000	1.0000	0.8000	0.0000	0.8000	0.0000	10.0000	0.0000	-10.0000	-10.0000
0.8000	0.8000								
-0.4040	0.0000	0.0260	0.0000	-0.0740	0.0000	-5.3000	1.0000	4.3000	5.3000
0.0260	0.0260								
-0.2800	0.0000	0.0300	0.0000	-0.0200	1.0000	-2.5000	0.0000	1.5000	2.5000
0.0300	0.0300								
-0.8000	0.0000	0.2000	1.0000	0.2000	0.0000	-10.0000	0.0000	10.0000	10.0000
0.2000	0.2000								
0.0440	0.0000	0.0640	0.0000	0.0440	0.0000	0.8000	0.0000	0.2000	-0.8000
0.0640	0.0640								

NOTA: Cuando su problema sea de minimización y el signo de la función objetivo obtenida del computo sea negativo, deberá cambiarse a positivo

SITIO 1

### 3.3.2 Interpretación de resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos en las corridas del programa de computadora SALMA, se tiene lo siguiente:

#### Estrategias del hombre

La estrategia obtenida para el juego en cuestión, tanto para los sitios 1, 2, 3 y 4, es la siguiente:

	Distancia de amortiguamiento (X <sub>1</sub> )	Vientos (X <sub>2</sub> )	Pendientes de acceso (X <sub>3</sub> )	Accesos viales (X <sub>4</sub> )	Superficie (X <sub>5</sub> )	Suma
Sitio 1	0.134	0.000	0.598	0.268	0.000	1.00
Sitio 2	0.067	0.000	0.731	0.202	0.000	1.00
Sitio 3	0.000	0.814	0.000	0.186	0.000	1.00
Sitio 4	0.000	0.000	0.833	0.167	0.000	1.00

De manera tal que se cumple la condición:

$$X = \sum_{i=1}^n x_i = 1$$

donde n=5, para este caso.

El valor del juego para los sitios analizados fueron los siguientes:

Sitio 1 = 0.154067  
 Sitio 2 = 0.07733919  
 Sitio 3 = 0.05570032  
 Sitio 4 = 0.1125

Esto es fácil de corroborar, si se analiza y desarrolla la función objetivo:

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^5 a_i x_i = r$$

Las estrategias indicadas anteriormente para los sitios, son las que maximizan las ganancias del hombre, es decir, son las acciones que mayormente afectarían a la naturaleza.

Para los 4 sitios, existe una estrategia mixta, que maximiza las ganancias del hombre, donde las acciones de mayor afectación ambiental se reportan a continuación, en orden jerárquico o de importancia:

Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
Impactantes	Valor de afectación	Impactantes	Valor de afectación	Impactantes	Valor de afectación	Impactantes	Valor de afectación
Pendientes de acceso	0.598	Pendientes de acceso	0.731	Vientos	0.814	Pendientes de acceso	0.833
Accesos viales	0.268	Accesos viales	0.202	Accesos viales	0.186	Accesos viales	0.167
Distancia de amortiguamiento	0.134	Distancia de amortiguamiento	0.067				

Estos valores son los que maximizan la afectación ambiental para los cuatro sitios.

#### Estrategias del entorno

La solución a todo problema de programación lineal, contiene dentro de la misma, una solución al problema dual, que para este caso representan las estrategias del entorno para el juego en cuestión, las cuales se presentan a continuación:

Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
Elementos urbanos	Valor de afectación	Elementos urbanos	Valor de afectación	Elementos urbanos	Valor de afectación	Elementos urbanos	Valor de afectación
Infraestructura (X <sub>10</sub> )	0.327	Infraestructura	0.659	Infraestructura	0.977	Infraestructura	0.000
Bienestar (X <sub>11</sub> )	0.288	Bienestar	0.148	Bienestar	0.023	Bienestar	0.084
Ambiente (X <sub>12</sub> )	0.385	Ambiente	0.193	Ambiente	0.000	Ambiente	0.584
Salud (X <sub>13</sub> )	0.154	Salud	0.077	Salud	0.058	Salud	0.113

Como el problema primal tiene restricciones de igualdad las variables duales no están restringidas en cuanto al signo, por lo que la magnitud del impacto en los elementos de la naturaleza estará definida por su valor absoluto.

De lo anterior puede verse que se cumple con la función objetivo del dual, la que al desarrollarse con los valores de las variables duales, se obtiene el mismo valor del juego para los sitios 1, 2, 3 y 4, encontrado con el primal.

Las estrategias indicadas anteriormente para los sitios, son los que minimizan las pérdidas del entorno; es decir, son los elementos del entorno afectados por las acciones del hombre, que minimizan en forma global, la afectación ambiental por el efecto alterador del hombre.

Para el sitio 1, se deberá cuidar EL AMBIENTE Y LA INFRAESTRUCTURA

Para el sitio 2, se deberá poner especial cuidado con LA INFRAESTRUCTURA Y EL AMBIENTE.

Para el sitio 3, se deberá cuidar LA INFRAESTRUCTURA

Para el sitio 4, se deberá tener cuidado especial CON EL AMBIENTE y en segundo término con LA SALUD.

### 3.3.2.2 Selección del mejor sitio

La definición del sitio más idóneo para establecer la Estación de Transferencia, se hace comparando los valores del juego obtenidos para ambos sitios, eligiendo aquel cuyo valor sea menor, o sea aquel sitio que involucre una menor ganancia para las acciones alteradoras del hombre hacia el entorno

De acuerdo con lo anterior, de los cuatro sitios hipotéticos empleados para el análisis, se optaría por establecer la Estación de Transferencia en el clasificado por el sitio 3, con un área de 12,000 m<sup>2</sup>, localizado en zona predominantemente industrial.

### 3.3.2.3 Método simplificado

Un método más sencillo de aplicar e implementar, sin tener que desarrollar toda la estructura metodológica que involucra la aplicación de un método de solución de problemas de programación lineal es aquel en donde sólo se requiere obtener las sumatorias de los renglones de la matriz de pagos, para después obtener la suma global de los resultados de tales sumatorias; con lo cual se hallará una sola cifra, que debe interpretarse como el valor de la afectación ambiental del sitio analizado. De la misma manera, este procedimiento se aplicará a los demás sitios, con el fin de comparar su Valor de Afectación Ambiental o valor del juego en cuestión; para elegir aquel sitio cuyo valor de afectación, sea mínimo.

Efectuando lo antes descrito se tiene:

	Valor de afectación ambiental	Jerarquía
Sitio 3	1.170	Primera opción
Sitio 4	1.880	Segunda opción
Sitio 2	1.920	Tercera opción
Sitio 1	2.500	Cuarta opción

Observando la tabla anterior, se concluye que el sitio 3, es el más favorable para la implantación de la Estación de Transferencia, ya que el valor de su afectación ambiental, es menor que para el sitio 1, 2 y 4

La metodología descrita, además de que permite seleccionar el mejor sitio para una estación de transferencia de entre varios propuestos; proporciona elementos para lograr una adecuada toma de decisiones en el control de la afectación ambiental del sitio elegido, ya que precisa aquellos elementos del entorno a los que se les debe poner más cuidado, así como las acciones alteradoras del hombre que pueden impactar al entorno con mayor grado, de manera que puedan tomarse medidas preventivas o correctivas, según sea el caso.

