



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**



---

## FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA**

**CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL**

**OPTIMIZACIÓN DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN EN LA  
ZONA HABITACIONAL VILLAS OTOCH, CANCÚN**

## **T E S I N A**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA SANITARIA**

**P R E S E N T A:  
ING. EUNICE PALMA JIMÉNEZ**

**DIRECTOR DE TESINA: M.I. FRANCISCO GUTIÉRREZ GALICIA**

**ABRIL 2013**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

A mi Universidad,

A Raquel y Toño,

A Vera y Emmanuel

A Xenia, nuestra cachorra puma.

A Jorge y Cata,

A los amigos y profesores

Gracias por la compañía, enseñanzas y apoyo en el camino.

¡Goya! ¡Goya!...

# ÍNDICE

---

	<b>Página.</b>
<b>1. Introducción</b>	5
1.1 Objetivos generales	7
1.2 Objetivos particulares	7
1.3 Alcances	7
<b>2. Antecedentes</b>	8
2.1 Legislación en materia de residuos sólidos	8
2.2 Métodos de recolección	9
2.3 Tipos de Vehículos de recolección	12
2.4 Parámetros de evaluación del servicio de recolección	14
<b>3. Recolección en la Ciudad de Cancún</b>	16
3.1 Antecedentes de la administración del sistema	16
3.2 Características de la zona habitacional Villas Otoch	17
3.3 Población y horizonte de planeación	21
3.4 Estimación de la generación en la zona habitacional Villas Otoch, Cancún	22
<b>4. Evaluación del servicio de recolección en Villas Otoch, Cancún</b>	25
4.1 Método de recolección empleado	25
4.2 Rutas originales	25
4.3 Eficiencia y costo del servicio	28
4.3.1 Cantidad de residuos recolectados	28
4.3.2 Porcentaje de cobertura del servicio	29
4.3.3 Tiempo de recorrido y rendimiento de los vehículos	30
4.3.4 Costo del servicio	32
4.3.5 Eficiencia	33

# ÍNDICE

---

<b>5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección</b>	<b>35</b>
5.1 Primera propuesta	35
5.1.1 Parámetros técnicos	35
5.1.2 Parámetros económicos	39
5.1.3 Evaluación del servicio	42
5.2 Segunda propuesta	44
5.2.1 Parámetros técnicos	44
5.2.2 Parámetros económicos	49
5.2.3 Evaluación del servicio	51
5.3 Tercera propuesta	53
5.3.1 Parámetros técnicos	53
5.3.2 Parámetros económicos	60
5.3.3 Evaluación del servicio	62
5.4 Selección del servicio	64
<b>6. Conclusiones</b>	<b>69</b>
<b>7. Anexos</b>	<b>71</b>
<b>8. Referencias</b>	<b>82</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

---

La etapa de recolección de los residuos sólidos urbanos (RSU) es de gran importancia, ya que a ella se destina la mayor parte de los recursos económicos de la gestión de los residuos.

Al igual que otros servicios públicos, el de recolección debe diseñarse en función de las demandas y necesidades de la población, siendo igual de importante el entorno y condiciones en que se brindará. Esto garantiza la eficiencia y rentabilidad del mismo.

En México, son pocos los servicios de recolección que se diseñan considerando las características específicas de la población que se atenderá o a través de herramientas técnicas que permitan evaluarlos periódicamente. La mayoría se diseñan a partir de la experiencia y se van adaptando a las costumbres de la población. Esto trae como consecuencia el uso excesivo de recursos o la prestación de un servicio ineficiente.

Este trabajo toma como caso de estudio el servicio de recolección de la zona habitacional Villas Otoch, Cancún. A partir de registros de pesaje a la entrada del relleno sanitario, correspondientes al periodo de diciembre de 2010 a febrero de 2011, se realizó una evaluación de la eficiencia del servicio tomando como parámetros los siguientes tres indicadores: porcentaje de cobertura del servicio, rendimiento de los vehículos (en toneladas por hora) y costo del servicio por tonelada.

De esta forma se identificaron oportunidades de mejora que permitieran optimizar el servicio, brindando así una recolección eficiente, adecuada a las demandas de la población de Villas Otoch y garantizando la rentabilidad del servicio para el prestador.

A partir de la evaluación y análisis del servicio se generaron tres alternativas que modifican el tipo de recolección y las rutas. Éstas se diseñaron para cubrir la demanda del servicio en el año 2013 y con capacidad para adaptarse a la máxima demanda, una vez que la zona habitacional se encuentre totalmente habitada.

Para seleccionar la mejor opción que optimice la recolección en Villas Otoch, se evaluaron las alternativas a través de los tres indicadores de eficiencia establecidos y se realizó una comparativa entre ellos. Finalmente se eligió la que presentaba mayores beneficios para usuarios y prestadores del servicio que mantiene el tipo de recolección original, pero enfatiza la vigilancia de horarios y frecuencia de recolección.

Este trabajo se encuentra dividido en ocho capítulos cuyo contenido se resumirá a continuación.

El primer capítulo establece la introducción y justificación del tema a tratar, así como los objetivos y alcances del trabajo.

# 1. Introducción

---

El segundo capítulo es un breve repaso de los antecedentes teóricos en materia de recolección de residuos. Comenzando con la legislación vigente y recordando los tipos de recolección y vehículos utilizados.

En el capítulo tres se describe el contexto dentro del cual se brinda el servicio. Se establece la población que deberá atenderse y se muestran las características de la zona habitacional.

En el cuarto capítulo se describe y evalúa el servicio de recolección original. Se calculan los indicadores propuestos para evaluar su eficiencia y se identifican oportunidades de mejora.

En el capítulo quinto pueden apreciarse las tres propuestas realizadas y sus características. Además se calculan los indicadores antes mencionados para cada una de ellas. Dentro de este mismo capítulo se puede ver la comparativa entre propuestas para la selección de la más adecuada.

El capítulo seis contiene las conclusiones correspondientes a la selección de la propuesta que optimiza el servicio y conclusiones generales sobre la recolección de residuos sólidos urbanos.

En el capítulo siete se encuentran las tablas anexas y memorias de cálculo elaboradas como parte de este trabajo.

Finalmente en el capítulo ocho se listan los documentos y recursos electrónicos consultados durante la elaboración de este documento.

## 1.1 OBJETIVOS GENERALES

Analizar el servicio de recolección de residuos sólidos urbanos en la zona habitacional Villas Otoch, Cancún. Evaluar la eficiencia operativa y administrativa. Realizar propuestas y recomendaciones con el fin de optimizar el servicio en apego a la normatividad vigente y con el enfoque de Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

## 1.2 OBJETIVOS PARTICULARES

Describir el servicio de recolección de residuos sólidos prestado en la zona habitacional Villas Otoch, ubicada en Cancún, Quintana Roo. Evaluar la eficiencia del servicio prestado de diciembre de 2010 a febrero de 2011, en función de parámetros de eficiencia. Proponer tres diferentes variantes del servicio con el fin de optimizarlo y seleccionar el escenario que presente mayores beneficios.

## 1.3 ALCANCES

Se describe el servicio de recolección de residuos domiciliarios en la zona habitacional Villas Otoch, brindado en el periodo de diciembre de 2010 a febrero de 2011.

Se evalúa la eficiencia del servicio a partir de tres parámetros: porcentaje de cobertura del servicio, rendimiento de los vehículos recolectores y costo del servicio por tonelada recolectada.

Se proponen modificaciones en el servicio de recolección, para generar tres diferentes alternativas que mejoren su eficiencia.

Finalmente se seleccionan los parámetros, el método y vehículo más adecuados para brindar un servicio eficiente en la zona habitacional Villas Otoch, en el año 2013 y una vez que ésta se encuentre habitada al 100% de su capacidad.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 LEGISLACIÓN EN MATERIA DE RESIDUOS SÓLIDOS

El marco legal en materia de residuos sólidos tiene su origen en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que en el artículo 115, establece los servicios públicos municipales.

