



Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en el  
Manejo Integral de los Residuos Sólidos a Nivel Nacional en la  
República Dominicana

## Manual de Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos

Mayo 2017



**NIPPON KOEI**

## **GLOSARIO Y LISTA DE ABREVIATURAS**

ADN	Ayuntamiento del Distrito Nacional
APP	Asociación Pública-Privada
EPP	Equipo de Protección Personal
ET	Estación de Transferencia
GIS	Sistema de Información Geográfica
GIRS	Gestión Integral de residuos sólidos
MIRS	Manejo Integral de residuos sólidos
MRS	Manejo de Residuos Sólidos
PPC	Producción per Cápita
PO	Plan de Operaciones
RS	Residuos sólidos
RSM	Residuos sólidos municipales

## CONTENIDO

PRESENTACIÓN .....	1
PARTE I.....	2
1 GENERALIDADES.....	2
1.1 Situación actual y problemática de la recolección y el transporte de los residuos sólidos en la República Dominicana .....	2
1.2 Marco legal .....	3
1.3 Sistema de Recolección y Transporte: Conceptos Básicos .....	3
PARTE II.....	23
2 PLANIFICACIÓN.....	23
2.1 Evaluación del sistema actual: Condiciones a verificar en el área de recolección .....	23
2.2 Planeamiento del sistema de Recolección y Transporte.....	27
PARTE III.....	49
3 OPERACIÓN.....	49
3.1 Monitoreo y Control.....	49
CONCLUSIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tipos de ET. ....	17
Tabla 2	Tipos de almacenamiento .....	20
Tabla 3	Rango aceptable para indicador Toneladas/Tiempo total de recolección .....	26
Tabla 4	Rango aceptable para indicador Toneladas .....	29
Tabla 5	Características del servicio de recolección .....	31
Tabla 6	Toneladas de residuos a recolectar en función de la frecuencia de atención.....	35
Tabla 7	Número diario de camiones operativos en función de la frecuencia de atención, suponiendo camiones de 10 toneladas.....	35
Tabla 8	Indicadores para la evaluación de las rutas. ....	45
Tabla 9	Modelo de Hoja de registro. ....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Métodos de Transporte.....	13
Figura 2	Opciones de almacenamiento temporal, entrega y recolección .....	21
Figura 3	Subsectores que componen las rutas de recolección.....	30
Figura 4	Asignación de área (frecuencia diaria) .....	32
Figura 5	Asignación de áreas (tres veces por semana) .....	33
Figura 6	Asignación de áreas (dos veces por semana) .....	34
Figura 7	Distribución de áreas .....	35
Figura 8	Diagramación de Ruta .....	40
Figura 9	Diagrama para varios bloques.....	41
Figura 10	Diagrama para varios bloques.....	42
Figura 11	Diagrama de ejemplo para plan de recolección de ruta (2).....	42
Figura 12	Orden de Trabajo / boleto de viaje.....	46
Figura 13	Forma correcta de levantar los contenedores .....	52

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1	Ejemplos de Varios modelos de vehículos de recolección (1) .....	8
Foto 2	Ejemplos de Varios modelos de vehículos de recolección (2) .....	9
Foto 3	Sistema de carga de residuos (1) .....	10
Foto 4	Sistema de carga de residuos (2) .....	11
Foto 5	Equipos de Recolección de Residuos Sólidos.....	12
Foto 6	Estación de Transferencia en Villas Agrícolas, ADN.....	14
Foto 7	Descarga en la Estación de Transferencia en Villas Agrícolas, ADN.....	15
Foto 8	Balanza en la ET de Villas Agrícolas, ADN .....	16
Foto 9	Descarga en la ET de Villas Agrícolas, ADN.....	17
Foto 10	Diferentes Operaciones en una Estación de transferencia.....	18
Foto 11	Diferentes Operaciones en una Estación de transferencia .....	19
Foto 12	Contenedores Móviles .....	48
Foto 13	Método de recolección.....	48
Foto 14	Diferentes contenedores para diferentes tipos de residuos y tipos de recolección con segregación de los residuos .....	48
Foto 15	Diferentes contenedores para diferentes tipos de residuos y tipos de recolección con segregación de los residuos .....	48

# PRESENTACIÓN

La recolección de los residuos sólidos y su transporte a las áreas de tratamiento o destino final, es una de las actividades del manejo integral de residuos sólidos bajo la responsabilidad de las alcaldías. De la calidad y apropiada ejecución de la misma, depende que los residuos sólidos generados por la población no se conviertan en vectores transmisores de enfermedades, y que su ejecución no drene el presupuesto de los cabildos, ya que, sus costos son los más altos de todo el sistema de manejo.

Un sistema de recolección, debe tomar en cuenta las características de cada municipio, esto es, las condiciones geográficas, demográficas, económicas y su estructura vial, entre otras.

Establecer un sistema de recolección y transporte requiere de un estudio detallado y exhaustivo que garantice que el servicio se realizará de manera eficiente y que no entorpecerá el desarrollo de otras actividades cotidianas tanto de la alcaldía como de la población servida. Debe realizarse de manera oportuna y suficiente, y con un presupuesto que la alcaldía pueda garantizar para evitar colapsos inesperados de cualquiera de sus componentes.

## **Objetivos**

Proveer un documento que abarque los criterios básicos para el establecimiento de un sistema de recolección y transporte adecuado que permita a los municipios cumplir los siguientes aspectos:

- Evaluar la situación actual de la recolección y el transporte de residuos sólidos de sus localidades y analizar la problemática a solucionar.
- Formular un plan para mejorar las prácticas de recolección y transporte de residuos sólidos.

# PARTE I

## 1 GENERALIDADES

### 1.1 Situación actual y problemática de la recolección y el transporte de los residuos sólidos en la República Dominicana

El problema de los residuos sólidos, en la gran mayoría de los países y particularmente en determinadas regiones, se viene agravando como consecuencia del acelerado crecimiento de la población y concentración en las áreas urbanas, el desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo y mejor nivel de vida, así como también debido a otra serie de factores que conllevan a la contaminación del medio ambiente y al deterioro de los recursos naturales.

Algunos impactos indirectos se deben a que los residuos en sí, y los estancamientos que causan cuando se acumulan en zanjas y en drenajes, se transforman en reservorios de insectos y roedores. Los insectos y roedores son causantes de diversos tipos de enfermedades como el dengue, la leptospirosis, el parasitismo y las infecciones de la piel. Además, la falta de una ruta de recolección en algunas zonas, provoca la quema de basura a cielo abierto aumentando los factores de riesgo de las enfermedades relacionadas con las vías respiratorias, incluyendo el cáncer.

Otra información con la que se cuenta indica que los gastos relativos a la gestión de los residuos sólidos constituyen entre el 25-35%<sup>1</sup> de la estructura de costos administrativos y operativos de los ayuntamientos del país. La misma fuente presenta un rango de costos de US\$23-37/Ton para la recolección y US\$20, para el transporte.

En el caso de la República Dominicana, aunque tanto los grandes como los

---

<sup>1</sup> Castillo Tió/IMCA. Presentación “Diagnostico situacional preliminar de los residuos sólidos al 2016 y experiencias exitosas en RD. Seminario internacional de planificación integral de gestión ambiental de residuos y ordenamiento territorial. Noviembre 2016.

pequeños municipios han convertido la recolección y el transporte de residuos sólidos en la principal actividad del servicio municipal, no se ha logrado establecer un sistema eficiente, ya que dicho servicio no obedece a un estudio ni una planificación detallada de todos los elementos que intervienen en el sistema. Todavía, salvo algunas excepciones, se entiende que la finalidad es que la basura que se genera no esté a la vista del ciudadano, sin importar cómo y cuándo se retira de sus aceras ni cuál será su destino final.

Aunque en cifras económicas ninguna ciudad de la República Dominicana se considera una gran urbe, en cuanto a la generación de residuos, varias ciudades se equiparan a cualquier ciudad con un desarrollo económico superior y con una infraestructura mucho más avanzada.

## **1.2 Marco legal**

La Ley 176-07 del Distrito Nacional y los Municipios, establece en el Artículo 19, sobre *Competencias Propias del Ayuntamiento* y el Artículo 20 sobre *Servicios Municipales Mínimos*, que El Ayuntamiento, por sí o asociado a otros, prestará con carácter obligatorio dentro de los servicios mínimos, el servicio de recolección de los residuos sólidos.

La Ley 64-00 del Ministerio de Medio Ambiente, en su capítulo 6 *Sobre las basuras y residuos domésticos y municipales*, Artículo 106, por su parte menciona que Los ayuntamientos municipales operarán sistemas de recolección, tratamiento, transporte y disposición final de desechos sólidos no peligrosos dentro del municipio, observando las normas oficiales emitidas por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, conjuntamente con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, para la protección del medio ambiente y la salud.

## **1.3 Sistema de Recolección y Transporte: Conceptos Básicos**

La etapa de recolección y transporte abarca dos procesos, claramente diferenciados:

1. Recolección
2. Transporte/transferencia

La Formulación de un plan de recolección y transporte, debe abarcar los siguientes aspectos:

- Almacenamiento adecuado
- Equipamiento para el transporte de los residuos.
- Rutas de recolección, frecuencia y horarios.
- Aplicabilidad de una estación de transferencia –ET-.
- Aplicabilidad de la separación de residuos en el punto de generación.

### **1.3.1 Calidad del Servicio de recolección y transporte**

Para que el sistema de recolección y transporte funcione óptimamente es necesario un flujo permanente de informaciones que respalden su planificación y gestión.

Antes de proceder con el diseño del sistema, es indispensable tener claro que es lo que espera la comunidad y cuáles son los recursos con que se cuenta, esto permitirá establecer las condiciones técnicas que debe cumplir el servicio.

Hay diversos aspectos que inciden directamente en la calidad del sistema, por lo que deben ser considerados antes de elaborar el plan de recolección, estableciendo un nivel de calidad para cada uno. Los aspectos de calidad son los siguientes:

- Cobertura de los servicios de recolección
- Frecuencia
- Tipo de almacenamiento.
- Tipo de vehículo, etc.

### **1.3.2 Clasificación de la recolección de residuos sólidos**

La *Recolección* es la actividad consistente en recoger los residuos dispuestos en los sitios indicados y su carga en los vehículos recolectores.

En términos generales, la recolección puede clasificarse en diferentes tipos, dependiendo la naturaleza de lo que se quiera calificar, de donde tenemos que:

Atendiendo al modo de operación, la recolección puede ser:

**1. Manual**, y dentro de esta puede ser:

- 1) **Recogida formal**: realizada bajo el servicio municipal.
- 2) **Recogida informal**: realizada por recolectores individuales (buzos).

**2. Mecánica**, y dentro de la misma, puede ser:

- 1) **Recolección neumática**: Usa un sistema de conducciones neumáticas subterráneas donde se transporta la basura hasta las estaciones de transferencia donde se procede a su traslado a la planta de tratamiento.
- 2) **Recolección por medio de vehículos**: Se realiza usando vehículos, algunos especialmente preparados al efecto, como los camiones dotados de una tolva en la que se compactan los residuos u otros en los que se depositan sin compactar.

Atendiendo a la forma y/o sitio de recolección, puede ser:

- 1) Recolección puerta a puerta
- 2) Recolección punto a punto (contenedores)

Atendiendo al tipo de residuos a recolectar, puede ser:

**1. General**: Los residuos se recogen mezclados en los contenedores, sin ningún tipo de separación y sin discriminar los distintos tipos.

**2. Selectiva o Diferenciada**: Los residuos se recogen separadamente, según su tipo, características y propiedades; en función de su posterior tratamiento y valoración.