El establecimiento de funciones de sensibilidad reduce la subjetividad en la asignación de calificaciones del efecto que tiene cada factor de campo sobre los

elementos del ambiente. No obstante, existe cierta subjetividad en la formación de la matriz de contribuciones proporcionales, que puede reducirse, si se desarrollan ciertas funciones de sensibilidad y se establecen convenientemente sus límites, para la formación de dicha matriz.

En la aplicación del método, la información necesaria puede obtenerse fácil y económicamente, mediante ciertos análisis rutinarios de suelos e inspecciones de campo.

El método es lo suficientemente flexible, que permite modificar tanto los elementos del ambiente como los factores de campo de acuerdo a condiciones especiales y al criterio del analista.

La teoría de juegos es una herramienta muy poderosa que debe ser utilizada en el tratamiento de problemas de impacto ambiental

La forma en que se planteó el problema de programación lineal para resolver el juego con el método simplex, asegura la obtención de las estrategias óptimas para ambos jugadores. Esto es importante mencionarlo, ya que existen otras formas para el planteamiento de análisis, con las cuales no necesariamente se encuentran las estrategias óptimas.

## 4. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE UNA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA

### 4.1 Modelo de colas o líneas de espera

Con este modelo se determinarán las medidas de desempeño de las estaciones de transferencia para evaluar los sistemas, así como el número de vehículos de transferencia requeridos, el tiempo de espera en cola para los vehículos recolectores, la eficiencia de la estación, etc.

#### 4.1.1 Definición

El proceso básico de los modelos de colas es el siguiente: clientes (vehículos recolectores), que requieren el servicio se generan en el tiempo por medio de una fuente de entrada. Estos clientes entran en el sistema de colas y se unen a una cola. En diversos momentos, se selecciona a uno de los clientes formados para darle el servicio, mediante la regla conocida como disciplina en la cola (o disciplina en el servicio). Entonces se proporciona al cliente el servicio requiendo por medio del mecanismo del mismo, después de lo cual, tal cliente sale del sistema.

#### 4.1.2 Terminología

##### • Fuente de entradas

Una característica de la fuente de entrada o población potencial es su tamaño. El tamaño es el número total de clientes que podría requerir el servicio, el número total de clientes potenciales distintos. Puede suponerse finita o infinita (de modo que se dice que la fuente de entrada es ilimitada o limitada). Si hay más de 30 clientes potenciales, se dice que la población es infinita. Otra regla empírica es que la suposición de una población infinita generalmente es válida cuando la población de clientes potenciales es lo suficientemente grande como para significar que la llegada de un cliente no afecta apreciablemente la posibilidad de otra llegada. Por lo que para esta situación la población potencial de los vehículos recolectores será tomada como infinita.

##### • Distribución de llegadas

Los clientes que requieren el servicio se generan bajo una fuente de entrada, estos clientes entran al sistema de espera y se unen a una cola, estas llegadas se generan a través del tiempo bajo una distribución de probabilidad de Poisson

##### • Tasa de llegada

Numero de clientes por periodo de tiempo que llegan al sistema para ser atendidos. El valor medio de la tasa de llegadas es  $L$ , número esperado de vehículos recolectores por hora

##### • Cola

Una cola se caracteriza por el número máximo admisible de clientes que puede contener. Para este modelo se definirá como cola infinita dado que a ningún cliente se le niega el servicio y éste debe formarse en la cola

##### • Disciplina de servicio

La disciplina de la cola se refiere al orden en el que se seleccionan los miembros de la cola para que reciban el servicio, para este caso el primero en formarse en la cola es el primero en ser atendido

##### • Diseño de la instalación de servicio

El mecanismo de servicio consiste en uno o más medios de servicio, llamadas servidores, cuando todos los servidores ofrecen el mismo servicio se dice que la instalación tiene servicios paralelos, con lo cual es posible atender a tantos clientes en forma simultánea como número de servidores haya.

##### • Tiempo de servicio

El tiempo que transcurre para un cliente, desde que se inicia el servicio hasta su conclusión en uno de los medios de servicio, se conoce como tiempo de servicio (o duración del servicio). Un modelo de un sistema particular de colas debe especificar la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio o tiempo entre salidas para cada servidor, se supone la misma para todos los servidores. Esta distribución tanto como la de llegadas son igualmente importantes en la determinación del modelo matemático. Se demuestra que si la distribución de probabilidad del tiempo de servicio o entre llegadas (salidas) es exponencial, el número de llegadas (salidas) sigue una distribución de probabilidad de Poisson y viceversa.

##### • Tasa de servicio

Número de clientes por periodo de tiempo a los cuales un canal de servicio puede suministrar el servicio requerido. Se observa que esta es la tasa que podría alcanzarse si el canal de servicio siempre estuviera ocupado, es decir sin tiempo ocioso. El valor medio de la tasa de servicio está dado por  $M$ , número esperado de vehículos recolectores que se les completa el servicio por hora y servidor

##### • Estado del sistema

Como cualquier sistema de colas opera como función del tiempo, tendremos condiciones transitorias o de estado estable. Cuando un sistema de colas empieza a funcionar, el estado del sistema (número de clientes en el sistema) se ve afectado en gran parte por el estado inicial y el tiempo que ha transcurrido desde entonces. Ahora se dice que el sistema se encuentra en una condición transitoria. Sin embargo, después que ha transcurrido bastante tiempo, el estado del sistema se vuelve esencialmente independiente del estado inicial y del tiempo transcurrido. Ahora el sistema ha alcanzado esencialmente una condición de estado estacionario o estable. La teoría ha tendido a

considerar más el estado estacionario, por lo cual el análisis se concentrará en resultados del estado estable.

La notación considerada para estos modelos es la siguiente

- S = número de servidores
- L = tasa media de llegadas
- M = tasa media de servicio por servidor
- N = número de clientes en el sistema de colas
- $M_{prom}$  = tasa promedio de servicio en todo el sistema
- $P_n$  = posibilidad (de estado estable) de que hayan clientes en el sistema
- $P_o$  = probabilidad de que esté ocioso el sistema
- $L_s$  = número de clientes que se espera haya en el sistema
- $L_q$  = número de clientes que se espera haya en cola
- $W_s$  = tiempo de espera estimado en el sistema (en línea de espera más en servicio)
- $W_q$  = tiempo de espera estimado en la cola
- @ = factor de utilización para el medio de servicio, es decir la fracción esperada de tiempo en que el servidor está ocupado, donde @/S representa la fracción de la capacidad de servicio del sistema que está siendo utilizada, en promedio, por los clientes que llegan (eficiencia del sistema)

#### 4.2 Planteamiento del modelo

Para este estudio las llegadas ocurren a la tasa L y se puede atender un máximo de 4 vehículos en forma simultánea. El tiempo de servicio promedio por cliente es  $1/M$ . Las llegadas y salidas ocurren según distribuciones de Poisson. Por lo tanto, si el número de clientes en el sistema N, es cuando menos S, la tasa combinada de servicio (salida) del establecimiento es  $S \times M$ . Por otra parte si N es menor que S la tasa combinada de servicio es  $N \times M$ .