En la Tabla 1 se observan en orden jerárquico los fragmentos de la legislación que conciernen directamente al tema a tratar en este trabajo.

Tabla 1 Legislación en materia de residuos sólidos<sup>1</sup>

#### Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

- Art. 115 "III. Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes (...) c) Limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos."

#### Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

- Art. 7 "Corresponde a los Estados las siguientes facultades: (...)VI. La regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos"

#### Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

- Como su nombre lo dice, ésta ley establece el marco jurídico para la prevención y gestión de los residuos teniendo como base la prevención de la generación, la valorización y el manejo adecuado de residuos.
- Así mismo, establece las competencias de los diferentes órganos de gobierno.

#### Ley y Reglamento de Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente del Estado de Quintana Roo

#### Ley y Reglamento para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del estado de Quintana Roo

#### Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Recolección, Transporte, Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos en el Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo

En los reglamentos estatales y municipales, se establece también a quién compete la gestión de los residuos sólidos. Y, en cuanto a recolección y transporte, únicamente establecen que el Municipio es responsable de suministrar este servicio o en su defecto, otorgar concesiones a particulares que cumplan con las condiciones y permisos para garantizar un servicio eficiente, sin definir qué parámetros se deberán utilizar para evaluar la eficiencia de dicho servicio.

El Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Recolección, Transporte, Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos del Municipio, obliga al

<sup>1</sup> Ver referencia completa de normatividad consultada

<sup>2</sup> Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). *Manual técnico sobre generación, recolección y*

prestador del servicio y al municipio a establecer horarios de recolección e informar de ellos a la población mediante señalizaciones, establecer lugares específicos de recolección dependiendo del método que se utilice, mantener a todos los operadores y auxiliares debidamente identificados con gafete o credencial, a cumplir con las rutas y horarios establecidos, a recibir los residuos en bolsas no retornables y a no recibir bolsas o contenedores de residuos que superen los 20kg, en este caso será responsabilidad del generador trasladarlo al sitio de disposición final adecuado.

### 2.2 MÉTODOS DE RECOLECCIÓN

La recolección es una parte fundamental del proceso de gestión de los residuos sólidos, y también la más costosa. En promedio, a este servicio se destina entre el 70% y el 85% de los recursos económicos de la gestión de residuos sólidos<sup>2</sup>.

Consiste en trasladar los residuos desde las fuentes de generación o los sitios temporales de almacenamiento, hasta el sitio de disposición final adecuado o la estación de transferencia, si fuera el caso.

Para lograr un servicio de recolección eficiente hay que considerar varios elementos en conjunto, como son: la frecuencia de recolección, el método (donde se deberá analizar la topografía y vialidades del lugar), el tipo de vehículo, la capacidad de los vehículos y, en algunos métodos, la capacidad de los contenedores así como el número necesario de éstos.

Comúnmente se reconocen 4 diferentes métodos de recolección. De acuerdo a sus características, ventajas y desventajas, cada uno es adecuado en diferentes circunstancias.

#### ❖ Método de parada fija o esquina

Es quizá el método más utilizado en México, consiste como su nombre lo dice, en establecer previamente paradas para el vehículo de recolección donde los usuarios acudirán para entregar los residuos generados en sus viviendas o comercios (Figura 1).

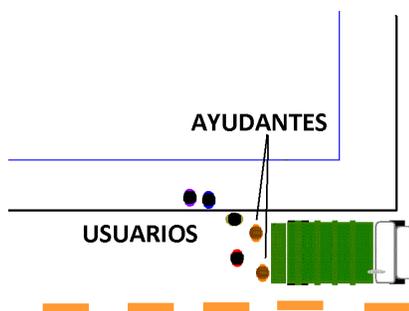


Figura 1 Método de parada fija

<sup>2</sup> Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). *Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales*. México, 1996

Mayormente se utiliza en zonas habitacionales, pues el volumen generado por casa es fácilmente transportable por los usuarios hasta el vehículo. Una distancia adecuada entre la parada del vehículo y los usuarios debe estar entre 50 y 100 m.

Este método requiere de una participación activa de los usuarios además de la cuadrilla o personal del servicio de recolección. Su eficiencia depende entonces, además de una adecuada selección de frecuencia y capacidad de los vehículos, de que el horario de recolección vaya acorde con las actividades de la población en la zona a la que se sirve. Si ocurre que los usuarios no se encuentran presentes en el horario de recolección, los residuos irán acumulándose y esto podría causar problemas de salud y fomenta la disposición clandestina de residuos.

En cuanto a la planeación de la ruta, este método presenta algunas ventajas sobre los otros, pues cada parada ofrece un radio mayor de cobertura, por lo que se requerirá menor número de paradas. Por otro lado, a diferencia del método de acera, el sentido de las vialidades no es tan importante, pero sí el ancho de las mismas y la oportunidad de espacios donde el vehículo pueda detenerse.

Al igual que el resto de los métodos la topografía del lugar debe tomarse en cuenta para evitar pendientes cuando el vehículo vaya más cargado. El método de parada fija es el más económico pues no requiere vehículos especiales ni instalación de contenedores.

### ❖ Método de acera

Este método es poco utilizado en México, pues su eficiencia depende en gran medida de las vialidades. Es más utilizado en ciudades con una planeación urbana que ofrece avenidas amplias, sin calles cerradas. Consiste en la recolección de residuos por parte de los empleados del servicio, al mismo tiempo que el vehículo va avanzando por las calles.

Los habitantes previamente colocan sus contenedores o bolsas de residuos en la acera frente a sus domicilios. El vehículo no detiene su marcha y los trabajadores caminan al lado de éste para juntar y verter los residuos en la caja del vehículo (Figura 2).

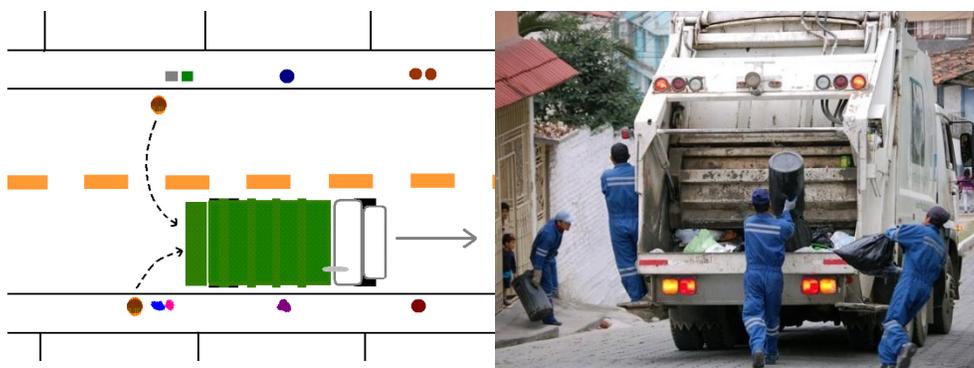


Figura 2 Método de acera

Tiene dos posibles variantes que dependen del tipo de vehículo seleccionado. En un caso, si el vehículo únicamente cuenta con caja contenedora con compactación, los trabajadores pueden recolectar los residuos de una de las aceras de la calle o incluso de ambas. Si el vehículo en cambio cuenta con un brazo para contenedores, únicamente podrá recolectar los residuos de la acera correspondiente. Esta última variante resulta más cómoda para usuarios y trabajadores, pero trae en consecuencia un mayor costo de recolección y requiere que los contenedores de toda la calle tengan las mismas características.