- 1) Se fundamenta en que los generadores son los que realizan la selección de los productos recuperables, colocándolos en recipientes independientes.
- 2) Requiere un elevado grado de concienciación y colaboración ciudadana.
- 3) Funciona con mayor éxito en los países desarrollados.

**3. Recolección Municipal o convencional**: consiste en la recolección de los residuos sólidos de residencias, establecimientos comerciales e instituciones, cuyo volumen no sobrepase el previsto en la correspondiente legislación municipal.

- **Recolección específica** de mercados, playas, calles y demás sitios públicos.

Los siguientes tres (3) tipos de recolección **no** deben incluirse dentro del servicio municipal, pero se citan para fines didácticos.

- **Recolección especial**, contempla los residuos no recogidos por la recolección regular, tales como escombros, animales muertos y poda de jardines y árboles. Puede ser regular o programada para donde y cuando hubiere residuos que deban ser removidos;
  1. **Recolección de residuos de salubridad y/o biopeligrosos**, los cuales incluyen residuos hospitalarios, de instalaciones ambulatorias de salud, laboratorios, clínicas, centros de atención veterinarias, farmacias, etc. que requieren de un tratamiento especial debido a la naturaleza de los mismos.
  2. **Recolección de residuos peligrosos**, los cuales incluyen materiales de descarte que, aunque no son de naturaleza biológica, requieren un tratamiento especial por su impacto al medio ambiente.

El municipio debe establecer los tipos de recolección de residuos sólidos que quiere aplicar.

Como la recolección convencional es el objeto principal del servicio municipal y de este Manual, nos enfocaremos en los elementos que intervienen en su planificación y operación.

### **1) Recolección de residuos sólidos municipales**

La recolección de los residuos sólidos urbanos/municipales se refiere a la acción de manejo de residuos sólidos que permite eliminar los residuos del entorno de vida de las personas. Los residuos sólidos deben ser transportados desde el punto de generación al sitio de disposición final para su tratamiento. La recolección y transporte hacia el sitio de disposición final es reconocido como un servicio de operación pública desde el punto de vista de la población, que debe impedir el desarrollo de vectores y la transmisión de enfermedades.

El servicio municipal se caracteriza por la intervención de la alcaldía, quien se encarga de organizar el transporte generalmente mecanizado desde el punto de

generación hacia el destino final, y de los ciudadanos que deben preparar los residuos sólidos adecuadamente y colocarlos de acuerdo a los lugares y horarios pre-establecidos por la alcaldía.

Para planificar el sistema de recolección, el servicio municipal debe conocer previamente muchos datos, que deberá investigar o realizar los estudios pertinentes.

### **1.3.3 Tipos de equipos de recolección**

Los principales medios para transportar residuos sólidos son los vehículos de motor; también se han usado sistemas neumáticos e hidráulicos. El equipo recolector más utilizado en nuestro país es el camión compactador el cual lleva los residuos desde el domicilio hasta el lugar de disposición final, o estación de transferencia en algunos municipios, siendo este el más cómodo por el tiempo de operación, pero el más costoso.

Debajo se muestran algunos tipos de equipos para la recolección de residuos sólidos:

- Carretas, de tracción animal.
- Camiones planos o de cama fija.
- Camiones volteo (grandes y pequeños).
- Camiones compactadores con brazo mecánico de carga frontal, lateral o trasera.
- Camiones especiales (por ejemplo tractor con su carreta).
- Volquetas (principalmente para estaciones de transferencia)

Los equipos deben ser elegidos dependiendo el uso que se les dará en el sistema de recolección, especificando si su función es compactar, transportar, etc.



**Volquetas (estaciones de transferencia)**



**Volquetas (estaciones de transferencia)**



**Compactador**



**Compactador**



**Volteo con cama móvil**



**Volteo cama móvil**

**Foto 1 Ejemplos de Varios modelos de vehículos de recolección (1)**



**Camión Cama fija**



**Camión Cama fija**



**Tractor con su Carreta**



**Carreta**

**Foto 2 Ejemplos de Varios modelos de vehículos de recolección (2)**

Los equipos recolectores deberán ser adecuados para las características geográficas y de población de la localidad. Los más usados, generalmente tienen mecanismos de compactación o una placa empujadora de residuos para aumentar la densidad aparente (en promedio alcanzan  $450 \text{ Kg/m}^3$ )<sup>2</sup> o los vehículos incluyen un mecanismo tipo volteo. La capacidad de estos camiones puede variar entre 6 y 30 m<sup>3</sup>.

Existen diversas formas de acopiar o acumular residuos urbanos, cada uno con características específicas, como son la recolección automática con camión de carga lateral, recolección manual con camiones de carga trasera, recogida neumática mediante aspiración, y otros equipos como para la recolección de muebles, aparatos en desuso y enseres viejos. Otra actividad a considerar es recolección de residuos procedentes de la recogida selectiva como los

---

<sup>2</sup> Fuente: Manual Sistema de Recolección ADN, ver Bibliografía.

contenedores de papel, vidrio y envases plásticos y materia orgánica ya separada.

Los **Camiones compactadores** están preparados especialmente y poseen una tolva donde se compactan los residuos. Los residuos son vertidos en la parte trasera del camión, el cual después de lleno es empujado al interior de la tolva por medio de una placa móvil, accionada por un sistema eléctrico o manual, a cargo del trabajador, mientras otra impide que se devuelva la basura. Estas placas no sólo empujan la basura dentro de la caja, sino que la van compactando. Los residuos recolectados en diversos procesos son transportados a instalaciones o plantas de tratamiento para la selección, incineración o vertido para su descarga.

Hay camiones de compartimiento único o doble para la recogida selectiva.

Los camiones de cama fija, se utilizan en sitios en donde las condiciones del terreno, la topografía y la estrechez de las calles no permiten la entrada de camiones grandes. La principal desventaja es la baja posibilidad de compactación y su poca comodidad. Tienen una menor capacidad (de 1 a 3 m<sup>3</sup>).

Carga manual trasera:



**Carga manual trasera:**



Carga trasera con elevador de contenedores:



**Carga trasera con elevador**



**Foto 3 Sistema de carga de residuos (1)**

Carga lateral de contenedores:



**Carga lateral de contenedores**

Carga de contenedores frontal con elevador:



**Carga de contenedores frontal con elevador**

Otros tipos de carga:



**Otros tipos de carga**

**Foto 4 Sistema de carga de residuos (2)**

**1) Equipos especializados de recolección y sus características**

Existen múltiples equipos de recolección de residuos sólidos, desde los

tradicionales camiones compactadores hasta los pequeños carritos manuales. La recolección de residuos sólidos en ciudades pequeñas y poblados rurales se puede realizar de distintas formas. La decisión depende del volumen de residuos que se debe recolectar y la distancia a ser transportados. Es importante que los vehículos de recolección, o por lo menos sus repuestos, estén disponibles en la zona. En este sentido, es mejor usar o adaptar un vehículo que ya existe en la localidad, antes que introducir un nuevo tipo de vehículo.



Fuente: Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales

**Foto 5 Equipos de Recolección de Residuos Sólidos**

### 1.3.4 Sistema de Transporte

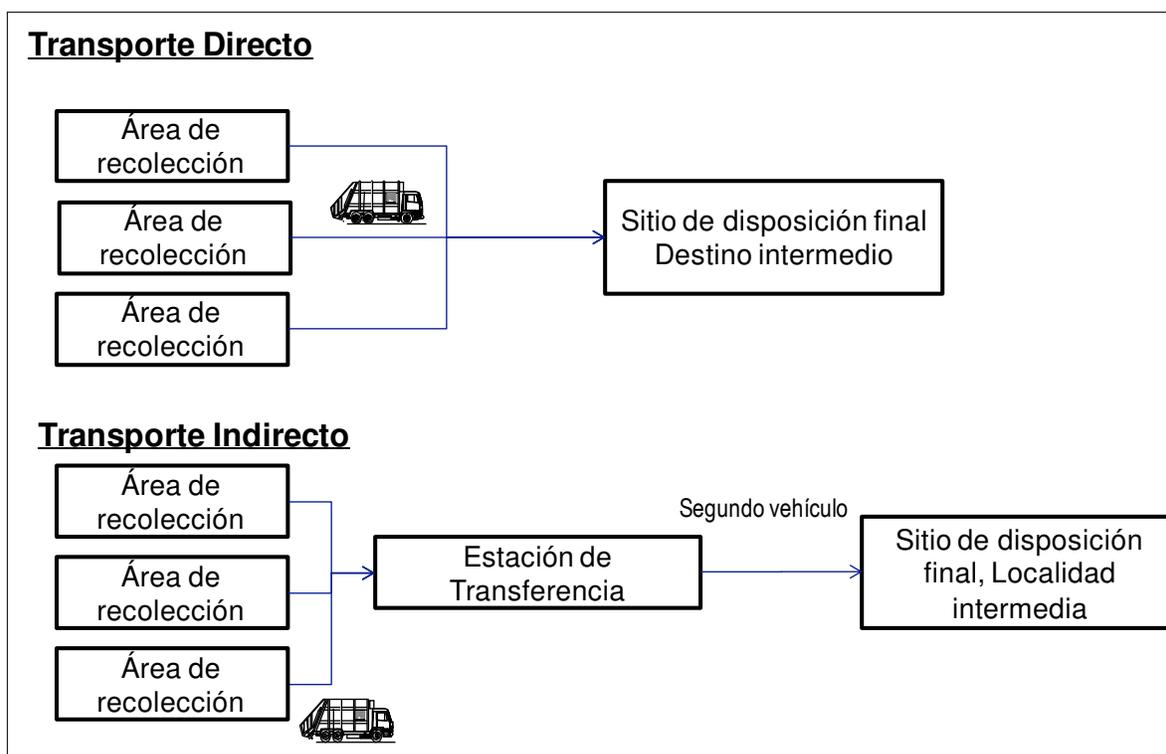
**El Transporte** comprende el traslado de los residuos entre los diferentes sitios comprendidos en el manejo integral (centro de acopio, Estación de Transferencia –ET-, planta de recuperación de materiales, planta de tratamiento, Sitio de Disposición Final –SDF-).

Transportar significa llevar los residuos del área de recolección hasta los destinos establecidos, sea instalaciones para tratamiento intermedio o sitios de disposición final. Generalmente hay dos sistemas de transporte de residuos:

- **Transporte Directo:** Los camiones de recolección son utilizados para transportar los residuos sólidos hacia los destinos definitivos existentes cerca del área de recolección.
- **Transporte Indirecto o por Puntos de Transferencia:** Los residuos recolectados son trasladados de un vehículo de recolección a un vehículo de transporte en puntos de transferencia y luego son llevados hasta su destino.

Los residuos recolectados serán trasladados a instalaciones de tratamiento intermedio o a sitios de disposición final por medio de vehículos de recolección. En

el caso de que la distancia entre el punto de generación y el SDF sea grande (más de 50 km aproximadamente), se deberá analizar la inclusión de estaciones de transferencia



**Figura 1 Métodos de Transporte**

Para la planificación de la recolección y el transporte, es necesario considerar las condiciones generales y los requisitos sanitarios para la recolección y transporte de los residuos sólidos, establecidos en la Norma para la Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos No Peligrosos contenidos en el acápite 5.4.

### 1.3.5 Estaciones de Transferencia

Las estaciones de transferencia (ET) consisten en un conjunto de equipos e instalaciones que permiten transferir residuos sólidos desde vehículos recolectores de menor capacidad a vehículos de mayor capacidad, diseñados para el traslado correspondiente de grandes cargas de residuos a través de grandes distancias hasta el destino correspondiente. Una estación de transferencia por lo general está construida en dos niveles. Los vehículos de recolección entrantes descargan los residuos desde el nivel superior al inferior.