En condiciones de estado estable se determinarán las siguientes medidas básicas de desempeño.

Siendo  $@ = LM$  se obtiene:

$$P_o = \left[ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{@^n}{n!} + \frac{@^s}{s!(1-\frac{@}{s})} \right]^{-1} \quad P_o = \text{Probabilidad de que el sistema esté ocioso}$$

$$P_n = \begin{cases} \left(\frac{@^n}{n!}\right) P_o, & 0 \leq n \leq s \\ \left(\frac{@^n}{s!(s-n)!}\right) P_o, & n > s \end{cases} \quad P_n = \text{Probabilidad de que haya } n \text{ clientes en el sistema (estado estable)}$$

donde

$$\frac{@}{s} < 1 \quad \text{o bien} \quad \frac{L}{Ms}$$

$$L_q = \left[ \frac{@^{s+1}}{(s-1)!(s-@)^2} \right] P_o \quad L_q = \text{numero de clientes que se espera haya en cola}$$

Asimismo,

$$L_s = L_q + @ \quad L_s = \text{número de clientes que se espera haya en sistema}$$

$$W_q = \frac{L_q}{L} \quad W_q = \text{tiempo de espera estimado en cola}$$

$$W_s = \frac{W_q + 1}{M} \quad W_s = \text{tiempo de espera estimado en el sistema}$$

#### 4.2.1 Número de servidores

El número de servidores S será el número de lugares donde un vehículo recolector puede descargar. La experiencia indica que lo más conveniente es contar con ranuras de 4 tolvas ya que agiliza la operación de descarga de los recolectores y llenado de los vehículos de transferencia, por lo que el número de servidores queda definido de la siguiente forma:

Línea de servicio, ranura con 4 tolvas = 4 servidores

#### 4.2.2 Tiempos de servicio

El tiempo de servicio estimado en instalaciones de la ciudad de México, es igual a 11.22 min, este tiempo considera las maniobras de acomodo en la tolva, la descarga de los vehículos recolectores y maniobras de salida, de igual manera involucra los tiempos empleados por vehículo de transferencia durante las maniobras para ubicarse en la tolva, así como los tiempos de despunte.

$$T = 0.187 \text{ hr} = 11.22 \text{ min}$$

Considerando la capacidad de un vehículo recolector de 4.5 ton y el vehículo de transferencia 20 ton, por lo que se necesitan 5 vehículos recolectores para llenar un vehículo de transferencia, debido a que la mayoría de las veces el vehículo recolector no realiza correctamente la compactación o no viene totalmente lleno. Dado esto se tiene que el número de vehículos recolectores servidos por hora será:

Para una línea de servicio con 4 tolvas

$$SM4 = \left( \frac{1}{0.187} \right) 4 = 21.39 \text{ vehiculos/hr}$$

$$M_{prom} = \frac{\text{total de vehículos servidos/hr}}{\text{número de servidores}}$$

#### 4.2.3 Eficiencia

Se considera una eficiencia real esperada para las estaciones de transferencia de 85%, la cual está dada por:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{factor de utilización @}}{\text{número de servidores (S)}}$$

donde

$$\text{Factor de utilización @} = \frac{\text{tasa promedio de llegadas (L)}}{\text{tasa promedio de servicio en todo el sistema (M}_{prom})}$$

#### 4.2.4 Determinación del número de unidades de transferencia

En base a los resultados obtenidos del modelo anterior, se calcula el número de vehículos de transferencia para cada estación, tomando en cuenta el tiempo de llenado de cada caja, las características de cada servidor, así como el tiempo requerido para llegar a los diferentes sitios de disposición final y regresar a la estación.

Se considera que el trailer da servicio a una sola línea de servicio y que se llena con 5 vehículos recolectores.

$$\text{Número de vehículos de transferencia por línea de servicio} = \frac{\text{tiempo de recorrido}}{\text{tiempo de llenado}}$$

Se aproximará a números enteros el número de unidades dependiendo del tiempo de espera, tanto de los vehículos recolectores como los de transferencia.

Número total de unidades requeridas = suma de vehículos para cada línea de servicio

#### 4.2.5 Tiempo de llenado

Línea de servicio con 4 servidores

Tiempo de llenado = 2 tiempos de servicio

#### 4.2.6 Tiempos de recorrido

Estos tiempos varían en función de la distancia a la que se encuentra el sitio de disposición final, al cual serán enviados los residuos, se considera que todos los vehículos tienen una velocidad constante aproximada de 20 km/hr, incluyendo ida y vuelta a la estación de transferencia, más el tiempo de descarga del vehículo

#### 4.2.7 Determinación de la capacidad real e instalada

##### 4.2.7.1 Capacidad real

Se define como capacidad real al número de vehículos recolectores a los cuales puede dar servicio en un día cada estación

Tomando como base los modelos de líneas de espera y una eficiencia del 85 %, la capacidad real de la estación será igual al número de vehículos recolectores que en una hora acepta la estación por el número de turnos (8 hrs) operados en un día. Estas capacidades también están dadas en toneladas por turno

##### 4.2.7.2 Capacidad instalada

Se define como el número de unidades que podría dar servicio a una estación si trabajará al máximo rendimiento de sus instalaciones.

Para esta capacidad se considera que la estación trabaja las 24 hrs del día, con una eficiencia del 100%, por lo que la capacidad instalada será igual al número de vehículos que acepta la estación en una hora, (en base al modelo de colas) por 24 hrs. También estas capacidades están dadas en toneladas por día que acepta la estación.

##### 4.2.8 Determinación de la tasa real de llegadas

Como vimos con anterioridad, podemos determinar la tasa de llegada de los vehículos recolectores en base a una estructura y a un tiempo de descarga propuesto

Ahora es conveniente identificar la tasa real de llegadas de los viajes realizados por los vehículos recolectores asignados a la zona de estudio, para ello podemos determinar la frecuencia de llegadas de los vehículos recolectores al sitio de disposición final que da servicio a la localidad.

Posteriormente se le dará un tratamiento estadístico que nos indique el número de viajes por unidad de tiempo que se considera como la tasa real de llegadas.

La representación gráfica de una distribución de frecuencias facilita la comprensión de algunas características de los datos de estudio, por eso es conveniente ilustrar los datos gráficamente con un histograma o con un polígono de frecuencias.

De los datos obtenidos durante el tiempo de observación se obtiene una serie n de valores.