Algunas de las ventajas de este método son: la comodidad para los usuarios, la continuidad del servicio (pues el vehículo no deberá detener su marcha), impide que se establezca una separación de residuos informal por parte de los trabajadores. Las desventajas son que deberá cumplirse un estricto horario durante la ruta, para evitar cambios inesperados en el tránsito, la necesidad de vialidades amplias y la importancia del sentido de las mismas. La participación de la población puede representar una ventaja o desventaja según se presente el caso. Por un lado se concientiza a la población de los horarios en que deberá entregar sus residuos o contenedores para evitar acumulación de ellos en las aceras, por otro lado, si estos horarios no se cumplen se corre el riesgo de la invasión de fauna debido a la oportunidad de alimentación que presentan los residuos abandonados en la calle.

### ❖ Método de contenedores

Este método es más utilizado en zonas comerciales que en zonas habitacionales, debido a la gran generación de residuos. Consiste en colocar contenedores en zonas adecuadas para el almacenamiento temporal y una vez que se ha alcanzado la capacidad máxima, un vehículo los transporta al sitio de disposición final y deja en su lugar contenedores vacíos (Figura 3).

Éste método requiere una recolección puntual, pues por el volumen de residuos almacenados puede convertirse fácilmente en foco de contaminación. Es más costoso que otros métodos debido al equipo especializado que requiere, tanto el contenedor como el vehículo. Requiere además de un espacio adecuado para la colocación del contenedor y que permita las maniobras necesarias por parte del vehículo.

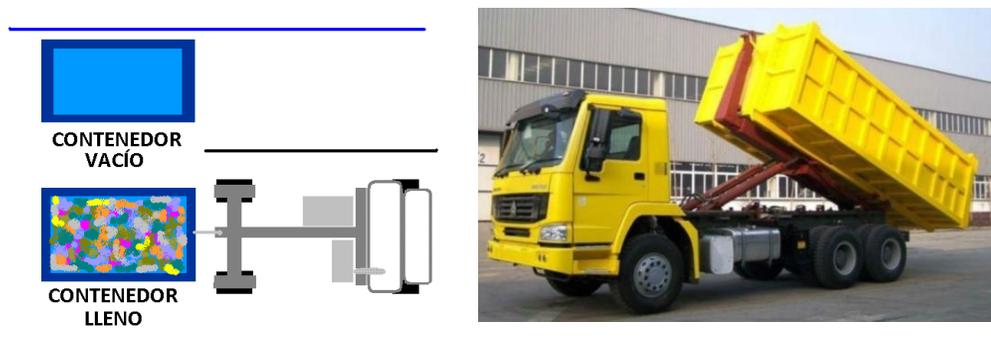


Figura 3 Método de contenedores

### ❖ Método intradomiciliar

Este método es similar al de contenedores, pero está dirigido a las zonas habitacionales. También requiere de contenedores ubicados en lugares estratégicos, pero éstos pueden ser de menor capacidad y no necesariamente se recolectan hasta que estén saturados.

En este método un camión recolector con caja y sistema de compactación, acude al lugar siguiendo una ruta y el personal entra al patio o lugar donde se encuentren los contenedores, los transporta hasta el camión que está adaptado para levantarlos y vaciar los residuos dentro de la caja. Los trabajadores de recolección colocan nuevamente el contenedor vacío en su sitio (Figura 4).

Una desventaja de este método es que si ocurre algún evento extraordinario que tenga como resultado la saturación de los contenedores, los usuarios deberán esperar hasta que la ruta de recolección lo indique.

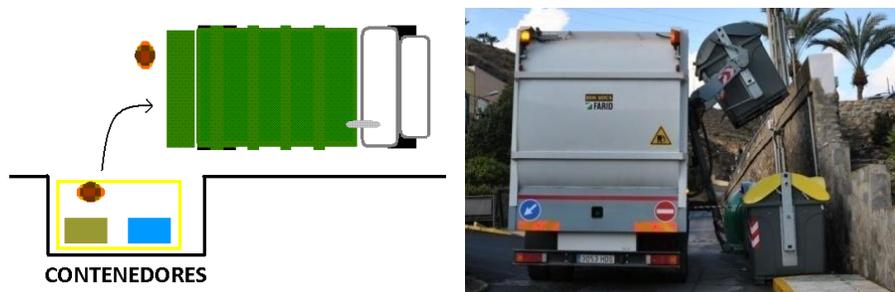


Figura 4 Método intradomiciliar

## 2.3 TIPOS DE VEHÍCULOS DE RECOLECCIÓN

El tipo de vehículo de recolección se define principalmente por el sistema de carga de residuos. Así, tenemos vehículos de carga trasera, de carga lateral y de carga frontal. También podríamos incluir aquí los contenedores intercambiables. Como una característica extra, los vehículos también pueden tener compartimentos para una recolección diferenciada.

### ❖ Carga trasera

Como su nombre lo dice, los vehículos de carga trasera están diseñados con una tolva en la parte posterior del vehículo donde se vierten los residuos y posteriormente son compactados dentro del contenedor del mismo (Figura 5). Estos vehículos son los más comunes para los métodos de recolección de parada fija. Normalmente tienen capacidades de entre  $14\text{yd}^3$  y  $32\text{yd}^3$  ( $10\text{m}^3$  y  $25\text{m}^3$ ). Algunos cuentan con un sistema auxiliar para la descarga de contenedores de entre  $1$  y  $2\text{m}^3$ .



Figura 5 Vehículos de carga trasera

### ❖ Carga lateral

En estos vehículos la caja debe alimentarse por uno de los costados. Los más recientes están adaptados para el método de recolección de acera o con contenedores, pues cuentan con un brazo mecánico que auxilia al operador en la descarga de contenedores de ciertos tamaños (hasta 4m<sup>3</sup>). Este puede operarse desde la cabina del conductor por lo que facilita la recolección mientras el vehículo está en marcha (Figura 6).



Figura 6 Vehículos de carga lateral

### ❖ Carga frontal

Los vehículos de carga frontal llevan adaptados dos brazos mecánicos en la parte delantera específicamente para la descarga de contenedores. Este vehículo es mayormente utilizado en zonas comerciales debido a que los contenedores que puede levantar son de mayor volumen. Además, requiere un espacio amplio para realizar maniobras (Figura 7).



Figura 7 Vehículos de carga frontal

### ❖ Contenedores

Aunque no son propiamente vehículos de carga, los contenedores de gran volumen, pueden sustituir el uso de uno. Estos contenedores son apropiados para zonas comerciales o industriales. En algunos casos cuentan con su propio sistema de compactación. Para la recolección de los residuos no se requerirá entonces de otro vehículo con contenedor, únicamente un tractocamión que al momento de recolectar el contenedor lleno, deje en su lugar uno vacío (Figura 8).



Figura 8 Contenedores para residuos

### 2.4 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN

Para evaluar un servicio de recolección es importante establecer los parámetros o indicadores que se tomarán en cuenta, así como los rangos de valores que indican un servicio eficiente.

Para los fines de este trabajo, el servicio en la zona habitacional Villas Otoch, será evaluado a partir de tres indicadores, considerando el enfoque operativo y económico: porcentaje de cobertura del servicio, rendimiento de los vehículos y costo del servicio.

#### ❖ Porcentaje de cobertura del servicio

Este indicador nos muestra el porcentaje de la población total a la que se está brindando el servicio. Podemos calcularlo indirectamente si conocemos la tasa de generación per cápita y la población total. Con estos datos es posible estimar la generación total en toneladas y así comparar este dato con las toneladas recolectadas.

$$\% \text{ cobertura} = \frac{\text{Toneladas recolectadas diariamente}}{\text{Generación total diaria de la zona atendida}} \times 100 [\%]$$

Idealmente, el servicio de recolección debe asegurar que se cubre al 100% de la población, sin embargo, un porcentaje de cobertura por encima del 80% es considerado adecuado.