Se pueden usar vehículos por carreteras, trenes o barcos.

Aunque se usan principalmente por razones económicas, el objetivo básico de las instalaciones de transferencia es:

1. Incrementar la eficiencia global del servicio de recolección de residuos sólidos.
2. Disminuir los costos y tiempos de transporte, así como en la disminución del tiempo ocioso de la mano de obra y de los equipos disponibles.



**Foto 6 Estación de Transferencia en Villas Agrícolas, ADN**

El transporte de los residuos no es económico si los residuos son trasladados a grandes distancias. Las ET son una alternativa económica cuando las distancias a los centros de tratamiento de residuos son grandes, y permitirán:

1. Racionalizar y optimizar la recogida de los residuos para su transporte posterior.

2. Minimizar el costo del transporte

Las operaciones de transferencia pueden justificarse cuando:

1. En la recolección de residuos residenciales se usan vehículos de recolección relativamente pequeños cargados a mano para luego transportarlos a grandes distancias.
2. Se deben transportar cantidades extremadamente grandes de residuos a largas distancias.
3. Se usa un número apreciable de vehículos de recolección.



**Foto 7 Descarga en la Estación de Transferencia en Villas Agrícolas, ADN**

### **1) Componentes de una Estación de Transferencia**

- Rampas de acceso y salida
- Entrada con zona buffer/área de espera
- Balanza
- Plataforma de recepción
- Patio de descarga
- Zona/túnel de carga
- Pozo o tolva de almacenamiento (si indirecta)
- Sistemas de captación y tratamiento de aguas

- Equipos para mover residuos a los transfer.
- Equipos de compactación, generalmente estacionarios.
- Áreas de servicios generales



**Foto 8 Balanza en la ET de Villas Agrícolas, ADN**

## **2) Impactos ambientales generados por las Estaciones de Transferencia**

- Malos olores
- Ruido
- Vectores
- Polvo (material particulado)
- Lixiviados
- Riesgo de Incendios

## **3) Tipos de Estaciones de Transferencia**

Las estaciones de transferencia han ido surgiendo a nivel mundial debido a la problemática de la recolección de basura y a partir del análisis de costo-beneficio, ya que se observó que los costos de recolección se elevaban y los tiempos que se hacen hasta el sitio de la disposición final son muy grandes y no cubren las necesidades de recolección a la población. Las ET pueden ser de distintos tipos, principalmente:

- Estaciones de descarga directa
- Estaciones de descarga indirecta

- Estaciones combinadas (carga directa y carga indirecta)
- Otros tipos se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 1 Tipos de ET.**

Tipo	Características
Estación de Descarga Directa	Los residuos son vertidos directamente desde los vehículos de recolección al remolque de transferencia en espera.
Estación de Descarga Indirecta	Los residuos son vertidos en una fosa o en una plataforma y luego cargados al remolque utilizando equipos para el manejo de residuos.
Estación con Tolva de Compactación	Los residuos son descargados del camión de recolección, a través una tolva y luego cargados a un camión cerrado mediante un compactador.
Estación de una Caja Compactadora	Los residuos son descargados del vehículo de recolección a una caja compactadora, y luego cargada a un camión cerrado a través de un compactador

Las ET de **descarga directa** se caracterizan porque los vehículos de menor capacidad trasladan los residuos directamente a otros de mayor capacidad, a veces por medio de una tolva. Es el tipo más usado en América Latina. Son de fácil operación.



**Foto 9 Descarga en la ET de Villas Agrícolas, ADN**

Las ET de **descarga indirecta** o de almacenamiento, tienen zonas donde se almacenan los residuos con una capacidad entre 1-2 días, generalmente. Suelen tener una fosa donde se manejan los residuos para luego descargarse a vehículos de mayor capacidad. Permiten hacer una separación de algunos de los residuos para luego ser transportados hasta el sitio de aprovechamiento o directamente vendidos a los compradores de materiales reciclables.

Las **Estaciones combinadas**, poseen áreas donde se almacenan los residuos temporalmente y otras donde los residuos son descargados directamente en vehículos de mayor capacidad. Estas estaciones pueden ubicarse en centros de aprovechamiento de residuos para disminuir el transporte hasta los sitios de selección, clasificación y embalaje de materiales potencialmente reciclables.



Carga de Residuos Sólidos

El check-in de la entrada de camiones

Descarga de residuos sólidos

**Foto 10 Diferentes Operaciones en una Estación de transferencia**



**Salida de camiones de la estación de transferencia**



**Depósito de residuos sólidos en el relleno sanitario/ vertedero**



**Estación de transferencia**



**Estación de Transferencia**



**Katmandú, Nepal**



**Querétaro, México**



**Yakarta, Indonesia**



**Yakarta, Indonesia**

**Foto 11 Diferentes Operaciones en una Estación de transferencia**

### 1.3.6 Almacenamiento temporal y entrega de los residuos

Los sistemas de almacenamiento temporal determinan el sistema de carga y recolección de residuos y viceversa, por lo que ambos están estrechamente relacionados.

#### 1) Tipos de Almacenamiento

Se debe considerar un sistema eficaz para el almacenamiento de residuos, tomando en cuenta las condiciones locales como: sistemas existentes y/o propuestos para la recolección, tipos de residuos, densidad de la población, condiciones habitacionales, cultura de la gente, etc.

En general, la forma de almacenamiento de residuos sólidos debe determinarse según los siguientes aspectos:

- Cantidad de residuos sólidos que se generan
- Composición de los residuos a recolectar
- Equipos de recolección a utilizar
- Comportamiento del ciudadano que recibirá el servicio

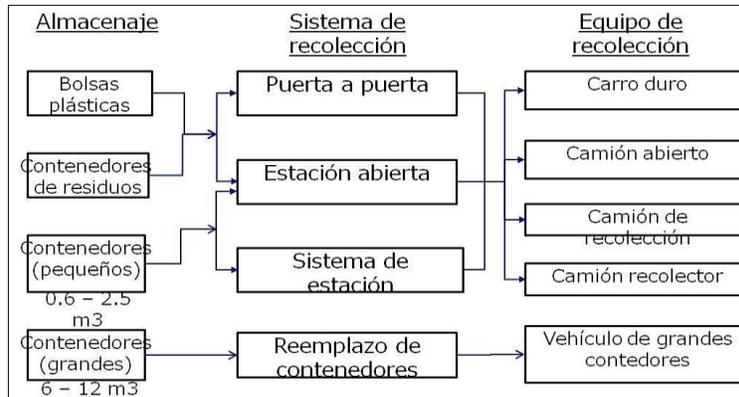
Atendiendo al volumen de almacenamiento, los tipos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2 Tipos de almacenamiento**

Volumen de Residuos	Tipos de almacenamiento
Pequeño Volumen	Zafacones en las aceras Contenedores de plástico, metal, etc. Contenedores basculantes Tambores Bolsas plásticas
Gran Volumen	Contenedor

Es importante considerar el uso de “fundas plásticas” para el manejo domiciliario de la basura (parcialmente a nivel comercial), por lo que es recomendable incentivar su uso. Mientras que su uso contribuye significativamente a disminuir agentes contaminantes -debiendo ser una línea de acción dentro del “Plan de Manejo Ambiental” a ser implementado- el uso de cajas de cartón es producto de los

comercios, especialmente colmados y bodegas (colmadones), así como pequeñas y medianas empresas ubicadas en los barrios y centro comerciales.



**Figura 2 Opciones de almacenamiento temporal, entrega y recolección**

En la República Dominicana, la Norma para la Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos No peligrosos, en su acápite 5.3 establece las “Condiciones Generales y Requisitos Sanitarios para el Almacenamiento”.

## 2) Capacidad necesaria para el uso de contenedores

Los sistemas de almacenamiento temporal deberán permitir su fácil limpieza y acceso.

Para diseñar el sistema de recolección, es necesario predefinir la capacidad de los contenedores a emplear. Los tipos y las capacidades de los contenedores a instalar dependen de las características y tipos de los residuos sólidos que hay que recoger, del tipo de sistema de recogida utilizado, de la frecuencia de recogida y del espacio disponible para disponer los contenedores. Las capacidades comerciales normalmente son las siguientes: 90, 120, 140, 240, 360, 700, 800, 1000, 1100, 2400 y 3200 litros. Igualmente se debe predefinir la densidad media de los residuos en el interior del contenedor. Valores típicos entre 120-300 Kg/m<sup>3</sup>. El número de contenedores requeridos para la recogida se calcula con la siguiente expresión:

$$Contenedores = \frac{PRD}{PV}$$

Donde PRD representa la producción de diseño de los sistemas de recogida en Kg/día; P, la densidad aparente de los residuos en el interior del contenedor en

Kg/m<sup>3</sup>; y V, la capacidad del contenedor seleccionado en m<sup>3</sup>. Solo un 33% del tiempo de la jornada diaria es dedicada a la recolección, por otra parte, el tiempo que los ayudantes deben esperar para efectuar la descarga del camión representa el 54% del tiempo de la jornada, del cual el 40% está asociado a la espera del turno de descarga o que llegue el camión compactador y el 14% restante es el tiempo dedicado a efectuar la transferencia. FUENTE: Manual Recolección y Transporte ADN.

### **3) Almacenamiento con Separación de residuos en la fuente**

Para definir el almacenamiento con respecto a la separación en la fuente, hay 3 aspectos básicos a considerar. El primero es quién recolectará los materiales con valor comercial en el punto de generación; segundo, quién llevará estos materiales a las instalaciones de acopio y/o a las compañías recicladoras; finalmente, analizar la viabilidad de retribución económica a los generadores por la venta de dichos materiales.

Los actores locales que intervienen en este proceso son:

- Alcaldía (Municipios)
- Recicladores informales (buzos)
- Intermediarios que compran y venden materiales reciclables con valor comercial
- Puntos limpios/Centros de acopio
- Empresas recicladoras

### **4) Uso de Contenedores móviles**

Con éste método, el vehículo transporta el contenedor lleno a la estación de transferencia o al sitio de disposición final. El equipo requiere de un sistema mecanizado, por lo general se utiliza para contenedores de capacidad mayor a 10 m<sup>3</sup>.

### **5) Uso de Contenedores Fijos**

El camión recolector vacía el contenido de los contenedores y deposita el contenedor en su misma posición. Por lo general, el equipo cuenta con sistema mecanizado. La capacidad de los contenedores varía, entre 1 y 7 m<sup>3</sup>.

# PARTE II

## 2 PLANIFICACIÓN

Antes de proceder con una planificación, es necesario conocer las condiciones actuales sobre las que se efectúa el servicio vigente.

### 2.1 Evaluación del sistema actual: Condiciones a verificar en el área de recolección

El sistema actual de recolección debe ser revisado antes de efectuar la planificación. Los siguientes puntos deben ser verificados dentro del área de recolección.