Posteriormente se ordenan los datos como se ilustra a continuación:

$$X_1 \leq X_2 \leq X_3 \leq \dots \leq X_i \leq \dots \leq X_{n-1} \leq X_n$$

Donde:

$X_i$  = Valor promedio de los datos obtenidos durante el periodo de observación

El análisis estadístico que se le aplica a los datos consiste en calcular la prueba de rechazo, la media, la desviación estandar, y la distribución de frecuencias.

Para realizar el análisis de rechazo de observaciones sospechosas, se puede emplear cualquier método o procedimiento que se considera confiable. En este documento se recomienda aplicar el criterio de Dixon, para el cual se debe considerar la siguiente metodología:

Calcular el valor estadístico (r), para las siguientes situaciones.

$$r = \frac{X_i - X_1}{X_i - X_i}$$

Cuando se sospecha del elemento mínimo de las observaciones

$$r = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_1}$$

Cuando se sospecha del elemento máximo de las observaciones

Donde:

- $n$  = Número de observaciones o elemento mayor
- $1$  = El elemento menor
- $i$  =  $n - (j - 1)$
- $j$  = Elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha en la cola superior de los datos ya ordenados.

Calcular el valor permisible ( $r_1, \alpha_2$ ) correspondiente al percentil definido por el nivel de confianza establecido y el número de observaciones sospechosas correspondiente al caso que se trate. Para lograr lo anterior, se utiliza la tabla 4.1.

Comparar el valor estadístico ( $r$ ) con el estadístico permisible ( $r_1, \alpha_2$ ) con el fin de rechazar o aceptar la observación sospechosa de acuerdo con el siguiente criterio:

- Si  $r > r_1, \alpha_2$  Se rechaza la observación sospechosa.
- Si  $r < r_1, \alpha_2$  Se acepta la observación sospechosa

La medida de posición más utilizada para describir una serie de datos es el promedio aritmético, conocida como media aritmética o simplemente media. La media de un conjunto de datos es la suma de los valores de estos entre el total de las observaciones

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Donde:

- $\bar{X}$  = Media aritmética
- $X_i$  = Observación  $i$ ésima
- $n$  = Total de las observaciones

Las medidas de tendencia central, como la media aritmética, pueden no ser suficientes para caracterizar la información obtenida en forma adecuada. La utilidad de un promedio depende de su poder representativo del conjunto de observaciones. Si los valores observados están muy concentrados alrededor del promedio, este es muy representativo; pero si aquellos valores están muy dispersos con relación al promedio, este es poco representativo. En consecuencia, el significado de promedio, gana mucho si lo respalda una medida de dispersión de las observaciones en torno a él. Cuando se quiere conocer la dispersión de una variable, lo que se intenta es obtener una medida, que indique el mayor o menor grado en que están dispersos los datos.

TABLA No. 4.1  
CRITERIOS PARA RECHAZO DE OBSERVACIONES DISTANTES

Estadístico	No. de observaciones	Percentiles máximos						
		70	80	90	95	98	99	995
$r_{10}$	3	584	781	886	941	976	988	994
	4	471	560	679	765	846	889	926
	5	373	451	557	642	729	780	821
	6	318	386	492	550	644	698	740
	7	261	344	434	507	586	637	680
$r_{11}$	8	318	385	479	554	631	683	725
	9	288	352	441	512	587	635	677
	10	265	325	409	477	551	597	639
$r_{21}$	11	391	442	517	576	638	679	713
	12	370	419	490	546	605	642	675
	13	351	399	457	521	578	615	649
$r_{22}$	14	370	421	492	546	602	641	674
	15	353	402	472	525	579	616	647
	16	333	386	454	507	559	595	624
	17	325	373	438	490	542	577	605
	18	314	361	424	475	527	561	589
	19	304	350	412	462	514	547	575
	20	295	340	401	450	502	535	562
	21	287	331	391	440	491	524	551
	22	280	325	382	430	481	514	541
	23	274	316	374	421	472	505	532
	24	268	310	367	413	454	497	524
	25	262	304	360	406	457	489	516

Se le llama desviación respecto a la media, a la diferencia entre cada valor de la variable y la media. La suma de los cuadrados de las desviaciones se divide entre el número de términos y se obtiene la varianza ( $S^2$ ). Si al valor de la varianza le extraemos raíz cuadrada, obtenemos la desviación estándar ( $S$ ).

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Donde:

- $X_i$  = Observación iésima
- $\bar{X}$  = Media aritmética
- $n$  = Total de las observaciones
- $S^2$  = Varianza
- $S$  = Desviación estándar

Para organizar y distribuir los datos estadísticos, se sigue el método llamado *distribución de frecuencias*, mediante el cual se pueden formar cuadros o tablas resumen de los datos originales; este método consiste en agrupar los valores iguales (series de frecuencias) o agrupar los valores en clases de dos límites prefijados para cada una de ellas (series de clases y frecuencias). Se llama frecuencia ( $f_i$ ) al número de veces que se repite cada uno de los distintos valores originales o al número de valores que quedan comprendidos entre los límites de cada clase o grupo respectivamente.

Este procedimiento, por lo tanto, consiste en efectuar una reducción de los datos, debiendo advertirse que en las series de frecuencias, no se pierde información alguna, pues concentra los mismos datos originales, en tanto que en las series de grupos y frecuencias, se lleva implícita una pérdida de información, misma que va en función del grado de reducción realizado.

Una serie de frecuencias puede construirse solamente en aquellos casos en que la información consta de muchas observaciones, pero la variable toma un número reducido de valores distintos. En estos casos, basta considerar en una columna los valores distintos ( $x_i$ ) que existen en los datos originales y efectuar cada uno de ellos por su frecuencia.

En las series, como en las de clases y frecuencias, se denominan frecuencias acumuladas ( $F_i$ ) a la suma sucesiva de las mismas.

En relación con las frecuencias, es posible y generalmente útil, presentartas en términos relativos, calculando la proporción que del total de observaciones corresponde a cada valor distinto de la variable o a cada clase, lo cual produce las llamadas frecuencias relativas ( $h_i$ ), que se obtienen dividiendo cada frecuencia particular entre la suma de las restantes. Las frecuencias relativas también pueden acumularse produciendo otras más relativas acumuladas ( $H_i$ ).

El proceso de condensar o reducir los valores observados se denomina tabulación, y el resultado de una tabulación es un cuadro o una tabla estadística, que presenta en forma ordenada y sistemática, un conjunto de datos numéricos. La tabulación puede efectuarse en forma manual, o mediante procesos mecánicos o electrónicos, todo depende del volumen de la información.

El propósito de la reducción de datos es presentar en forma reducida y ordenada los valores de la variable observados, que se ha efectuado en esta primera fase, y que nos permite aprovechar toda la información y obtener una visión más amplia que con los datos originales dispersos. Ya teniendo esta ordenación, puede procederse a elaborar otras columnas en la tabla, para aumentar el material con fines de análisis, siendo posible elaborar las columnas de las frecuencias acumuladas ( $F_i$ ), de frecuencias relativas ( $h_i$ ) y de frecuencias relativas acumuladas ( $H_i$ ).