### ❖ Rendimiento de los vehículos recolectores

Este indicador es una relación entre la cantidad de toneladas recolectadas y el tiempo total de recorrido del vehículo. Nos proporciona un parámetro de comparación ya que de manera indirecta, se considera en él, el tipo de servicio, la velocidad de recorrido y algunas características del vehículo. Tiene una relación inversamente proporcional con el costo del servicio por tonelada.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Toneladas recolectadas en el recorrido}}{\text{tiempo total del recorrido}} \left[ \text{ton/hr} \right]$$

Un servicio adecuado tiene valores del rendimiento de los vehículos entre 2.3 y 2.6 ton/hr, considerando una velocidad promedio de 10km/hr<sup>3</sup>.

### ❖ Costo del servicio

De manera general, se puede comparar un servicio de recolección con otro a partir del costo del mismo, por tonelada.

En el costo vienen implícitos muchos factores que intervienen con la eficiencia del servicio, como son: la capacidad de los vehículos, el rendimiento de los vehículos, las distancias de recorrido, la cantidad de operadores o mano de obra, la depreciación de los vehículos, etc.

Para determinar este indicador se parte de los costos directos e indirectos del servicio de recolección y de las toneladas recolectadas en el mismo periodo de tiempo correspondiente a los costos.

Dependiendo del método de recolección y del tipo de vehículo, puede variar el costo. Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que para América Latina, este costo se encuentra entre 15 y 25 USD por tonelada<sup>4</sup>.

La evaluación del servicio de recolección de Villas Otoch, a partir de estos tres indicadores se hizo con base en los registros de operación del periodo del 27 de noviembre de 2010 al 18 de febrero de 2011.

Para la evaluación de las tres propuestas realizadas, se consideraron condiciones ideales de tiempos, distancias y toneladas recolectadas.

---

<sup>3</sup> Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Paraguassú de Sá Fernando. Rojas Rodríguez Carmen R. *Indicadores para el gerenciamiento del servicio de limpieza pública*. Lima 2002.

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Ecología (INE). *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales. Anexo III. Descripción y cálculo de indicadores generales*. México 2001

## 3. RECOLECCIÓN EN LA CIUDAD DE CANCÚN

---

### 3.1 ANTECEDENTES DE LA ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA<sup>5</sup>

La Ciudad de Cancún, municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, se caracteriza por su belleza natural y su gran actividad turística. Sin embargo, en los últimos 5 años se ha visto envuelta en problemáticas relacionadas con los residuos sólidos municipales y el servicio de limpia, lo que le ha dado una mala imagen. Contaba en el 2010 con una población de 628, 306 habitantes y una población flotante aproximada de 259, 913 turistas al mes.

En el año 2008 se generaban en Cancún, cerca de 328 mil 500 toneladas de RSU anualmente. El municipio no contaba con la infraestructura suficiente para asegurar un servicio eficiente a toda la población, incluidas las zonas hoteleras.

En septiembre de 2008 se otorgó una concesión por 20 años a la empresa Domos Tierra, perteneciente al Grupo Oneo de Monterrey, para la prestación del servicio de recolección así como la operación temporal del relleno sanitario. Domos comenzó su operación el 16 de enero de 2009. Sin embargo, después de un par de meses la empresa tuvo dificultades para cubrir la demanda del servicio, así como para operar adecuadamente el relleno sanitario que ya se encontraba en el límite de su capacidad y presentaba varias faltas a lo establecido por la Norma NOM083-SEMARNAT-2003.

Los principales problemas que enfrentó Cancún durante la prestación del servicio por parte de Domos fueron la irregularidad del servicio, la deficiente planeación de las rutas y la falta de capacidad y mantenimiento de los camiones recolectores. De modo que diariamente se presentaban más de 200 quejas por acumulación de residuos en la vía pública, principalmente fuera de los negocios de comida o zonas turísticas.

Al paso del tiempo, la situación del manejo de los residuos se agravó para el gobierno municipal, que comenzó un litigio con la empresa, por el pago del servicio que seguía prestándose de manera ineficiente.

Finalmente, en marzo de 2010 Domos se declaró en quiebra técnica quedando imposibilitada para continuar con la recolección de RSU y dejando a la ciudad al borde de una contingencia ambiental.

El gobierno municipal solicitó la renta de 10 unidades de recolección a la empresa Promotora Ambiental para poder cubrir la demanda en ausencia de la empresa Domos.

En noviembre de 2010 se solicitó también el apoyo de otras empresas como SETASA y Talent Soft, que aportaron 15 camiones cada una para cubrir las rutas de recolección.

A finales de 2011, se retiró la concesión a Domos y se realizó un nuevo concurso en el que resultaron ganadoras ambas empresas, SETASA y Talent Soft para realizar la recolección de RSU. Cada una aumentó su parque vehicular de 15 a 20 camiones para poder cubrir la demanda. Entre ambas se atendían 97 rutas y se recolectaban cerca de 950 toneladas diariamente.

---

<sup>5</sup> Ver referencia completa de fuentes consultadas

### 3. Recolección en la Ciudad de Cancún

En cuanto al servicio de recolección, ambas empresas siguen brindándolo sin cambios significativos en la operación, desde que comenzaron. Sin embargo, el gobierno municipal de Cancún ha realizado grandes esfuerzos en administrar de mejor manera el manejo y disposición de los RSU. Por ello en febrero de 2012 se creó el organismo descentralizado SIRESOL (Solución Integral de Residuos Sólidos) con 4 objetivos principales: fomentar la conciencia ciudadana en materia de RSU, supervisar el sistema de recolección, realizar programas de reciclaje y llevar a cabo la construcción de un parque de tecnologías de reciclaje.

#### 3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA HABITACIONAL VILLAS OTOCH

Este trabajo está dirigido al servicio que se brinda en la zona habitacional de Villas Otoch. Con registros del peso recolectado de noviembre de 2010, hasta febrero de 2011.

El fraccionamiento Villas Otoch es un conjunto habitacional de interés social construido por CADU Inmobiliaria en el año 2006. Está proyectado para ofrecer 6,636 viviendas a sectores de la sociedad con un nivel económico medio bajo. Al día de hoy, todas las viviendas se encuentran vendidas y en su mayoría habitadas.

Se ubica al norte de la Ciudad de Cancún en la supermanzana 227 (Figuras 9-10).