#### 2.1.1 Estimación de la Cantidad de residuos sólidos a recolectar

El municipio debe especificar previamente cuáles tipos de residuos se han de recolectar, pero en general, los residuos sólidos municipales son los residuos generados en:

- Hogares (residuos sólidos domésticos).
- Comercios.
- Negocios.
- Instituciones.
- El barrido de los espacios públicos y las calles

Aunque los datos de generación deben obtenerse previamente mediante un estudio de caracterización, es importante recordar que la generación total de residuos sólidos en el municipio dependerá de los siguientes factores:

- Número de habitantes (P, población)
- Producción per cápita (PPC)

Por ejemplo, si tomamos una población de 125,000 habitantes, tendremos:

- ✓  $P = 125,000$  habitantes
- ✓  $P.P.C. = 0.90$  kg/hab/día

- **Producción día** = PPC \* P  
= 0.90\*125,000 = 112,500 kg/día = 112.5 ton/día
- **Producción año** = (PPC \* P \* 365) / 1000  
= (0.90 \* 125,500 \*365)/1000 = 41,063 ton/año

*De donde,*

- **Producción mensual** = Producción año /12 = 82,125/12 = 3,422 ton/mes
- **Producción semanal** = Producción día\* 7 = 787.5 ton/semana

Es necesario esclarecer la cantidad de residuos a recolectar antes de planear el sistema de recolección. La cantidad de residuos puede ser calculada utilizando la siguiente fórmula:

$$V_c = \sum_i (r_i \times V_{gi})$$

**Dónde:**

$V_c$  = Cantidad de residuos a ser recolectados (Ton/día)

$R_i$  = Cobertura de la Recolección (%)

$V_{gi}$  = Generación de residuos (Ton/día)

$I$  = Tipo de generador de residuos (población, negocios, comercios, instituciones).

### 2.1.2 Número de habitantes y viviendas

Dentro de un área de estudio se debe tomar en cuenta un plano a escala que permita visualizar con claridad toda el área de estudio, y la infraestructura vial que identifique:

- Los sectores o Barrios y sus límites, zonas comerciales, zonas industriales y grandes generadores (por ejemplo comercios aislados o, instituciones que pueden ser servidos por compañías autorizadas).
- Número de habitantes y de viviendas por sector. Para la determinación de estos valores utilice los datos del último Censo Nacional y proyecte dichos valores al año de estudio de acuerdo con la tasa de crecimiento anual.

### **2.1.3 Condiciones viales**

- Las calles donde no es posible el movimiento de los vehículos de recolección (ancho de la vía, altura del cableado eléctrico).
- Las calles o avenidas que tengan un sentido único de circulación.
- Las calles o avenidas con alto flujo de tránsito, consignando a la vez las horas punta cuando esto se produce.
- Las calles o avenidas que durante el día modifican su sentido de circulación, indicando a la vez el horario cuando esto ocurre.
- Calles o avenidas de fuertes pendientes. En este caso se identificará el punto más alto y más bajo.
- Será necesario identificar:
  - ✓ Grandes generadores.
  - ✓ Áreas verdes.
  - ✓ Ubicación centro de operaciones.
  - ✓ Ubicación del relleno sanitario/vertedero.

### **2.1.4 Realizar el Estudio de tiempo y movimiento**

El estudio de tiempo y movimiento consiste en monitorear directamente en terreno los tiempos de las rutas a optimizar. Esta información permitirá efectuar el diagnóstico de los recorridos actuales de recolección y generar la información necesaria para la posterior optimización.

El período de monitoreo debe ser de al menos un mes y debe ser realizado por personal especialmente capacitado para ello, de modo que se evitan errores en el levantamiento de la información y a la vez se capacita al conductor del camión en la toma de datos.

Por otra parte, si las rutas en estudio incluyen la recolección de residuos industriales y/o de comercio -y se ha decidido que una vez implementadas las rutas optimizadas estos serán recolectados-, se debe proceder a cuantificar la cantidad de residuos que corresponden a estos generadores, para ello, al menos durante 15 días se recolectan por separado dichos residuos y se registran las toneladas recolectadas.

Se diagnostica si la frecuencia de recolección es la adecuada, a través de una comparación entre el valor obtenido para el indicador toneladas recolectadas/ tiempo recolección (Ton / hora) para las rutas en estudio con el valor óptimo que se indica en el cuadro siguiente:

**Tabla 3 Rango aceptable para indicador Toneladas/Tiempo total de recolección**

<b>Tipo de recolección (Zona urbana)</b>	<b>Rango aceptable</b>	<b>Valor Optimo</b>
Método puerta a puerta, o mixto, 3 ayudantes.	2.3 a 2.6 ton/hora	2.45 ton/hora
Método de punto a punto, (contenedores), 3 ayudantes,	2.8 a 3.2 ton/hora	3.0 ton/hora

Fuente: Manual Mejoramiento del Servicio de Recolección del ADN, 2011.-

Se debe diagnosticar si las rutas de recolección se han establecido adecuadamente y que los vehículos no operan con sobre carga, comparando los valores obtenidos para el indicador Toneladas/viaje con la carga útil máxima que puede transportar el camión que realiza la ruta.

Se establecerá que la ruta está bien diseñada si la relación entre toneladas por viaje con la carga útil de transporte del camión está dentro del rango óptimo de 0.9 a 1.05; cualquier valor fuera de este rango indicará que la ruta debe ser optimizada.

La capacidad útil máxima de transporte del camión se establecerá considerando el peso bruto del vehículo, peso del chasis, y peso de la caja compactadora, de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{Carga Útil Máxima} = \text{Peso Bruto del vehiculo} - \text{Peso del chasis} - \text{Peso Caja Compactadora}$$

### 2.1.5 Realizar el Estudio de la capacidad de almacenamiento

La forma como se almacenan los residuos sólidos está determinada por:

- ✓ la cantidad;

- ✓ la composición;
- ✓ el transporte (tipo de recolección, frecuencia).

Es necesario examinar la capacidad de almacenamiento de la siguiente manera:

- Verificar la condición de los contenedores de residuos ubicados en las calles por 15 días continuos a la misma hora del día.
- Condición de los contenedores: Llenos, desbordado, no llenos (→ x% ocupado), vacío, dañado.

Para realizar este estudio, es necesario conocer los tipos de almacenamiento.

### **2.1.6 Análisis de los Registros de recolección de residuos**

Es necesario verificar cualquier historial disponible sobre el sistema de recolección vigente. Los puntos principales a registrar serán:

- Número de viajes por vehículo de recolección,
- Persona encargada,
- Horas laborables y,
- Número y ubicación de los contenedores si los hay.

## **2.2 Planeamiento del sistema de Recolección y Transporte**

Para la planificación de la recolección y el transporte, es necesario considerar muchos requerimientos técnicos. El sistema de recolección de residuos sólidos se debe preparar de forma eficiente y con criterios sanitarios, incluyendo la frecuencia de recolección, días/horas de recolección, rutas de recolección, métodos de recolección, equipos, posible punto de transferencia, etc. También se debe considerar la fluctuación estacional y semanal en la generación de los residuos.

Las rutas de recolección deben ser decididas por medio de ensayos, simulaciones en el mapa con conocimiento previo de las condiciones viales de cada zona y la experiencia adquirida con los trabajos anteriores de recolección (Registro de Recolección).

### **2.2.1 Definición de los objetivos del plan y características del servicio**

El diseño del sistema de recolección, dependerá de:

- Las características de los residuos y almacenamiento ((generación, industria o negocios).
- Características de la ciudad (pendientes, ancho vía, congestión vehicular, etc.).
- Características del lugar de descarga (estación de transferencia o relleno sanitario).
- Tipo de camión
- Frecuencia
- Horario de atención
- Recursos económicos e infraestructuras disponibles

A continuación se enumeran algunas consideraciones técnicas que deben discutirse previo al diseño de las rutas de Recolección:

- Número y tipo de equipo seleccionado
- Número de personas en el equipo
- Frecuencia de recolección
- Distancia entre paradas y estaciones
- Distancia al sitio de disposición final o estación de transferencia
- Manejabilidad de los contenedores
- Topografía del terreno
- Tránsito en la ruta
- Condiciones viales de las rutas

### **2.2.2 Diagnóstico de las rutas actuales**

Utilizando la información obtenida mediante la Evaluación del Sistema Actual, se debe proceder a efectuar un diagnóstico de las rutas, para establecer la necesidad de optimizarla o de crear nuevas rutas. El diagnóstico se realiza sobre la base de Indicadores Óptimos que se definen a continuación:

#### **1) Toneladas recolectadas vs horas de recolección**

Se diagnóstica si la frecuencia de recolección es la adecuada, a través de una comparación entre el valor obtenido para el indicador toneladas recolectadas/ tiempo recolección (Ton / hora) para las rutas en estudio con el valor óptimo que se indica en el cuadro siguiente:

**Tabla 4 Rango aceptable para indicador Toneladas**

Rango aceptable para indicador Toneladas/Tiempo total de recolección		
Tipo de recolección (Zona urbana)	Rango aceptable	Valor Óptimo
Método puerta a puerta, o mixto, 3 ayudantes.	2.3 a 2.6 ton/hora	2.45 ton/hora
Método de punto a punto, (contenedores), 3 ayudantes,	2.8 a 3.2 ton/hora	3.0 ton/hora

Si la relación entre valor del indicador logrado y el Indicador Óptimo es menor a 0.9, se puede decir que la frecuencia del servicio no es la adecuada, y que se requiere extender el periodo entre los días de recolección, es decir disminuir la frecuencia y por lo tanto la ruta debe ser optimizada.

## **2) Toneladas por viaje y rendimiento del personal**

Se diagnóstica si las rutas de recolección se han establecido adecuadamente y que los vehículos no operan con sobre carga, comparando los valores obtenidos para el indicador Toneladas/viaje con la carga útil máxima que puede transportar el camión que realiza la ruta.

Se establecerá que la ruta está bien diseñada si la relación entre toneladas por viaje con la carga útil máxima de transporte del camión está dentro del rango óptimo de 0.9 a 1.05, cualquier valor fuera de este rango indicará que la ruta debe ser optimizada.

De igual manera, se diagnóstica el rendimiento diario de un ayudante de recolección, comparando la cantidad de residuos recolectados al mes con el número de ayudantes efectivos al mes. Si el valor es sustancialmente menor al óptimo fijado, se puede decir que el rendimiento logrado por los ayudantes no es el adecuado, lo que presumiblemente se debe a una baja acumulación de residuos y un gran recorrido, por lo que se debe estudiar otra frecuencia y optimizar la ruta.

Se establecerá que la ruta está mal diseñada si el rendimiento del ayudante de recolección es menor a 4.3 ton/ayudante/día, establecido como valor óptimo.

### **2.2.3 Optimización de Rutas**

Se optimizará la ruta cuando el diagnóstico realizado arroje como resultado que

algunos de los indicadores presentan valores fuera de los rangos definidos como aceptables u óptimos.

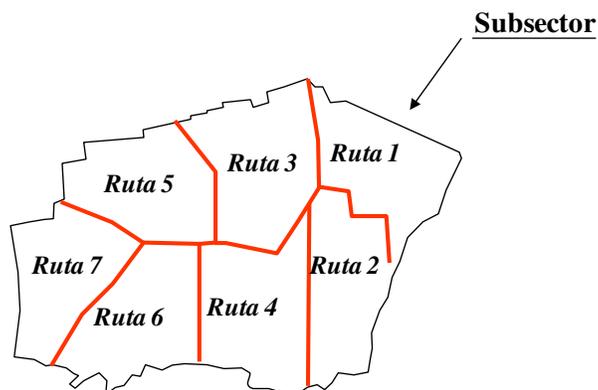
### 2.2.4 Diseño de las Rutas de Recolección

La ruta corresponde al recorrido que efectúa un camión de recolección en la jornada de trabajo. El camión puede llevar a cabo más de una vuelta al sitio de disposición final para completarla.

El número de **rutas** es igual al número de camiones que realizan el servicio.

#### 1) Sectorización

La primera actividad a realizar es la sectorización, la cual consiste en dividir el área que cubren las rutas actuales, de manera que cada sector asigne a cada equipo de recolección una cantidad apropiada de trabajo, utilizando toda su capacidad. Los sectores pueden ser divididos en subsectores, donde cada uno de ellos corresponde a un viaje de recolección.