Es conveniente tener mucho cuidado al determinar el número de clases en que se van a agrupar los datos, y la amplitud del intervalo de valores que cubre cada clase. A la distancia, entre los límites inferiores y superiores de cada una se le llama intervalo de clase. El tamaño del intervalo depende de la amplitud que abarquen los valores de la variable y de la cantidad de observaciones.

Generalmente para el agrupamiento de datos en clases, se siguen las proximas reglas

- a) Las clases deben de formarse de tal modo, que todos los datos se puedan incluir
- b) Debe asegurarse que cada valor observado pueda ubicarse en una única clase, hay que evitar confusiones entre límites superiores e inferiores, pues entre clases sucesivas pueden existir valores que provoquen indecision al clasificarlos
- c) Es aconsejable que siempre que sea posible, los intervalos de clase se tomen de igual amplitud.

El número preciso de clases que ha de adoptarse para una variable determinada, depende muchas veces del juicio personal y de otras consideraciones relativas a la construcción de distribuciones de frecuencias, ante esta situación, se puede acudir como un auxiliar a la regla de Sturges, y guía para la determinación del número aproximado de clases.

$$\text{Regla de Sturges. } m = 1 + 3.3 \log n$$

En donde:  $m$  = número aproximado de clases

$n$  = número total de observaciones

Después de que se ha determinado el número de clases o grupos, debe de obtenerse el rango, amplitud o recorrido de la variable, que es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo observado en los datos originales. Posteriormente, al dividirse la amplitud entre el número de clases se obtiene el valor del intervalo de clase ( $l$ ).

$$l = \frac{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}{m}$$

Ya teniendo el número de clases y el valor de intervalo, podemos elaborar nuestra distribución de clases y frecuencias, la cual se construye tomando primeramente el valor mínimo de los datos observados, o el que resultará si se hace una ampliación del recorrido de la variable, el cual constituirá el límite inferior de la primera clase, para obtener el límite superior de esta, simplemente sumamos el valor del intervalo al valor del límite inferior; para obtener los límites de las clases restantes, procedemos a sumar en forma sucesiva el valor de intervalo

Cuando ya se tienen bien definidas las clases con sus respectivos límites se procede a determinar las frecuencias ( $f_i$ ) de cada clase las cuales se obtienen mediante el conteo de los datos que le corresponden a cada una

Cuando ya se ha fijado el número de clases, el siguiente paso para la construcción de la distribución de frecuencias es la determinación del tamaño del intervalo de clase, el cual se obtiene dividiendo el recorrido o amplitud entre el número de éstas.

Ya construida nuestra distribución de clases, se acumulan o se relacionan las frecuencias para obtener las columnas (F.) de frecuencias acumuladas, (H.) de frecuencias relativas acumuladas, además, si multiplicamos las frecuencias relativas (h.) por 100, obtenemos cifras porcentuales de cada clase respecto del total de observaciones. Si sumamos el límite inferior y el límite superior de cada clase y lo dividimos entre dos, obtenemos el llamado punto medio o marca de clase

Para este caso, se seleccionará como tasa real de llegadas al punto medio marca de clase que contenga una frecuencia absoluta o frecuencia relativa más alta.

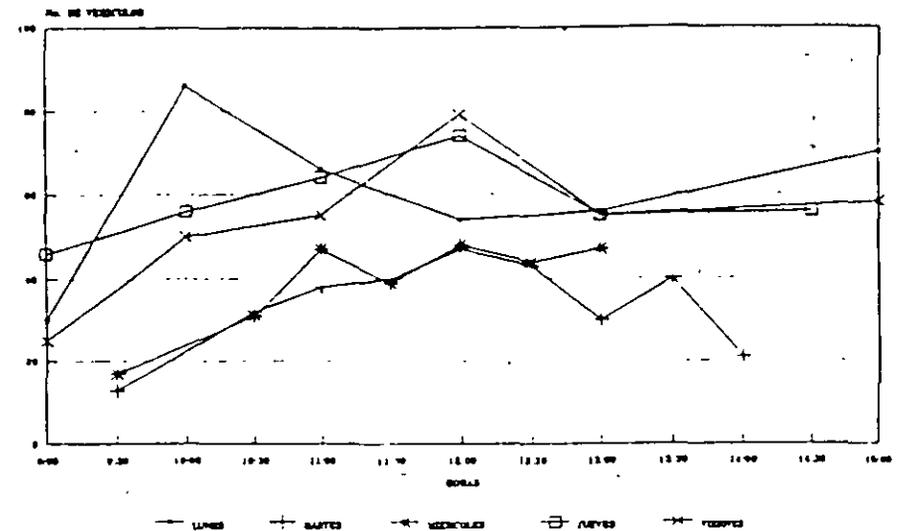
#### 4.3. Ejemplo de aplicación

Con la finalidad de presentar un ejemplo práctico de la metodología descrita en los incisos anteriores, se realizaron observaciones en un período de 8 hrs., las cuales se muestran en la tabla 4.2, con estas se realizó un histograma de llegadas de vehículos recolectores. (figura 4.1)

Tabla 4.2

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	31			46	25
9:30		13	17		
10:00	88			56	50
10:30		32	31		
11:00	68	38	47	64	55
11:30		40	39		
12:00	54	47	48	74	79
12:30		43	44		
13:00	56	30	47	55	55
13:30		40			
14:00		21			
14:30				56	
15:00	70	27			58

Gráfica 4.1  
Histograma de llegadas de los vehículos recolectores



Ordenamiento de los datos

Tabla 4.3

Elemento	No de viajes	Elemento	No de viajes
1	13	19	47
2	17	20	48
3	21	21	50
4	25	22	54
5	27	23	55
6	30	24	55
7	31	25	55
8	31	26	56
9	32	27	56
10	38	28	56
11	39	29	58
12	40	30	64
13	40	31	66
14	43	32	70
15	44	33	74
16	46	34	79
17	47	35	86
18	47		

### Prueba de rechazo de Dixon

Para este caso se consideran los números de elementos para establecer la sospecha igual a 10; y un nivel de confianza del 95 %. Con los datos anteriores se entra a la tabla 4.1 y se obtiene el percentil máximo de Dixon, que es 0.477, aplicando la fórmula, tenemos:

$$j = 10 \quad ; \quad X_j = 38$$

$$i = 35 - (10 - 1) = 26 \quad ; \quad X_i = 56$$

$$r_1 = \frac{X_j - X_i}{X_i - X_1} = \frac{38 - 13}{56 - 13} = \frac{25}{43} = 0.58 > 0.477 \quad \text{se rechaza}$$

$$r_1 = \frac{38 - 17}{56 - 17} = \frac{21}{39} = 0.538 > 0.477 \quad \text{se rechaza}$$

$$r_1 = \frac{38 - 21}{56 - 21} = \frac{17}{35} = 0.485 > 0.477 \quad \text{se rechaza}$$

$$r_1 = \frac{38 - 25}{56 - 25} = \frac{13}{31} = 0.419 < 0.477 \quad \text{se acepta}$$

$$r_2 = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_j} = \frac{86 - 56}{86 - 38} = \frac{30}{48} = 0.625 > 0.477 \quad \text{se rechaza}$$

$$r_2 = \frac{79 - 56}{79 - 38} = \frac{23}{41} = 0.56 > 0.477 \quad \text{se rechaza}$$

$$r_2 = \frac{74 - 56}{74 - 38} = \frac{18}{36} = 0.50 > 0.477 \quad \text{se rechaza}$$

$$r_2 = \frac{70 - 56}{70 - 38} = \frac{14}{32} = 0.437 < 0.477 \quad \text{se acepta}$$

En base a lo anterior, en la tabla 4.4 se presentan los datos ordenados con prueba de rechazo.