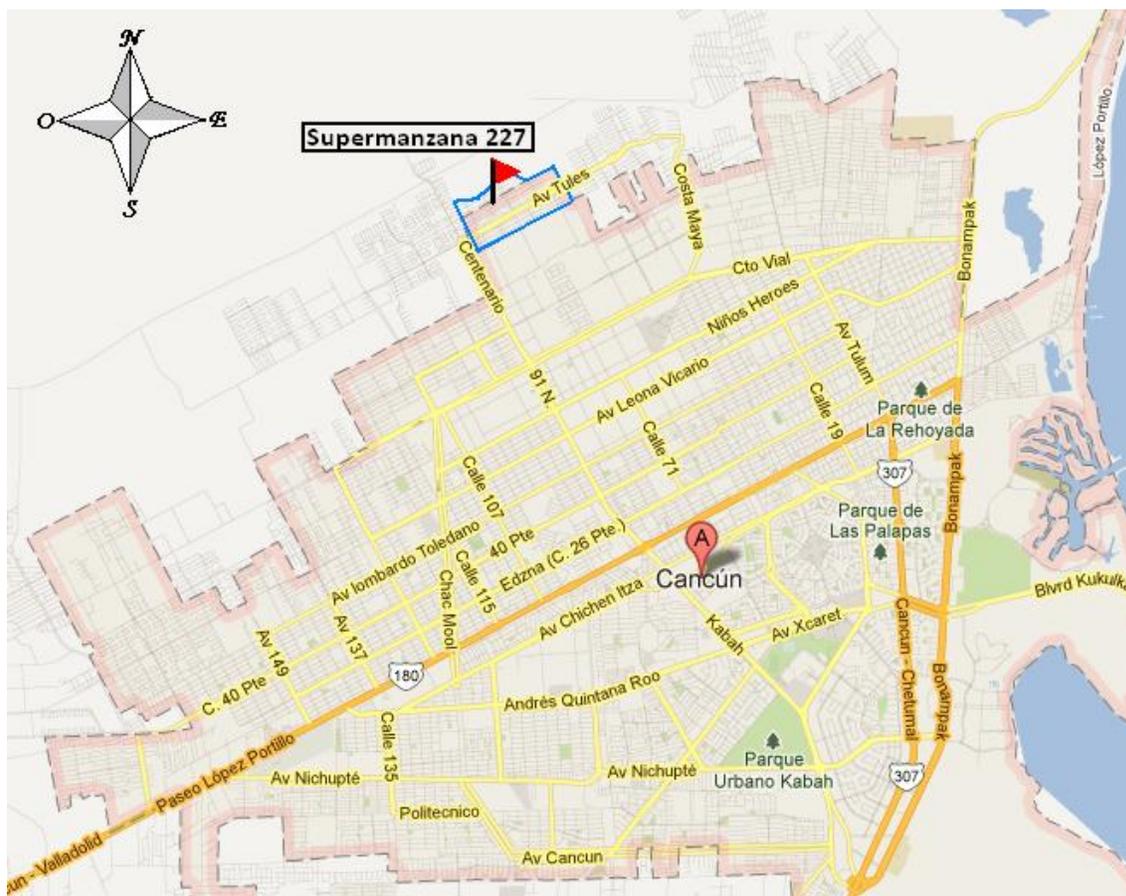


Figura 9 Ubicación de Villas Otoch



### 3. Recolección en la Ciudad de Cancún

Sus vialidades principales están diseñadas para dos carriles de circulación, de doble sentido. Las viviendas están distribuidas en calles secundarias cerradas, pero igualmente accesibles (Figuras 11-14).

La zona habitacional además se encuentra en una planicie, lo que favorece el servicio de recolección pues los vehículos podrán circular cargados al máximo de su capacidad si es necesario, sin forzar el equipo.



*Figura 11 Vista de calle 7ma Los Olmos*



*Figura 12 Vista de calle 6ta El Ciruelo*



*Figura 13 Vista de calles secundarias*



*Figura 14 Vista de Av. Tules*

### 3.3 POBLACIÓN Y HORIZONTE DE PLANEACIÓN

De acuerdo a la división que hace el INEGI con fines estadísticos, el fraccionamiento tiene asignadas las AGEB 2300500013322, 2300500012894 y 230050001288A como se muestra en la Figura 15.



Figura 15 AGEB's Asignadas a Villas Otoch. INEGI. Mapa Digital de México V5.0. 2013

En el año 2010, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda del INEGI, el fraccionamiento contaba con una población de 11, 633 habitantes (Tabla 2).

Tabla 2 Población Villas Otoch 2010, por AGEB

Entidad Federativa	Municipio	Localidad
23-Quintana Roo	005- Benito Juárez	0001- Cancún
Población por AGEB (habitantes)		
Clave 288A	Clave 2894	Clave 3322
3390	5624	2619
<b>TOTAL</b>		<b>11633</b>

La Zona Habitacional está constituida por 6,636 viviendas, si se considera que cada una está diseñada para 3 personas. La población máxima una vez que esté completamente habitada será de 19, 899 habitantes.

$$\text{Población máxima} = 6,636 [\text{viviendas}] \times 3[\text{personas}] = 19,899 [\text{habitantes}]$$

La zona Habitacional se construyó en 2006, y en 4 años alcanzó un 58.5% de su capacidad. Para proyectar la población y determinar en qué año podría alcanzar su población máxima, se considera que el crecimiento poblacional de la zona tiene una tendencia similar a la del municipio dónde se encuentra, Benito Juárez (Figura 16). Utilizando el modelo geométrico para la proyección de la población y los datos desde el año 1990 hasta el año 2010 podemos determinar la tasa de crecimiento geométrico.

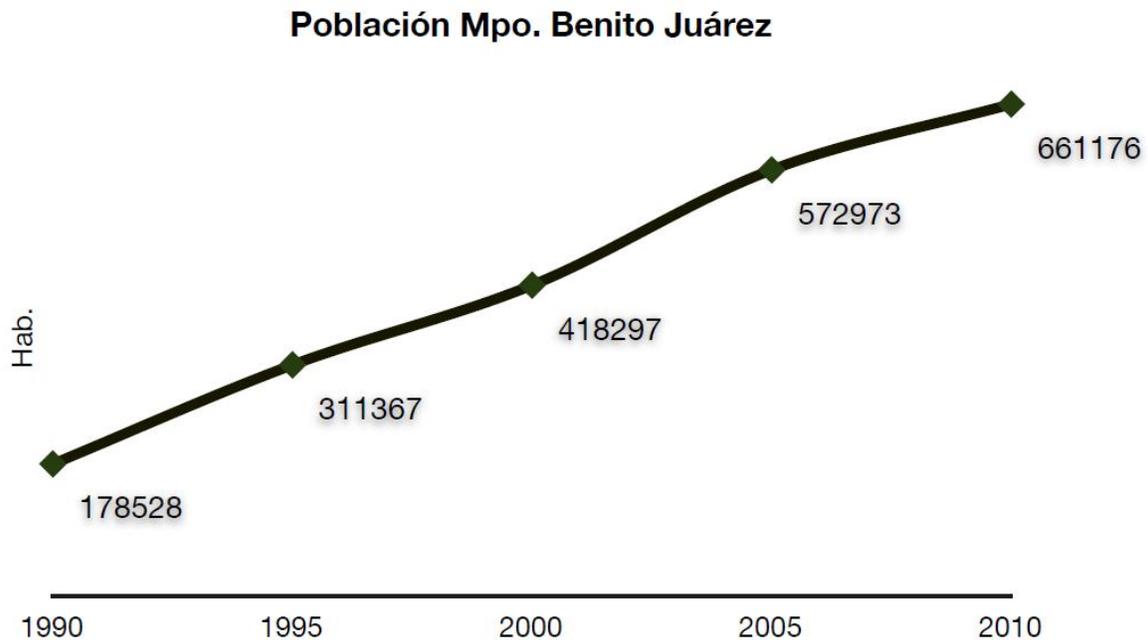


Figura 16 Población del Municipio Benito Juárez, con datos del INEGI

El modelo geométrico supone que el crecimiento de la población es directamente proporcional a la población inicial, esta proporción va determinada por la tasa de crecimiento geométrico y la función que describe este comportamiento es:

$$P_2 = P_1(1 + i)^{t_2 - t_1}$$

Donde:

$P_2$  - Población que se desea calcular

$P_1$  - Población conocida

$i$  - Tasa de crecimiento geométrico

$t_2$  - Año al que se desea proyectar

$t_1$  - Año correspondiente a la población  $P_1$

Despejando la tasa de crecimiento geométrico, obtenemos:

$$i = \frac{\ln \frac{P_2}{P_1}}{t_2 - t_1} - 1 = \frac{\ln \frac{661176}{178528}}{2010 - 1990} - 1 = 0.067$$

La proyección de la población en Villas Otoch seguiría el siguiente comportamiento:

$$P_2 = P_1(1.067)^{t_2 - t_1}$$

De esta forma la población máxima de la zona habitacional Villas Otoch, se alcanzaría en el año 2019 (Figura 17).