**Figura 3 Subsectores que componen las rutas de recolección.**

Antes de proceder con el diseño, se debe precisar las siguientes características del servicio de recolección:

**Tabla 5 Características del servicio de recolección**

Frecuencia de Recolección:	Esta podrá ser diaria (6 días a la semana), tres veces por semana o dos veces por semana. La frecuencia define el número de días de atención en el subsector.
Carga útil de camión recolector:	Se definirá el o los camiones a utilizar y la carga útil máxima.
Número de viajes jornada:	Se definirá el número de viajes que realizará el camión dentro de la jornada de trabajo.
Número de jornadas al día:	Se definirá si el sector de estudio tendrá recolección diurna, nocturna; en este caso sólo se realizará una jornada al día, o ambas a la vez, lo que indica dos jornadas días.
Número de días de trabajo a la semana:	Se definirá cuantos días a la semana trabajará el camión recolector en el sector.

## 2) Frecuencia de la recolección

Se refiere al número de veces que se recolectan los residuos en un período de una semana.

La frecuencia dependerá de:

- ✓ El tipo de residuo (su nivel de descomposición)
- ✓ La combinación del punto generador de residuos e instalación de almacenamiento.

El total de toneladas a recolectar diariamente dependerá de la frecuencia de la recolección, pues esta establece los días de acumulación en las casas.

Cálculo de toneladas diarias a recolectar

## 3) Frecuencia Diaria

La recolección toma lugar todos los días de la semana, por lo tanto la producción diaria es recolectada todos los días excepto los lunes, donde se recolecta lo que se ha generado en los últimos dos días, como muestra la siguiente grafica



**Figura 4 Asignación de área (frecuencia diaria)**

- Cálculo Tonelaje: frecuencia diaria: lunes a sábado
  - ✓ Días de acumulación normal: 1 día
  - ✓ Días de acumulación máxima: 2 días

$$\text{ton/día normal} = \frac{(\text{ton/semana})}{7} \times \text{Dia acumulacion normal}$$

- ✓ ton/sm = 787.5
- ✓ ton/día normal = 112.5 ton/día

$$\frac{\text{ton}}{\text{día}} \text{pico} = \frac{\left(\frac{\text{ton}}{\text{semana}}\right)}{7} \times \text{Diasde acumulacion maximo}$$

- ✓ ton/día pico = 225 ton/día

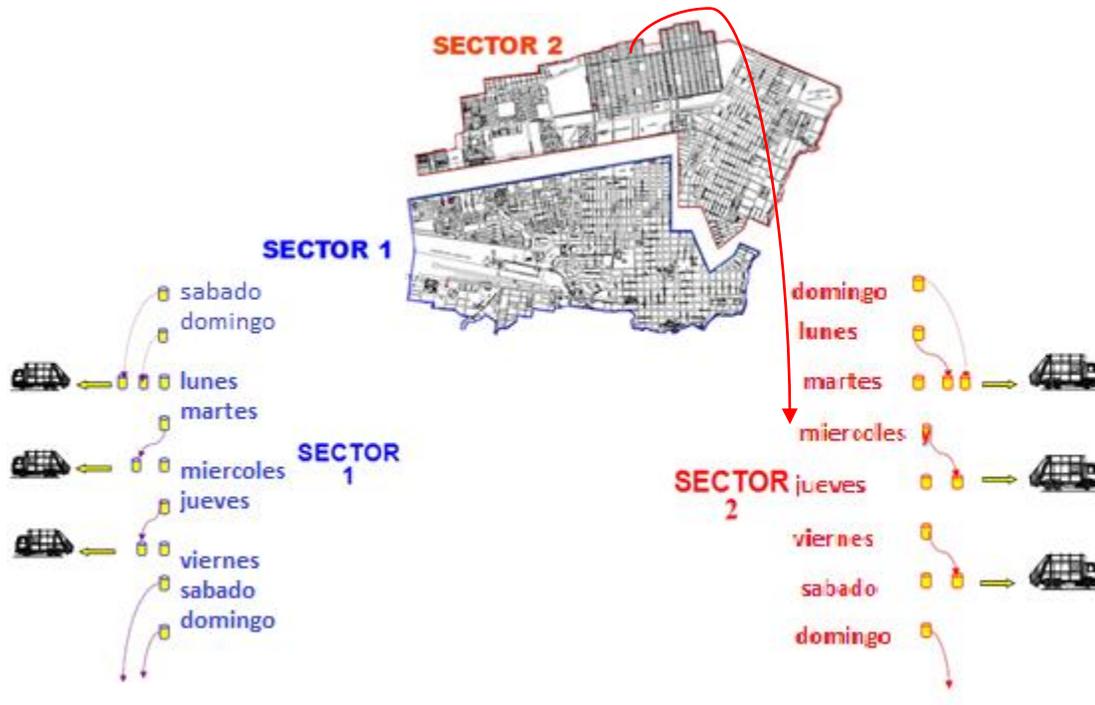
#### 4) Frecuencia de tres veces a la semana

La recolección de residuos es realizada tres veces a la semana, por lo cual los restos son almacenados por más de un día en las viviendas.

La recolección es realizada considerando dos sectores de atención.

- ✓ **Sector 1 de atención:** Lunes – Miércoles – Viernes
- ✓ **Sector 2 de Atención:** Martes – Jueves – Sábados

Luego, la ciudad se divide en dos sectores



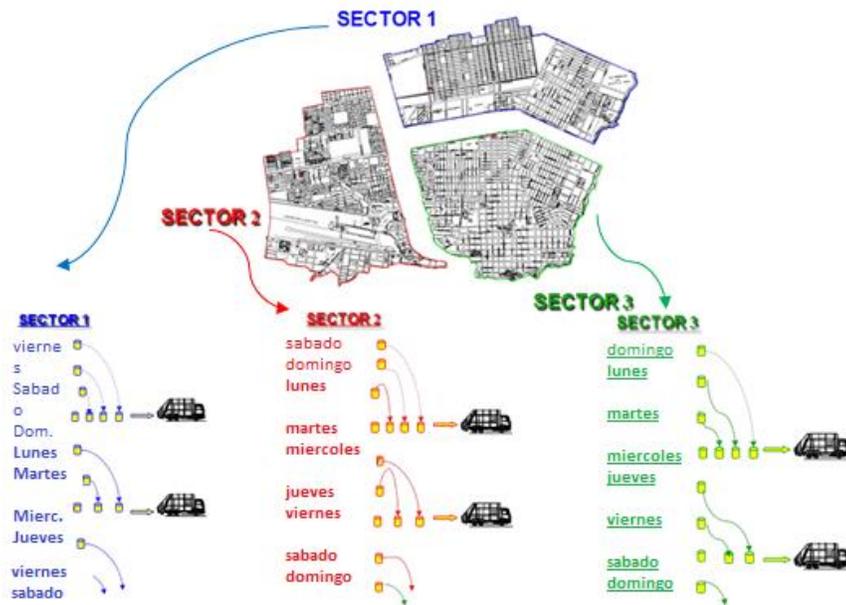
**Figura 5 Asignación de áreas (tres veces por semana)**

- **Cálculo Tonelaje: frecuencia de tres veces por semana**
  - ✓ Días de acumulación normal: 2 días
  - ✓ Días de acumulación máxima: 3 días
  - ✓ Numero de sectores: 2
  - ✓ Tonelaje semanal por sector: Tonelaje semana/#sectores
    - ✓ Tonelaje por sector =  $787.5/2 = 393.8$  ton/sem
    - ✓ Ton/día normal =  $393.8 \times 2/7 = 112.5$  ton/día
    - ✓ Ton/día pico =  $393.8 \times 3/7 = 168.8$  ton/día

### 5) Frecuencia de dos veces a la semana

La recolección de los residuos realizada dos veces a la semana. Por esto dividimos la ciudad en tres sectores de acuerdo con el día de atención.

Sector 1 de atención:  
Lunes - Jueves  
Sector 2 de atención:  
Martes - Viernes  
Sector 3 de atención:  
Miércoles – Sábado



**Figura 6 Asignación de áreas (dos veces por semana)**

- Cálculo Tonelaje: frecuencia de dos veces por semana
  - ✓ Días de acumulación normal: 3 días
  - ✓ Días de acumulación máxima: 4 días
  - ✓ Numero de sectores: 3
  - ✓ Tonelaje semanal por sector:  $\text{Tonelaje semana} / \# \text{sectores}$ 
    - ✓  $\text{Tonelaje por sector} = 787.5 / 3 = 262.5 \text{ ton/sem.}$
    - ✓  $\text{Ton/día normal} = 262.5 \times 3 / 7 = 112.5 \text{ ton/día}$
    - ✓  $\text{Ton/día pico} = 262.5 \times 4 / 7 = 150.0 \text{ ton/día}$

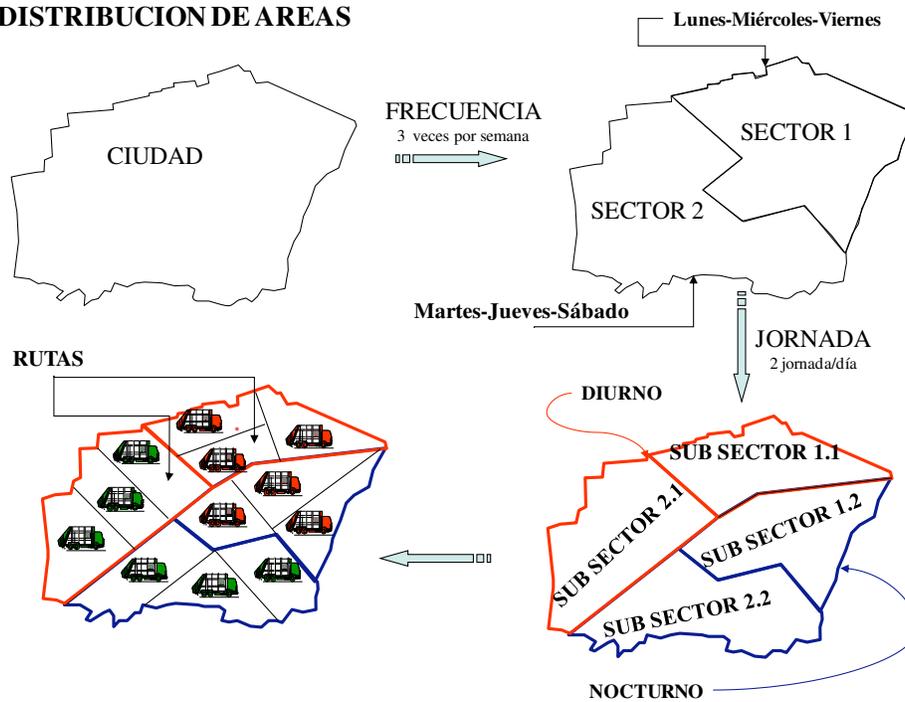
**Tabla 6 Toneladas de residuos a recolectar en función de la frecuencia de atención**

Frecuencia	sector	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	Sábado	Total sector	Total
Diaria		225,00	112.50	112.50	112.50	112.50	112.50	787.50	788
3 veces x semana	1	168.75		112.50		112.50		393.75	788
	2		168.75		112.50		112.50	393.75	
2 veces x semana	1	150.00			112.50			262.50	788
	2		150.00			112.50		262.50	
	3			150.00			112.50	262.50	

**Tabla 7 Número diario de camiones operativos en función de la frecuencia de atención, suponiendo camiones de 10 toneladas**

Frecuencia	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	sábado
Diaria	23	12	12	12	12	12
3 veces por semana	17	17	12	12	12	12
2 veces por semana	15	15	12	12	12	12

**DISTRIBUCION DE AREAS**



**Figura 7 Distribución de áreas**

## 6) Cálculo de subsectores y número de vehículos recolectores

Calcule el número total de subsectores y el número de subsectores atendidos por un camión como sigue:

$$\text{No. Total Subsectores} = \frac{\text{Toneladas día máxima acumulación}}{\text{Carga útil camión recolector por viaje} \times \text{Numero viajes jornada}}$$

$$\text{No. Subsectores atendidos por un camión} = \frac{(\text{No. Días trabajados a la semana}) \times (\text{No. Jornada día})}{\text{No. Días de atención a la semana en el subsector}}$$

Conocido el número total de subsectores y el número de subsectores atendidos por un camión, proceda a calcular el número de camiones necesarios para desarrollar el servicio de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{No. Camiones} = \frac{\text{No. Total Subsectores}}{\text{No. Subsectores atendidos por un camión}}$$

Verificación del número de viajes por jornada realizado por camión

Conocido el número de subsectores y camiones necesarios para realizar el servicio de recolección en el área de estudio, proceda a verificar el tiempo que se requiere para efectuar el número de viajes establecidos por jornada y las toneladas totales transportadas.