Tabla 4.4

Elemento	No. de viajes	Elemento	No. de viajes
4	25	19	47
5	27	20	48
8	30	21	50
7	31	22	54
8	31	23	55
9	32	24	55
10	38	25	55
11	39	26	56
12	40	27	56
13	40	28	56
14	43	29	58
15	44	30	64
16	46	31	66
17	47	32	70
18	47		

Elementos rechazados en la cola inferior para una confiabilidad de 95 %

Elemento	Valor
1	13
2	17
3	21

Elementos rechazados en la cola superior para una confiabilidad de 95 %

Elemento	Valor
33	74
34	79
35	86

Para la realización del análisis estadístico tenemos la tabla 4.5

Tabla 4.5

Elemento	$X_i$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	25	-21.55	464.4
2	27	-19.55	382.2
3	30	-16.55	273.9
4	31	-15.55	241.8
5	31	-15.55	241.8
6	32	-14.55	211.7
7	38	-8.55	73.1
8	39	-7.55	57.0
9	40	-6.55	42.9
10	40	-6.55	42.9
11	43	-3.55	12.6
12	44	-2.55	6.5
13	46	-0.55	0.3
14	47	0.45	0.2
15	47	0.45	0.2
16	47	0.45	0.2
17	48	1.45	2.1
18	50	3.45	11.9
19	54	7.45	55.5
20	55	8.45	71.4
21	55	8.45	71.4
22	55	8.45	71.4
23	56	9.45	89.3
24	56	9.45	89.3
25	56	9.45	89.3
26	58	11.45	131.1
27	64	17.45	304.5
28	66	19.45	378.3
29	70	23.45	549.9
	$\Sigma 1.350$		$\Sigma 3.967.1$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{1.350}{29} = 46.55$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} = \frac{3.967.1}{29} = 136.8$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{3.967.1}{29}} = \sqrt{136.8} = 11.7$$

Para la determinación de la distribución de frecuencias se realiza la tabla 4.6, para identificar la marca de clase que tenga mayor frecuencia. Primeramente se aplica la regla de Sturges para definir el número de rangos o clases en las que se pueden dividir los valores observados, así como la amplitud o rango de éstos.

$$m = 1 + 3.3 \log n = 1 + 3.3 \log (29) = 5.83 \approx 6$$

$$l = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{m} = \frac{70 - 25}{6} = \frac{45}{6} = 7.5$$

Tabla 4.6

Clase	Rango	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	Marca de clase
1	25.0-32.5	6	6	0.207	0.207	28.75
2	32.6-40.1	4	10	0.138	0.345	36.35
3	40.2-47.7	6	16	0.207	0.552	43.95
4	47.8-55.3	6	22	0.207	0.759	51.55
5	55.4-62.9	4	26	0.138	0.897	59.15
6	63.0-70.5	3	29	0.103	1.000	66.75

En este caso tenemos 3 rangos con la misma frecuencia de ocurrencia, por ello se elegirá el rango número 4, ya que esta sería la situación más desfavorable que se tendría con la estación de transferencia, además de cubrir el 75% del número de viajes que llegan al sitio.

$$\text{Tasa real de llegadas} = 51.55 \approx 52 \text{ vehiculos/hr}$$

Ahora se realiza la revisión de la infraestructura propuesta para verificar que ésta pueda dar servicio a la tasa real de llegadas de vehículos recolectores a la estación de transferencia.

Para esto tenemos los siguientes datos:

Tiempo de servicio  $T = 0.187$  hr  
 El número de ranuras de 4 tolvas  $X_4 = 3$   
 Por lo tanto esta estación cuenta con los siguientes servidores  $S = 12$  OJ

Aplicando la fórmula, se tiene el número de vehículos recolectores por hr, por ranuras de 4 tolvas

$$SM_4 = \frac{1}{0.187} = 64.17 \text{ vehiculos/hr}$$

$$SM_{tot} = 64 \text{ vehiculos/hr.} \quad M_{prom} = 5.35 \text{ vehiculos}$$

Considerando una eficiencia de la estación de 85 % se tiene:

$$\frac{\lambda}{S} = 0.85 \quad \frac{\lambda}{12} = 0.85 \quad \lambda = 0.85 (12) = 10.20$$

Se calcula la tasa promedio de llegadas de recolectores, que es igual a:

$$L = \frac{SM_{tot}}{\frac{\lambda}{S}} = \frac{64}{0.85} = 54.55 \text{ vehiculos/hr}$$

Cálculo de la probabilidad que el sistema esté ocioso ( $P_0$ ).

$$P_0 = \left[ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{\lambda^n}{n!} + \frac{\lambda^s}{s!(1 - \frac{\lambda}{s})} \right]^{-1}$$

$$P_0 = \left[ \sum_{n=0}^{11} \frac{(10.20)^n}{n!} + \frac{(10.20)^{12}}{12!(1-0.85)} \right]^{-1}$$

$$P_0 = \left[ \sum_{n=0}^{11} \frac{(10.20)^n}{n!} + \frac{1.268 \times 10^{12}}{71,850,240} \right]^{-1}$$

$$P_0 = \left[ \sum_{n=0}^{11} \frac{(10.20)^n}{n!} + 17,651.184 \right]^{-1}$$

Realizando la sumatoria, se tiene

$$\frac{1}{P_0} = 35,779.00$$

$$P_0 = 2.79 \times 10^{-5}$$

El número de clientes esperados en la cola

$$L_q = \left[ \frac{\lambda^s}{(s-1)!(s-\lambda)^2} \right] P_0$$

$$L_q = \left[ \frac{(10.20)^{12}}{(12-1)!(12-10.20)^2} \right] 2.79 \times 10^{-5}$$

$$L_q = \left[ \frac{1.294 \times 10^{11}}{129,330,432} \right] 2.79 \times 10^{-5}$$

$$L_q = 2.80$$

Número de clientes esperados en el sistema:

$$L_s = L_q + \lambda$$

$$L_s = 2.8 + 10.2$$

$$L_s = 13.00$$

Tiempo estimado en la cola:

$$W_q = \frac{L_q}{L}$$

$$W_q = \frac{2.8}{54.55}$$

$$W_q = 0.05 \text{ hr} = 3.08 \text{ min}$$

Tiempo estimado en el sistema:

$$W_s = W_q + \frac{1}{M}$$

$$W_s = 0.05 + \frac{1}{5.35}$$

$$W_s = 0.24 \text{ hr} = 14.30 \text{ min}$$

Considerando un tiempo de recorrido al sitio de disposición final ida y regreso de 60 00 min (1.00 hr), y un tiempo de llenado por trailer por ranura de 4 tolvas

$$TL = 0.37$$

Las unidades de transferencia requeridas por ranura de 4 tolvas:

$$U = \frac{\text{tiempo de recorrido}}{\text{tiempo de llenado}} (\text{numero de ranuras})$$

$$U = \frac{1}{0.37} (3)$$

$$U = 8.11 \approx 9$$

Capacidad real de la estación de transferencia.

$$CR = 54.55 \text{ vehiculos/hr} \times 8 \text{ hr/turno}$$

$$CR = 436.36 \text{ vehiculos/turno}$$

Si se considera la capacidad promedio de vehículos de 4.5 ton/vehículo se tiene que:

$$CR = 436.36 \text{ vehiculos/turno} \times 4.5 \text{ ton/vehículo}$$

$$CR = 1,963.62 \text{ ton/turno}$$

Capacidad instalado de la estación de transferencia:

$$CI = 54.55 \text{ vehiculos/hr} \times 24 \text{ hr/día}$$

$$CI = 1,309.2 \text{ vehiculos/día}$$

$$CI = 1,309.2 \text{ vehiculos/día} \times 4.5 \text{ ton/vehículo}$$

$$CI = 5,891.4 \text{ ton/día}$$

## 5. PARÁMETROS DE DISEÑO

El presente capítulo contiene una serie de lineamientos técnicos, los cuales deben ser considerados en el diseño de una estación de transferencia con sistema de descarga directa. Es conveniente señalar que en México y en los países de Latinoamérica, este es el sistema de mayor aplicación.

Para seleccionar el tipo de infraestructura que se construirá, es importante no perder de vista el tipo de residuos sólidos que se generan, los cuales presentan variaciones significativas en la composición física en lo referente a residuos alimenticios, así como el contenido de humedad, el cual se estima superior al 50%. Es importante mencionar que el clima es otro factor que incide directamente sobre la descomposición de los residuos sólidos.

La descarga a piso presenta una serie de inconvenientes para este tipo de residuos, debido principalmente a los olores y al alto contenido de humedad, lo cual propicia una deficiente operación.

Los criterios vertidos en este capítulo, permitirán ser retomados para su aplicación en futuros proyectos de estaciones de transferencia. En las figuras 5.1 a 5.5 se muestran detalles constructivos de estaciones de transferencia existentes.

### 5.1 Vialidades exteriores

#### 5.1.1 Adecuaciones geométricas

Para evitar conflictos en la fluidez vehicular, es necesario realizar estudios y mediciones vehiculares con la finalidad de tener un conocimiento detallado de la infraestructura existente en la zona, permitiendo formular las propuestas de las adecuaciones geométricas que se tendrán que realizar, con la finalidad que los camiones recolectores y los trailers de transferencia circulen sin ningún problema; a continuación se describen los estudios y mediciones requeridas:

Figura 5.15  
Oficinas

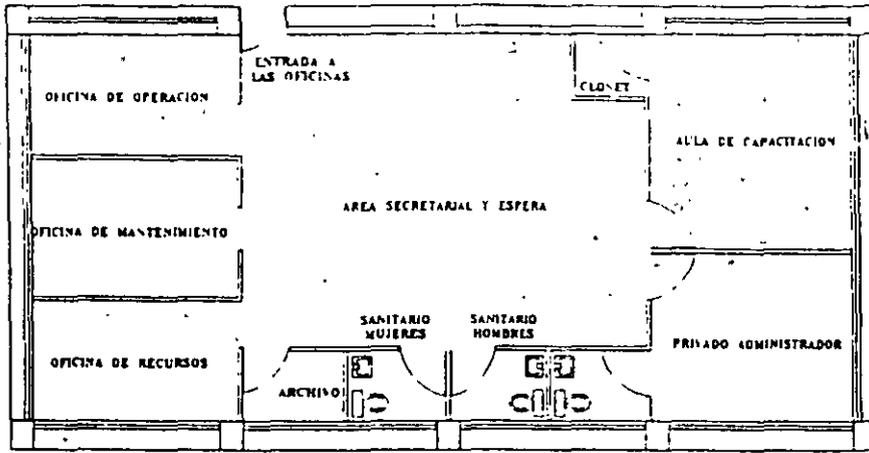


Figura 5.16  
Taller

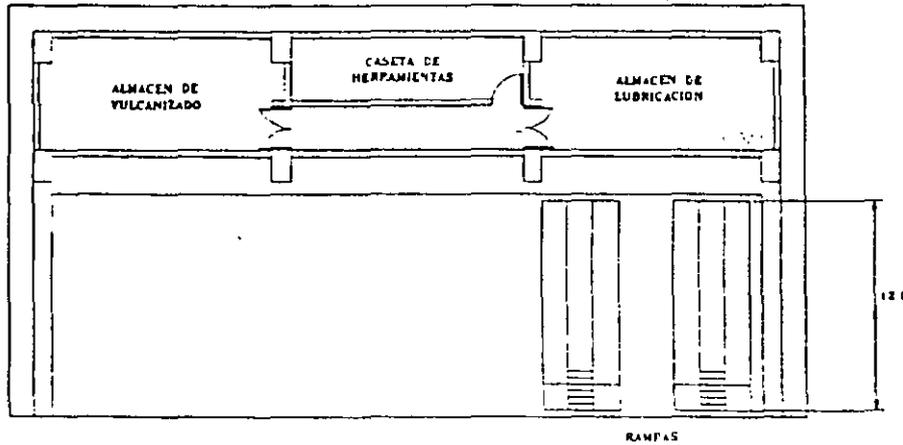


Figura 5.17  
Estacionamientos

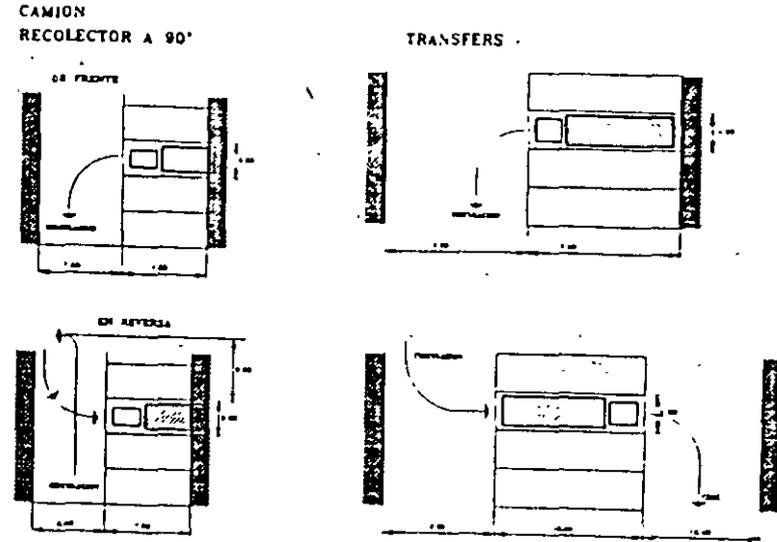


Figura 5.18  
Estacionamientos (1)