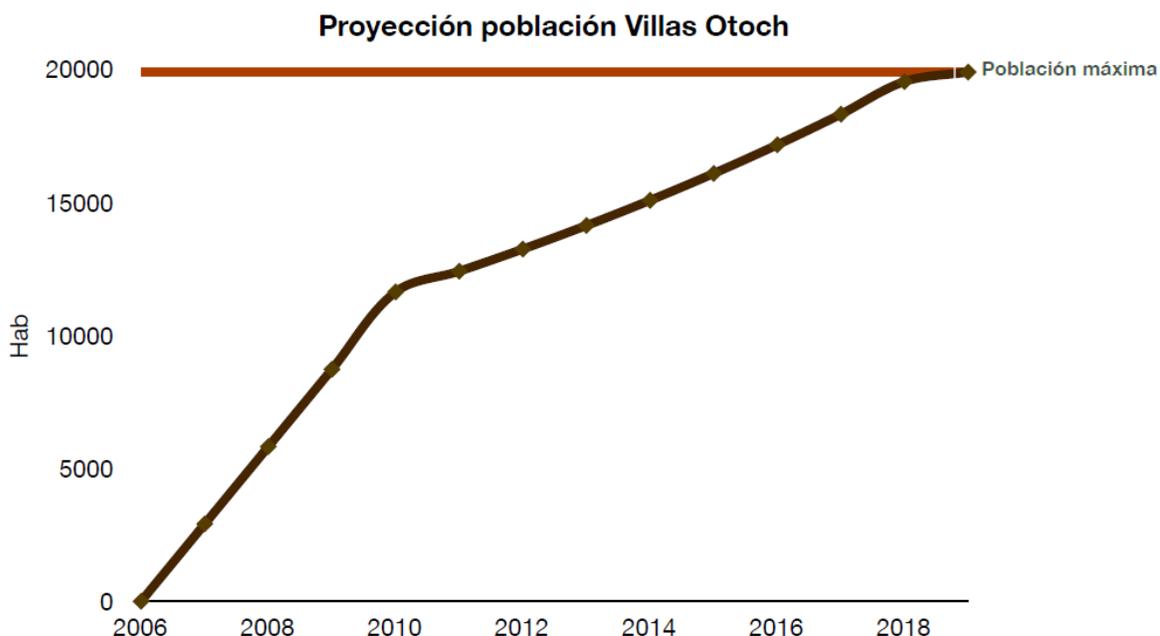


Figura 17 Proyección de la población de Villas Otoch, modelo geométrico

#### 3.4 ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN EN LA ZONA HABITACIONAL VILLAS OTOCH, CANCÚN

De acuerdo a las estadísticas de SEMARNAT en 2004, la tasa de generación per cápita para Cancún era de entre 0.81 y 0.90 kg/hab/día (Figura 18)<sup>6</sup>.

El sitio de estudio se encuentra en una zona urbanizada, por lo que cuenta con diversos servicios propios de la ciudad: escuelas, supermercados, negocios, deportivos, cines, etc. La tasa de generación per cápita de un lugar está directamente relacionada con los hábitos de consumo de los habitantes y estos a su vez, se relacionan con los servicios que tienen disponibles.

<sup>6</sup> SEMARNAT. *El medio ambiente en México 2005: en resumen.*

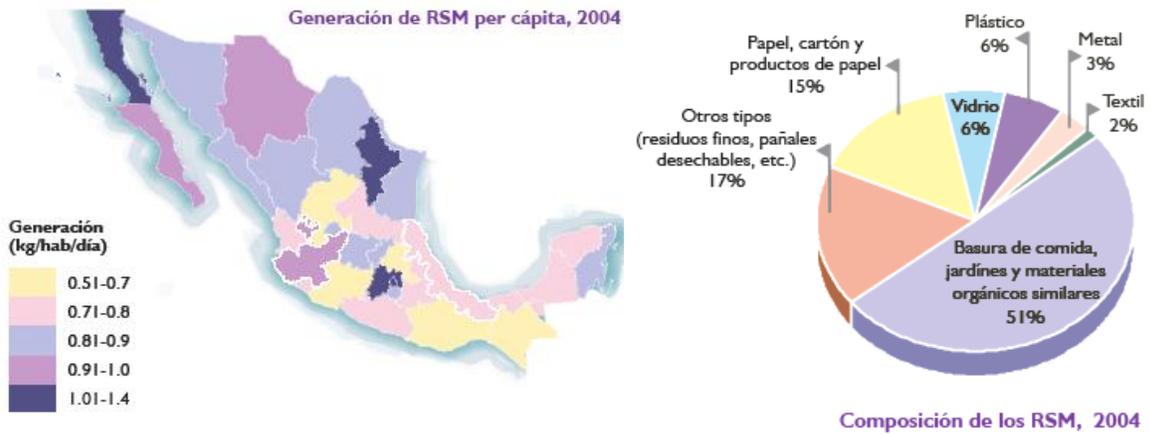


Figura 18 Generación per cápita México 2004. Fuente: SEMARNAT

En el caso de Villas Otoch, podemos considerar una tasa de generación constante a partir de 2004, de 0.9kg/hab/día debido a que el número y tipo de servicios no aumentarán de forma importante alrededor de la Zona Habitacional.

Así, la generación diaria de residuos sólidos en la zona habitacional de Villas Otoch en el año 2010 se calcula de 10,469 (kg/día).

$$\text{Generación RSU } 2010_{\text{peso}} = 0.9 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{hab} * \text{día}} \right] \times 11,633 [\text{hab}] = 10,469 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{día}} \right]$$

Como se ha determinado que la tasa de generación no sufrirá cambios significativos en los siguientes años, la generación total sólo dependerá del crecimiento de la población y seguirá su misma tendencia (Figura 19).

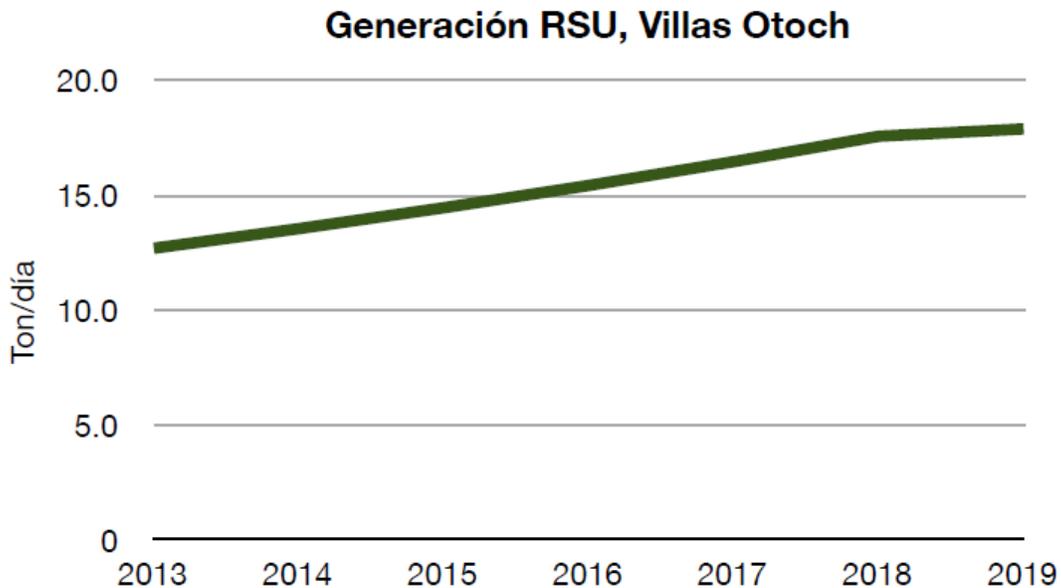


Figura 19 Proyección de la generación per cápita en Villas Otoch

### **4.1 MÉTODO DE RECOLECCIÓN UTILIZADO**

En noviembre de 2010 se realizaba la recolección con el método de acera, por lo que el vehículo recorría todas las calles en dos turnos diarios, con uno o dos camiones por turno. Los usuarios colocaban sus residuos diariamente en bolsas de plástico a la entrada de sus viviendas y un camión de 20 yardas cúbicas (7.5 ton) prestaba el servicio con el apoyo de dos ayudantes. Todos los vehículos asignados a esta zona tienen la misma capacidad volumétrica y cuentan con sistema de compactación, estos vehículos son modelo 2006 o 2002 y eran rentados.