Calcule el tonelaje que debe transportar cada camión en la jornada el día de máxima acumulación, de acuerdo a:

$$\text{Toneladas día pico a transportar por camión} = \frac{\text{Toneladas día pico} \times \text{No. Días atención a la semana por subsector}}{\text{No. Días trabajados a la semana} \times \text{No. De camiones}}$$

Si se considera para el camión más de un viaje en la jornada, contemple siempre que el primer viaje se realiza a carga útil máxima.

Calcule el tiempo muerto y de recolección para el primer viaje, de acuerdo a:

$$\text{Tiempo Muerto 1er viaje} = \text{Tiempo base a ruta} + \text{tiempo ruta a relleno} + \text{tiempo relleno} + \text{tiempo relleno a ruta}$$

$$\text{Tiempo Productivo 1er Viaje} = \frac{\text{Toneladas Carga Útil Máxima}}{\text{Toneladas / Horas de recolección}}$$

Adopte el valor del indicador Toneladas/hora de recolección igual al valor óptimo indicado anteriormente, tomando en cuenta el tipo de recolección.

Sume el tiempo muerto y productivo del primer viaje para obtener el tiempo de ciclo<sup>3</sup> del primer viaje.

$$\text{Tiempo de ciclo 1er viaje} = \text{tiempo muerto 1er viaje} + \text{tiempo productivo 1er viaje}$$

Si se considera un único viaje por jornada, compare el tiempo de ciclo con el tiempo de la jornada, si el tiempo de ciclo es menor que el tiempo de la jornada y la relación entre Toneladas por viaje Vs. carga útil máxima, es mayor o igual a 0.9 los subsectores están bien diseñados, en caso contrario, considere el diseño de las rutas con camiones de menor capacidad y calcule nuevamente el número de subsectores.

Si se considera más de un viaje por jornada, calcule el tiempo disponible para el segundo ciclo de acuerdo a:

$$\text{Tiempo disponible 2do ciclo} = \text{Horas jornada} - \text{Horas primer ciclo}$$

Calcule el tiempo muerto total para el segundo viaje y el tiempo disponible de recolección como:

$$\text{Tiempo muerto 2do viaje} = \text{Tiempo ruta a relleno} + \text{Tiempo relleno} + \text{Tiempo relleno a base}$$

$$\text{Tiempo disponible recolección 2do viaje} = \text{Tiempo disponible 2do viaje} - \text{Tiempo muerto 2do viaje}$$

Calcule las toneladas a transportar en el segundo viaje

$$\text{Toneladas 2do viaje} = \text{Toneladas por camión día pico} - \text{Toneladas 1er viaje}$$

Calcule el tiempo necesario para realizar la recolección de las toneladas del segundo viaje como:

---

<sup>3</sup> Tiempo de ciclo: Corresponde al tiempo que demanda un viaje completo de recolección

$$\text{Tiempo real recolección 2do viaje} = \frac{\text{Toneladas 2do Viaje}}{\text{Toneladas / Horas de recolección}}$$

Adopte el valor del indicador Toneladas/hora de recolección igual al utilizado en el primer viaje.

Si el tiempo disponible para recolección 2° viaje es mayor que el tiempo de recolección 2° viaje, se verifica que el camión puede recolectar el total de toneladas asignadas dentro de la jornada de trabajo, calcule entonces el tiempo total trabajado en la jornada como:

$$\text{Tiempo total trabajado en la jornada} = \text{Tiempo (muerto + Productivo) 1er viaje} + \text{Tiempo (muerto + productivo) 2do viaje}$$

Si el tiempo disponible para recolección del 2° viaje es menor al tiempo real de recolección 2° viaje, calcule las toneladas recolectadas correspondientes al tiempo disponible como:

$$\text{Toneladas reales de recolección 2do viaje} = \text{Tiempo de recolección disponible 2do viaje} \times (\text{Toneladas/hora recolección})$$

Utilice el mismo valor empleado anteriormente para Toneladas/hora de recolección. Calcule el total de toneladas recolectadas en la jornada como la suma de las toneladas del primer y segundo viaje y calcule el número de viajes jornada como

$$\text{No. Viajes jornada} = \frac{\text{Toneladas totales recolectadas en la jornada}}{\text{Carga útil camión recolector por viaje}}$$

Con el nuevo valor del número de viajes jornada repita el proceso de cálculo de subsectores y número de camiones.

**7) Cálculo del número de contenedores**

En el caso de que en el proceso de optimización de las rutas, se considere una variación de la frecuencia (disminución o aumento) y existan contenedores, se deberá calcular el nuevo número de contenedores en base al siguiente procedimiento.

De acuerdo a la ubicación de los contenedores, información contenida en planos y

características de las rutas actuales, determine el número de habitantes que utilizan contenedores para almacenar sus residuos.

Con el número de habitantes, la PPC calculada y el número de días de la máxima acumulación, calcule las toneladas a almacenar en los contenedores:

$$\text{Toneladas a almacenar en contenedor} = \text{No. Habitantes} \times \text{P.P.C.} \times \text{No. Días máxima acumulación}$$

Calcule el volumen total de residuos a almacenar en contenedores:

$$\text{Volumen residuos a almacenar en contenedor} = \frac{\text{Toneladas almacenadas en contenedor}}{\text{Densidad de basura en contenedor}}$$

Asuma la densidad de la basura en el contenedor entre 0.15 a 0.2 Ton/m<sup>3</sup>.

Defina la capacidad de los contenedores que se instalarán y determine el número de contenedores:

$$\text{No. De Contenedores} = \frac{\text{Volumen residuos a almacenar en contenedor}}{\text{Capacidad de un contenedor} \times 0.9}$$

Se debe considerar un factor de seguridad en el cálculo, por lo que se asumió que los contenedores solo se llenarán hasta el 90% de su capacidad máxima (0.9).

Conocido el número de contenedores, proceda a distribuirlos en el área, en base al número de habitantes.

### **8) Diagramación de las rutas de recolección**

La diagramación consiste en el desarrollo de la ruta de recolección para que cada vehículo pueda completar el servicio en el menor tiempo y recorrido.

### **9) Informaciones previas requeridas para la diagramación:**

- Emplazamiento Base o Ubicación plataforma de operaciones
- Lugar de disposición final
- Sentido de la circulación
- Horas de mayor flujo de tránsito y la situación de congestión
- Topografía
- Rutas útiles y no-útiles

- Tipo de elaboración de rutas

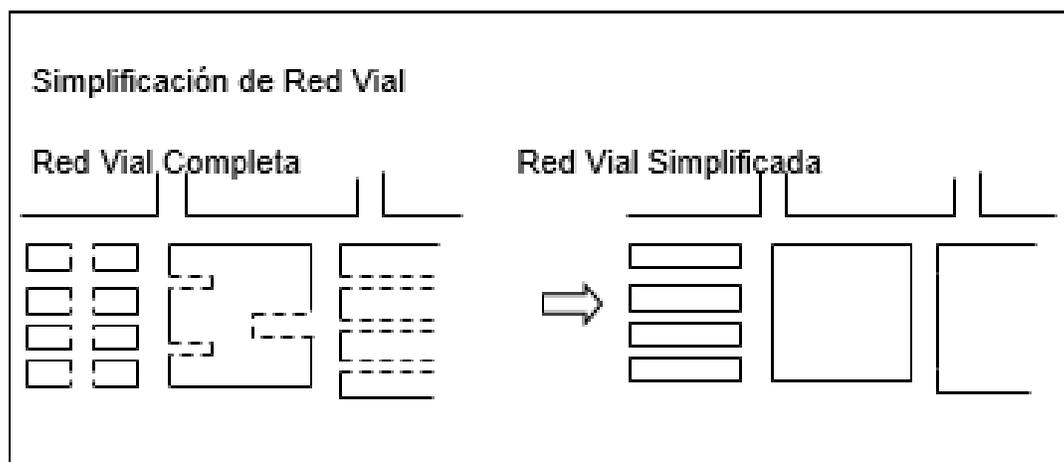
Dentro del sistema de recolección, se deben identificar varios pasos para lograr un desarrollo óptimo y eficiente del sistema. Por ejemplo, para una ruta óptima se debe decidir entre las siguientes condiciones:

**Peine:** Recolección de ambos lados de las vías a la misma hora, se recorre solamente una vez por vía. Se recomienda para zonas de baja densidad poblacional y de superficie pequeña.

**Doble Peine:** Recolección de un lado de las vías; se recorre por lo menos dos veces por cada vía. Se recomienda para zonas de alta densidad poblacional y principalmente en zonas comerciales.

Para proceder con la diagramación, prepare un plano de trabajo para cada subsector, a partir de una copia del plano de Límites Subsectores o utilizando papeles transparentes.

En ambos casos, simplifique la red vial de acuerdo a la información contenida en el plano Área de Estudio y el criterio de la siguiente figura:



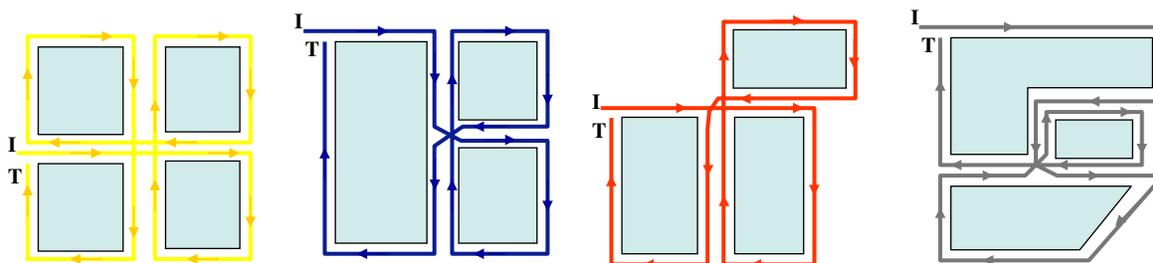
Nota: No se ofrece el servicio de recolección en las líneas punteadas

**Figura 8 Diagramación de Ruta**

Dibuje el desarrollo o trazado de la ruta tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Evite duplicaciones, repeticiones y movimientos innecesarios.
- Respete las disposiciones de tránsito.