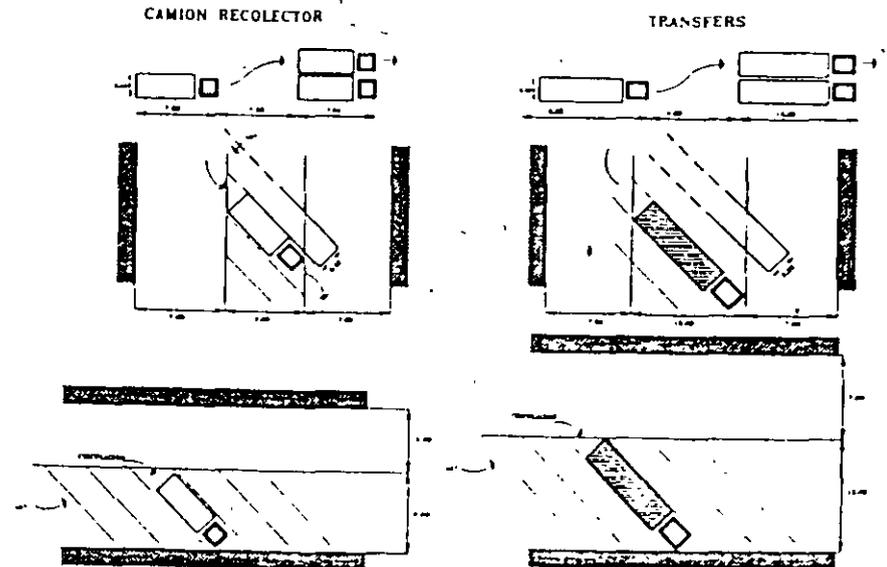
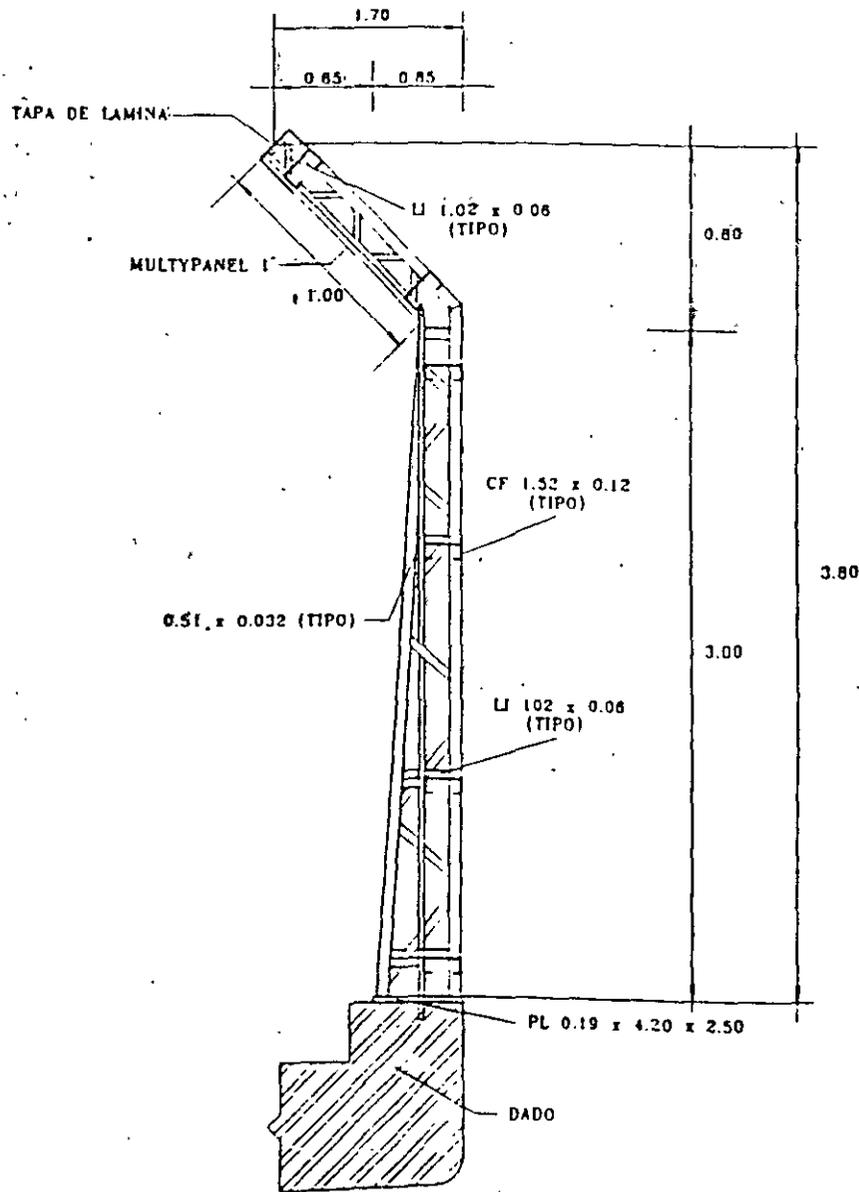


Figura 5.20  
Barda perimetral



## 5.7 Controles ambientales

### 5.7.1 Aspersores y extractores

Son equipos que mitigan la propagación de polvos, partículas y humos dentro de las áreas del patio de maniobras, líneas de servicio, patio de carga, etc. que afectan el sistema respiratorio de los trabajadores que laboran en la estación.

Los aspersores se utilizan para controlar la suspensión y emisión de polvos, mediante un sistema de atomización con agua adicionada con un reactivo desinfectante.

Esta atomización se puede efectuar con un sistema de boquillas alimentadoras con agua presurizada mediante un compresor, o por medio de llaves de paso rápido individual colocando 4 por línea de servidor con una altura de 2 metros a partir del patio de maniobras.

Los equipos de extracción son utilizados para limpiar el aire en las áreas antes mencionadas y son colocados en la parte superior del capuchón de la línea de servicio, así como en la parte final de la misma. El procedimiento es colocar rejillas en los sitios antes mencionados y por medio de una campana extractora trasladar los polvos, humos y partículas fuera de la línea de servicio (Figura 5.21)

Figura 5.21  
Equipo de extracción