### **4.2 RUTAS ORIGINALES**

El método de acera requiere que se recorran todas las calles del lugar al que se dará servicio. En la zona habitacional Villas Otoch se realizaba una ruta que abarcaba todas las calles, en dos turnos de hasta dos viajes cada uno, con una frecuencia diaria.

La ruta tenía una distancia de 34.5 km. El tiempo aproximado de recorrido era de 3 horas, considerando también la distancia al relleno sanitario y al encierro. El encierro de los vehículos se encuentra a una distancia aproximada de 3.5 km de la zona habitacional y el relleno sanitario a una distancia de 5.2 km de la zona habitacional (Figura 20).

Por el diseño de vialidades de la zona, el vehículo debía entrar a las calles cerradas en reversa, maniobrando sobre las vialidades principales. Esto es debido a que las calles son sólo de un carril. En la Figura 21 puede verse la ruta que debía recorrerse diariamente.

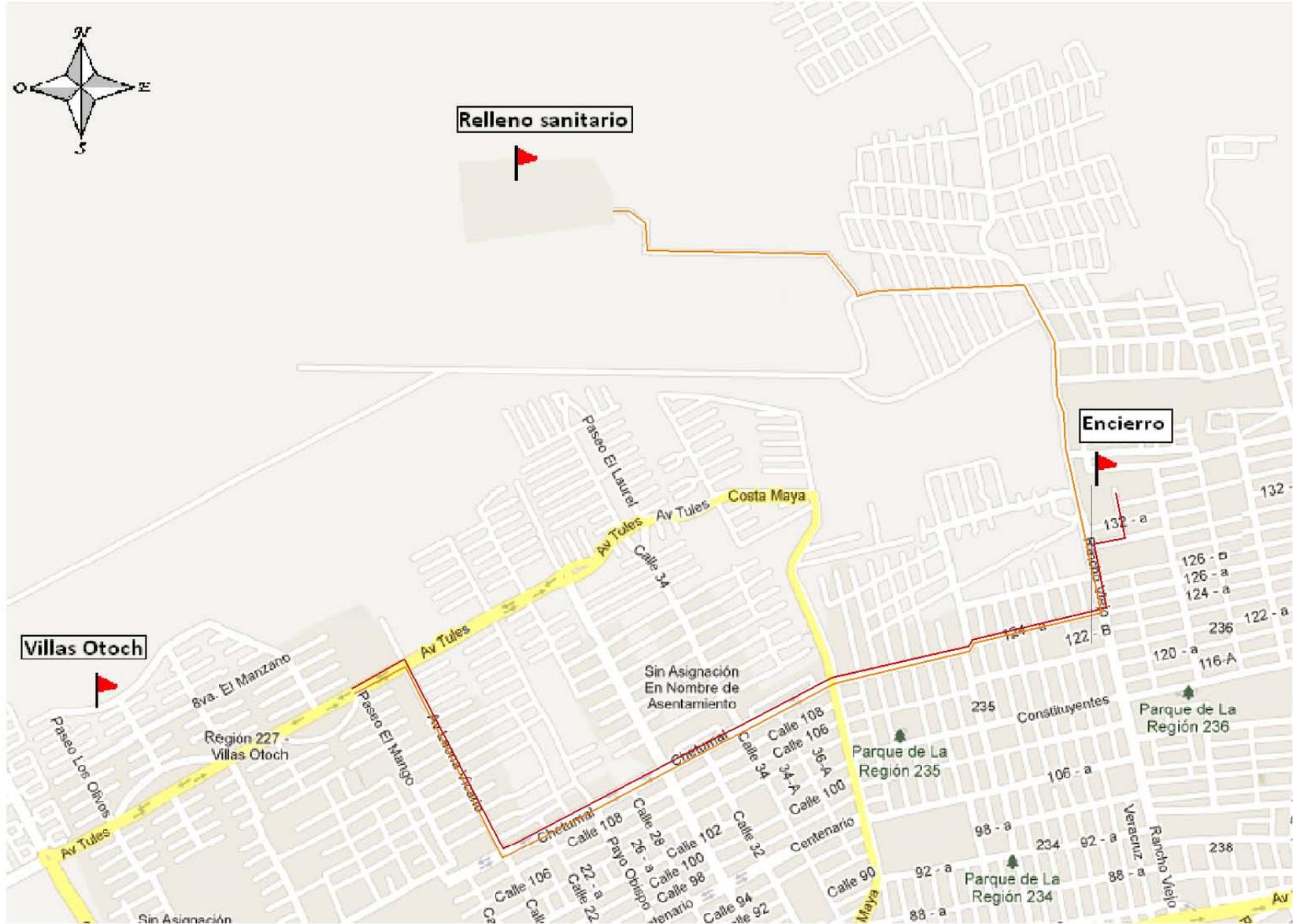


Figura 20 Ubicación encierro y relleno sanitario



Figura 21 Ruta de recolección original

## 4. Evaluación del servicio de recolección en Villas Otoch, Cancún

Los tiempos promedio de recolección y traslados del vehículo se muestran en la Figura 22.



Figura 22 Tiempos de traslado y recolección

### 4.3 EFICIENCIA Y COSTO DEL SERVICIO

#### 4.3.1 Cantidad de residuos recolectados

La eficiencia del servicio prestado, se calculó con base en los registros de pesaje a la entrada del relleno sanitario de los vehículos asignados a Villas Otoch de noviembre de 2010 a febrero de 2011 (Anexo I).

En la Figura 23 se muestran los resúmenes semanales de la cantidad de residuos recolectada.

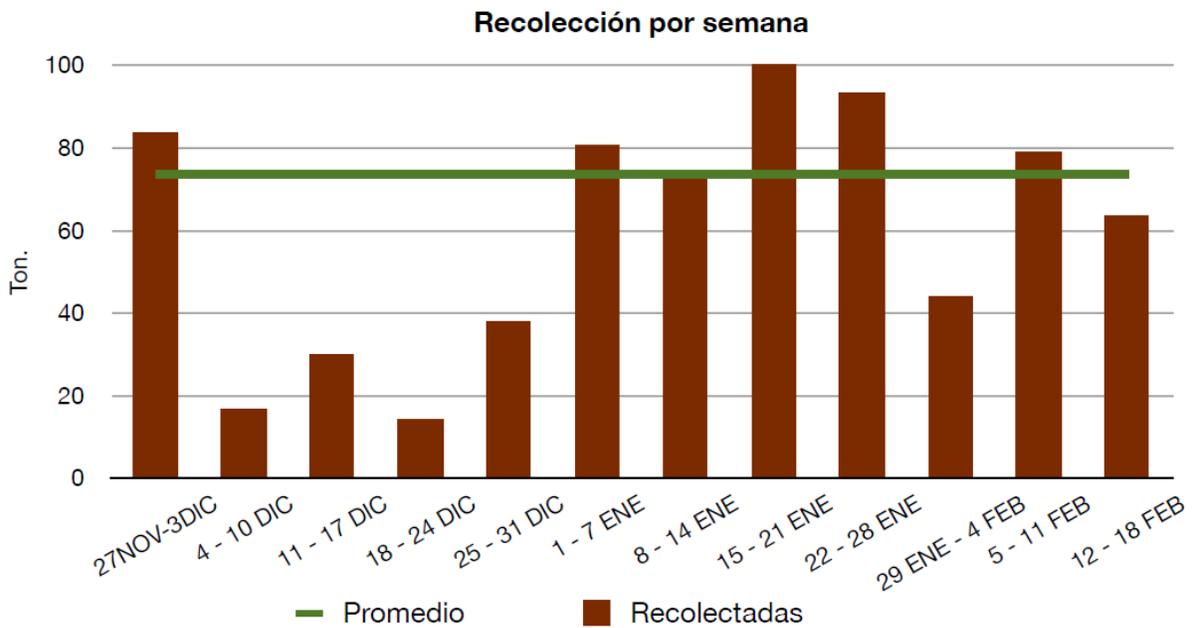


Figura 23 Recolección por semana, Villas Otoch

#### 4. Evaluación del servicio de recolección en Villas Otoch, Cancún

Y el número de viajes por semana se muestra en la Figura 24.