- c) Minimice el número de vueltas a la izquierda 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) Trate de iniciar las rutas en los puntos más cercanos a la base, 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 al inicio de la ruta.
- g) Dentro de lo posible las vías empinadas deben recorrerse cuesta abajo, realizando la recolección a ambos lados de las vías, con el fin de aumentar la seguridad de trabajo, acelerar la recolección, minimizar el desgaste de equipos y reducir el consumo de combustible y aceite.
- h) Cuando use el trazado Peine es preferible desarrollar las rutas con recorridos largos y rectos antes que dar vueltas a la derecha.
- i) Cuando use el trazado de Doble Peine es preferible desarrollar las rutas con muchas vueltas en el sentido del reloj, alrededor de manzanas.



**Figura 9 Diagrama para varios bloques.**

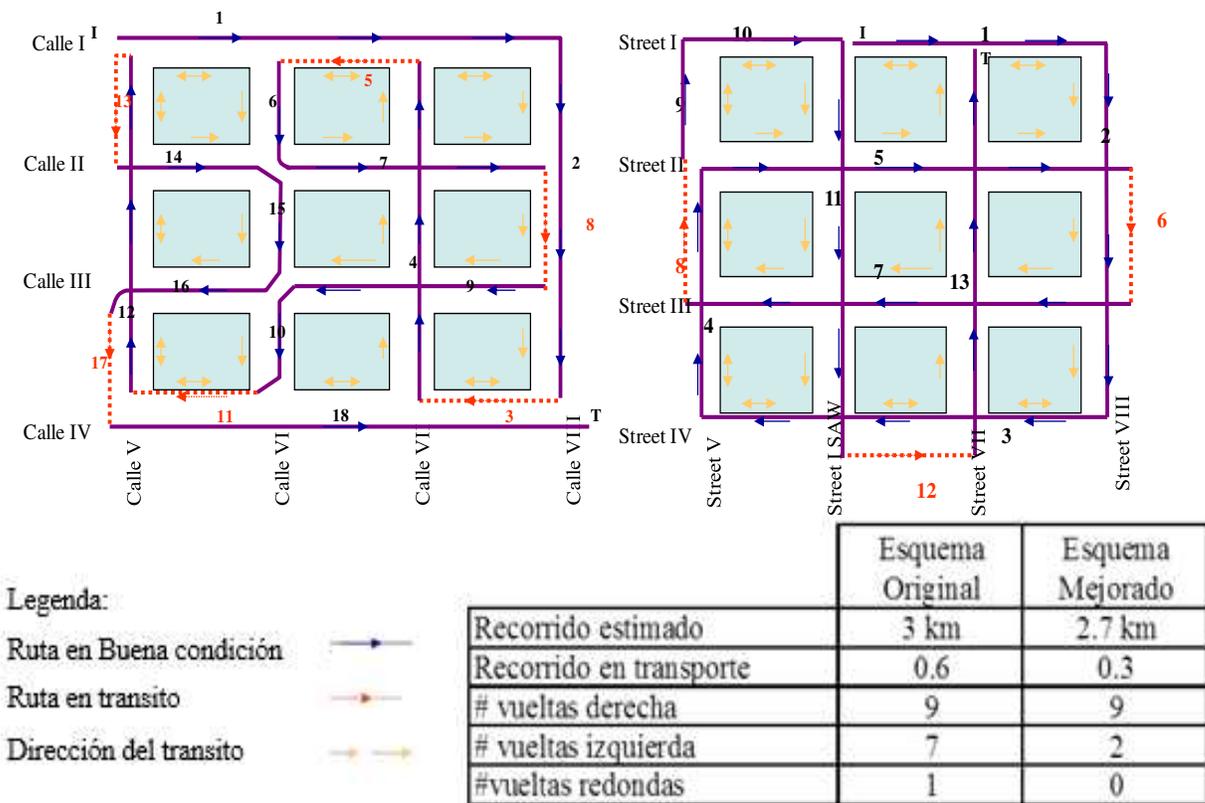


Figura 10 Diagrama para varios bloques.

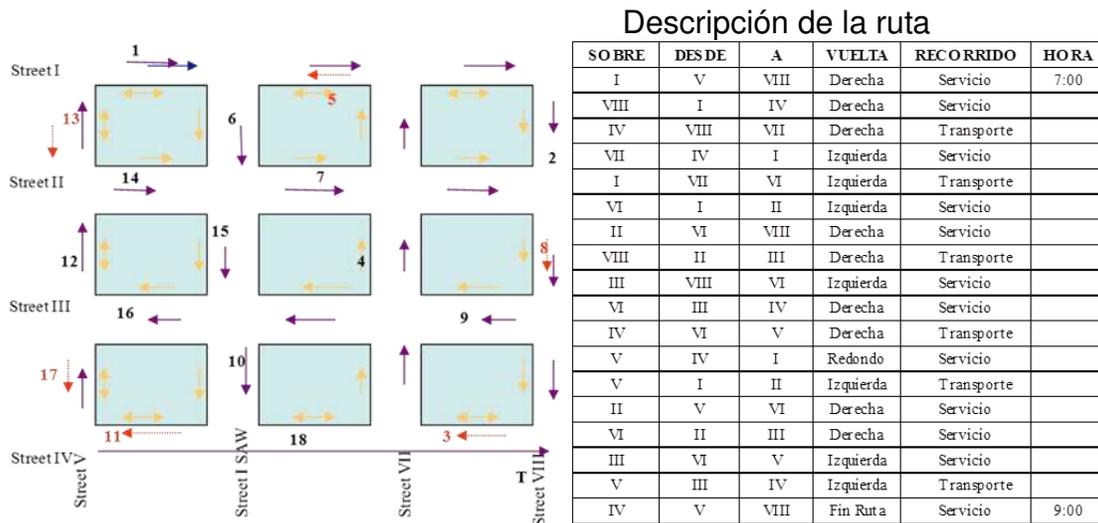


Figura 11 Diagrama de ejemplo para plan de recolección de ruta (2)

Repita el procedimiento anterior para optimizar el recorrido, cuantificando para cada diagramación realizada el número de vueltas a la izquierda y a la derecha, y

las distancias no productivas.

Seleccione la diagramación de la ruta que tiene el menor número de vueltas a la izquierda y menor recorrido no productivo.

## **10) Verificación, Implantación y Evaluación de Rutas**

Debe verificar cada una de las diagramaciones de las rutas, para lo cual proceda a:

- Cuantificar la longitud del viaje por km en cada ruta.
- Verificar las vías (dirección del tránsito).
- Revisar la manejabilidad de las calles en cualquier momento del año.
- Reportar si dentro de las rutas propuestas existen manzanas no habitadas que no necesitarían limpieza.
- Anotar los problemas de circulación causados por calles estrechas, obstrucción debido a vehículos aparcados, calles empinadas, etc.
- Describir la ruta de recolección ya verificada para la zona.

Antes de poner en operación las nuevas rutas capacite al personal, incluyendo a los supervisores, conductores y recolectores en las siguientes materias:

- Responsabilidades establecidas por puesto de trabajo y relación funcional entre ellos
- Interpretación de la simbología utilizada en la diagramación de rutas, como ser inicio y término de ruta, dirección del recorrido, recorrido en servicio y en transporte exclusivo, puntos de fiscalización
- Forma de ejecutar el servicio, recolección puerta a puerta, levante de contenedores, residuos que no forman parte del servicio, forma de operar el sistema compactador, procedimientos de carga y descarga, detección de sobre generadores.
- Uso de los implementos de seguridad, aspectos relacionados con los riegos y accidentes laborales inherentes a la actividad.
- Capacite al conductor y supervisor sobre la forma de llenar y operar con el formulario Orden de Trabajo Diario y adiéstrelo en terreno en relación a los nuevos recorridos.

- Realice actividades dirigidas a informar a la comunidad sobre el nuevo servicio de recolección, dentro de estas desarrolle:
  - ✓ Reuniones con los pobladores de las distintas barriadas donde informe claramente la frecuencia, días y horarios de atención del servicio de recolección
- Instalación de carteles en puntos altamente concurridos, como ser campos deportivos, supermercados, escuelas, etc.
- Distribución de volantes donde se indique los días y horarios de atención, frecuencia del servicio y el número telefónico donde se puede consultar sobre el nuevo servicio y/o plantear reclamos

Ponga en operación las nuevas rutas, y considere un periodo de prueba de 30 días en el cual efectuará el monitoreo constante de ellas y los ajustes necesarios.

Durante la primera semana asigne a un supervisor para que verifique diariamente el cumplimiento de las rutas y detecte cualquier anomalía. Si detecta alguna anomalía, analice como ésta impacta el diseño y/o la diagramación y realice el ajuste correspondiente.

Asigne al supervisor de la ruta puntos específicos donde deberá controlar la hora de pasada del camión. Estos puntos posteriormente los usará como puntos de control de la ruta.

En el periodo de prueba revise en forma aleatoria cada una de las rutas durante e inmediatamente efectuada la recolección y verifique la calidad del servicio, controlando:

- El correcto levante de todos los residuos
- El adecuado manejo del equipo compactador
- El correcto levante y descarga de los contenedores
- La existencia de residuos diseminados
- La limpieza de toda el área aledaña a los contenedores
- La generación de ruidos excesivos, identifique su origen (equipo compactación, bocina, personal, etc.)

- La descarga de líquidos desde el camión hacia las calles
- El uso adecuado del uniforme e implementos de seguridad por parte de los trabajadores
- El comportamiento del personal de recolección hacia los usuarios
- La presencia de residuos no domiciliarios que no pueden ser cargados en el camión compactador

De ser necesario vuelva a capacitar al personal y refuerce su adiestramiento en relación a la forma de ejecutar su trabajo.

Diariamente recupere los datos contenidos en la Hoja de Ruta para poder garantizar la correcta evaluación de la ruta.

### 2.2.5 Indicadores para la operación óptima

Los indicadores constituyen una excelente herramienta para la evaluación del servicio, a través de un constante manejo de estos podemos:

- Mejorar la administración del servicio.
- Monitorear y controlar las actividades
- Comparar entre actividades similares (rutas, sectores, etc.)

Los indicadores resultan de relacionar cantidades prefijadas (información base) que se obtiene del monitoreo constante de una actividad.

**Tabla 8 Indicadores para la evaluación de las rutas.**

Posibles indicadores	Unidad
Número de ayudantes eficaces	ayudante / mes
Cantidad de residuos recogidos por mes	ton /mes
Número de viajes por mes	viaje/ mes
Número de horas trabajadas por mes de trabajo	horas / mes
Número de horas de recolección por mes	Recolección / mes
Número de horas pagadas para el conductor	Horas/ mes
Número de horas pagadas para ayudante	Horas/ mes
Número total de horas pagadas al mes	Horas pagas / mes
Días de trabajo efectivos	Días mes / mes
Longitud total de conducción para la recolección	km/mes
El consumo de combustible mensual	Galón/ mes
Población cubierta por el servicio	Número de habitantes servidos
Población urbana total	No. de habitantes
Número de vehículos programados	No. de habitantes por vehículo



de recolección, así como del vehículo de transferencia, costos de operación de la estación de transferencia (E/T) incluyendo la mano de obra necesaria, etc.

- Considerar la implementación de una mancomunidad, en donde el municipio principal en la provincia se puede permitir una distancia larga de transporte.

### **2.2.7 Recolección con Separación de residuos en la fuente**

La recolección de residuos reciclables o de otros materiales segregados en la fuente puede requerir el aumento de viajes y equipos de recolección de residuos. También requiere la separación del material en la fuente de generación.

La introducción de la segregación en la fuente debe ser discutida y decidida considerando:

- La política de recuperación de materiales
- La política de reducción de residuos sólidos en el sitio de disposición final
- Colaboración del sector privado al igual que los segregadores informales (buzos).

Debido al tiempo de operación de este método, es el más costoso, pero a la vez el más cómodo para la ciudadanía. La forma de los trabajadores realizar los trabajos en los camiones recolectores es de la siguiente forma: los recolectores trasladan los recipientes con los residuos desde los domicilios y traen los recipientes vacíos al lugar de origen. Otra forma posible, es establecer puntos específicos para depositar los materiales según el tipo de residuo segregado; la ciudadanía deberá llevar los residuos hasta ese punto.

La recolección se hace de forma alterna (p.ej. tres días orgánicos, dos días inorgánicos) o con camiones adaptados. Se recomienda hacer la selección en dos grupos (orgánico e inorgánico) o hasta tres grupos conforme la tabla siguiente:

El método a usar para segregar los residuos sólidos según su composición, puede verificarse en el *Manual de Tratamiento Intermedio y Reciclaje* de este Proyecto, pero en general serán:

- Residuos orgánicos - Residuos reciclables - Residuos no reciclables (restos)

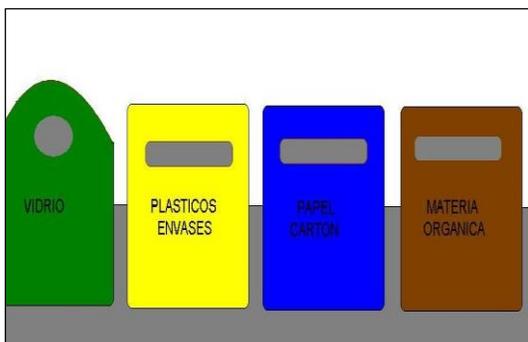
- Residuos de jardines - Restos de la comida (especialmente de las frutas y legumbres)
- Servilletas blancas, papel y cartón (mezclados con residuos orgánicos)
- Plásticos, Vidrio, Latas (aluminio y latón), Metales, Medicamentos caducos (peligroso) Pilas usadas (peligrosas).
- Restos de los artículos de limpieza, Toallas sanitarias y pañales.



**Foto 12 Contenedores Móviles**



**Foto 13 Método de recolección**



**Foto 14 Diferentes contenedores para diferentes tipos de residuos y tipos de recolección con segregación de los residuos**



**Foto 15 Diferentes contenedores para diferentes tipos de residuos y tipos de recolección con segregación de los residuos**

### **2.2.8 Recolección de residuos Voluminosos y restos de poda**

Para la recolección de residuos voluminosos y de poda de gran tamaño, se recomienda establecer rutas especiales con frecuencia muy baja, como por ejemplo una vez al mes. Otra opción será, prestar el servicio a solicitud de los interesados o cuando lo reporte un inspector municipal.

Para este tipo de residuos, se recomienda utilizar un vehículo sin compactación, ya que este tipo de residuos puede dañar las placas internas del camión compactador.

# PARTE III

## 3 OPERACIÓN

Una vez implementado el sistema de recolección y transporte, inicia la fase de operación del mismo, en la cual deben realizarse una serie de actividades de manera constante.

### 3.1 Monitoreo y Control

El término monitoreo se utiliza cuando el servicio lo lleva a cabo la municipalidad. Si la actividad ha sido contratada a terceros, el municipio ejecutará una Supervisión del servicio contratado.

Se debe entender que un servicio de calidad es aquel que asegura a la población la atención siempre los mismos días y dentro de un mismo horario, por lo que lo primero que debemos verificar en las rutas a las cuales se ha dado seguimiento, es si estas se han ejecutado de acuerdo a la programación diseñada, para lo cual se calculará el porcentaje de cumplimiento de cada una de ellas durante la fase de operación.

Es importante tener presente que el porcentaje de cumplimiento no sólo se determina en función del número de días de atención, sino que estos coincidan estrictamente con lo programado.

Antes de establecer un sistema de monitoreo o control, se deben realizar las siguientes tareas:

- Elaborar un listado de objetivos para cada aspecto.
- Desarrollar un procedimiento de supervisión.
- Enumerar los indicadores básicos de cumplimiento
- Elaborar un cronograma e Implementar el Plan de mejoras.

La Supervisión de la recolección y el transporte contempla verificar:

- **Seguimiento del Recorrido:**
  - ✓ Que todos los vehículos estén operando.
  - ✓ Fiel cumplimiento del recorrido según rutas diagramadas.
  - ✓ Cumplimiento hora y lugar de inicio y término de la Ruta.
  - ✓ Cumplimiento del lugar de descarga de los residuos (sitio de disposición final o estación de transferencia)
- **Verificar la calidad del servicio:**
  - ✓ Limpieza del área de recolección
  - ✓ No escape de líquidos.
  - ✓ Que los vehículos recolectores reúnan las condiciones propias para esta actividad y estén en correctas condiciones de funcionamiento y presentación y al final de la jornada diaria los vehículos sean lavados.

Cantidad de Residuos recolectados por zona Vs. cantidad generada= Porcentaje de cobertura.

La Supervisión de la Estación de Transferencia, si la hubiera, debe contemplar verificar:

- Básculas certificadas/ calibradas
- Reportes quincenales enviados
- No existencia de Recicladores ni de material reciclado.
- Limpieza

La evaluación del cumplimiento se determinará a partir de los antecedentes estadísticos que se tengan del servicio, por lo que es necesario que se lleve un **Registro o Base de Datos.**

Se recomienda mantener registros en los formatos preparados para tales fines, de los puntos que siguen a continuación:

- Orden de trabajo: Ficha del camión, chofer y ayudantes, Ruta/sector, Toneladas/hora de recolección, entre otros.
- Verificación de parámetros básicos de los vehículos de recolección, previo a la salida para la provisión del servicio.

- Resultados de la supervisión de rutas
- Quejas de los usuarios
- Incumplimiento y sanciones aplicadas, tanto de faltas cometidas por la brigada de recolección, como de los usuarios.

**Tabla 9 Modelo de Hoja de registro.**

<b>NOMBRE</b>	<b>FORMULARIO</b>	<b>RESPONSABLE DEL ARCHIVO</b>	<b>TIEMPO DE ARCHIVO</b>
Orden de trabajo	Hoja de Ruta	Encargado de Aseo Urbano	1 mes
Control de rutas	Inspección de rutas	Encargado del servicio de recolección y transporte.	1 mes
Satisfacción de los usuarios	Registro de quejas	Encargado del servicio de recolección y transporte y Encargado de cobro.	3 meses
Control del camión previo a salida	Verificación de parámetros básicos del vehículo de recolección	Encargado de transportación o del taller	1 mes
Reporte de sanciones	Registro de incumplimiento y sanciones	Encargado del servicio de recolección y transporte y el responsable municipal designado.	3 meses

### **3.1.1 Aspectos Ambientales**

Cuando se use un equipo de recolección abierto, sea en zona urbana o rural, tome la precaución de instruir que se cubran los residuos con una lona para evitar su derrame durante el transporte.

Tome las medidas requeridas para evitar el derrame de líquidos provenientes de los residuos sólidos recolectados, en caso de que el vehículo no cuente con dispositivos destinados a tal fin.

### **3.1.2 Aspectos de Seguridad y Salud Ocupacional**

La mayor parte de la recolección y transporte de residuos en la vía pública se realiza actualmente en camiones compactadores. El proceso completo contempla varias etapas ejecutadas por cuadrillas de tres o más trabajadores y cada uno de

ellos recorre entre 7 y 8 kilómetros diarios, depositando en el camión las toneladas de peso recolectadas. Fuente: Fundación Iberoamericana de seguridad y salud ocupacional. Prevención de riesgos laborales.

En esta operación los camiones y los trabajadores recorren las ciudades expuestos a las inclemencias del tiempo, tránsito vehicular, esfuerzos excesivos y exponiendo su integridad física, a causa de los accidentes y riesgos asociados a estas tareas.

La prevención juega un papel de suma importancia en el sistema de aseo de las ciudades, incluyendo a los trabajadores y a la ciudadanía que recibe el servicio. Las causas de los accidentes son mayormente de origen humano.

Los riesgos más comunes de accidentes en la cuadrilla de trabajo se deben a:

- Trabajadores sin elementos de protección, ni ropa de trabajo adecuada.
- Levantamiento manual de la carga en forma incorrecta.
- Personal trasladándose en el camión recolector en forma indebida y peligrosa.
- Recolección de los recipientes con el cuerpo del trabajador en medio de la vía, en muchos casos muy transitada.
- Carga de residuos hacia el vehículo recolector en recipientes o contenedores de diferentes tipos, tamaños y pesos.



**Figura 13 Forma correcta de levantar los contenedores**

Los empleados responsables de la recolección y transporte de residuos sólidos deben hacer uso de uniformes y equipo mínimo de protección personal –EPP- apropiado para la realización de sus funciones, entre los cuales deben incluirse, por lo menos: botas, mascarillas y guantes.

Adicionalmente, deben realizarse chequeos médicos regulares u operativos de salud a los empleados del servicio de aseo urbano, por lo menos 1 vez al año (preferiblemente cada 6 meses).

## CONCLUSIONES

En la República Dominicana, las tasas por el servicio de limpieza no representan los costos reales, por lo que los municipios se ven obligados a destinar la mayor parte de su presupuesto al subsidio del servicio de recolección de todos los residuos que produce la ciudadanía. No se tiene una estructura de costos definida donde se incluyan los costos directos e indirectos (depreciación y reposición de equipos y maquinaria, seguros, costos financieros, servicios básicos, instalaciones, costos administrativos, entre otros), aunque por simple matemática se sabe que este servicio representa actualmente entre el 60-80% del gasto total del manejo de los residuos sólidos. Fuente: Manual Recolección ADN.

Aunque la cobertura actual es relativamente aceptable, debido a que la población presiona a los municipios por no ver los residuos frente a sus casas, el servicio no se realiza de manera eficiente, y los costos necesitan ser optimizados, debido a la necesidad de destinar parte del presupuesto al cumplimiento de otros componentes de lo que sería una Gestión Integral de Residuos Sólidos –GIRS-.

La existencia de un servicio de limpieza deficiente motiva el rechazo de la población y refuerza la cultura de no pagar por el servicio prestado. Es necesario que se establezca un sistema de cobros que cubra todos los costos del GIRS y permita mejoras sustanciales en las prácticas de recolección actual.

# BIBLIOGRAFIA

- Ayuntamiento del Distrito Nacional, Dirección General de Aseo Urbano y Equipos (Proyecto de Seguimiento al Manejo Adecuado de los Residuos Sólidos en Santo Domingo de Guzmán, Distrito Nacional, Agencia de Cooperación Internacional del Japón). 2011. Manual para el Mejoramiento del Sistema de Recolección.
- Ayuntamiento del Distrito Nacional, Dirección General de Aseo Urbano y Equipos (Proyecto de Seguimiento al Manejo Adecuado de los Residuos Sólidos en Santo Domingo de Guzmán, Distrito Nacional, Agencia de Cooperación Internacional del Japón). 2011. Manual para Fiscalización del Servicio de Recolección.
- Reporte Fundación Iberoamericana de seguridad y salud ocupacional. Prevención de riesgos laborales. Proceso de recolección y transporte de residuos urbanos. [www.fiso-web.org](http://www.fiso-web.org).
- Manual de Instrucción CEPIS: Recolección de Residuos Sólidos. Ing. Francisco Gálvez von Collas. S/A.
- Informe final Plan Maestro para el Manejo integral de los residuos sólidos en la Mancomunidad de ayuntamientos del Gran Santo Domingo. BID. 2013.