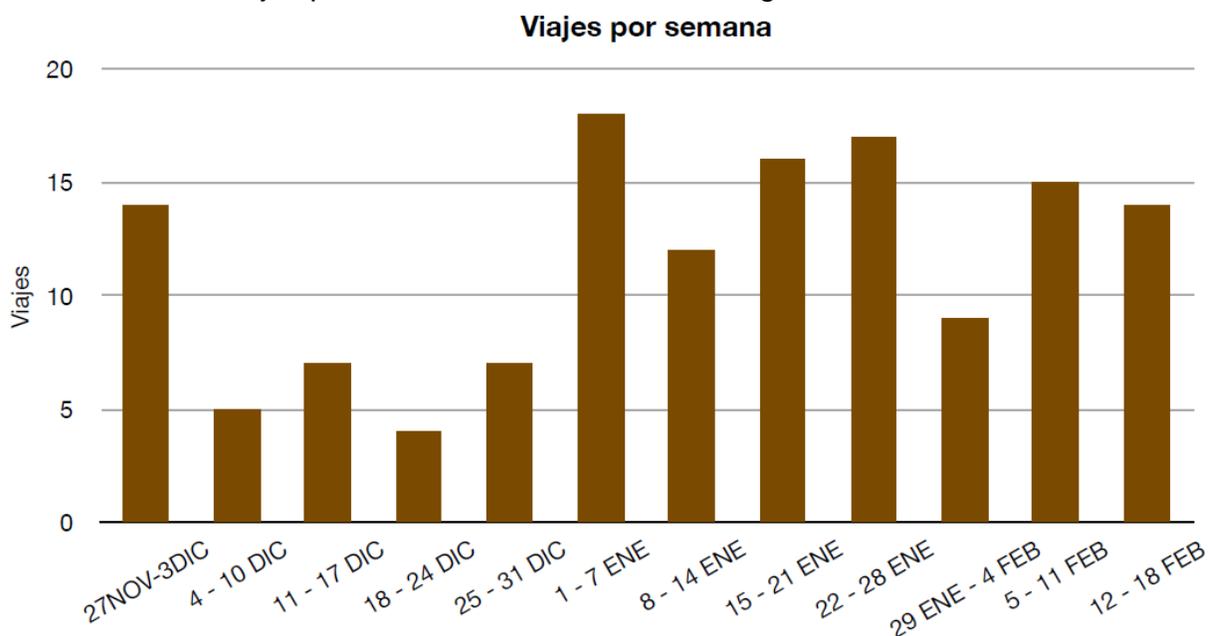


Figura 24 Número de viajes por semana

Durante diciembre y debido a los periodos vacacionales del personal administrativo, únicamente se tiene registro de 21 días.

De los 138 registros se obtuvo la siguiente información (Anexo II).

En total:

- Se recolectaron 718.25 toneladas
- Se realizaron 138 viajes
- Se tomó registro de 77 días

En promedio:

- Se recolectaron 9.33 ton/día
- Se realizaron 1.79 viajes/día
- Cada viaje de 2.97 hrs/viaje y 5.3 ton/viaje

#### 4.3.2 Porcentaje de cobertura

Un servicio que atiende al 100% de la población se considera un servicio eficiente. Sin embargo, alcanzar este porcentaje puede ser difícil ya que no depende únicamente de la prestación del servicio, también de la participación de la población y de crear hábitos en el manejo adecuado de los residuos. Aun así, los servicios eficientes pueden alcanzar un 80% o más y deberán mantener esta cifra constante a lo largo del mes.

En la Figura 25 se observa el porcentaje de cobertura del servicio en Villas Otoch durante las 12 semanas de estudio.

## 4. Evaluación del servicio de recolección en Villas Otoch, Cancún

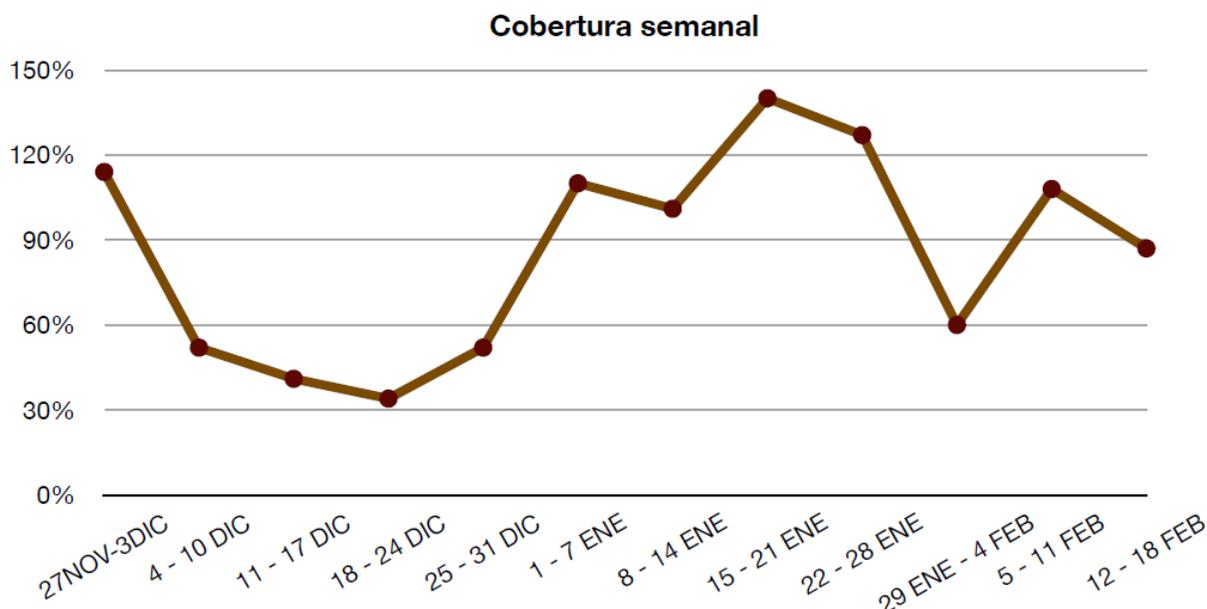


Figura 25 Cobertura semanal del servicio original en Villas Otoch

Durante los 77 días de servicio se recolectaron en total 718.25 toneladas. Conociendo la generación diaria de 10.47 ton/día es posible calcular el porcentaje de cobertura promedio del servicio, como se muestra:

$$\% \text{ cobertura} = \frac{718.25}{10.47 * 77} \times 100 [\%] = 89.10\%$$

### 4.3.3 Tiempo de recorrido y rendimiento de los vehículos

El cálculo del rendimiento de los vehículos está asociado al tiempo de recorrido y las toneladas que se hayan recolectado en cada viaje.

En los registros de pesaje se encuentra el horario en que el vehículo entró y salió del relleno. Sin embargo, no se cuenta con información de la hora en que el vehículo salió del encierro.

Para calcular el tiempo de recorrido de cada viaje, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones en el servicio:

- Las salidas típicas de los vehículos, del encierro hacia la zona habitacional, eran a las 14:00 hrs y a las 16:00hrs
- En caso de que un vehículo hiciera dos veces el servicio de Villas Otoch, el segundo recorrido se iniciaba en el momento en que salía del relleno sanitario la primera vez
- En casos excepcionales, se encontrarán salidas del encierro en horarios distintos a los típicos, éstos pueden ser a las 12:00hrs, a las 18:00 hrs y de forma menos frecuente, a las 20:00 hrs

Los tiempos de recorrido y el rendimiento de los vehículos de manera semanal, se muestran en las Figuras 26 y 27.

#### 4. Evaluación del servicio de recolección en Villas Otoch, Cancún

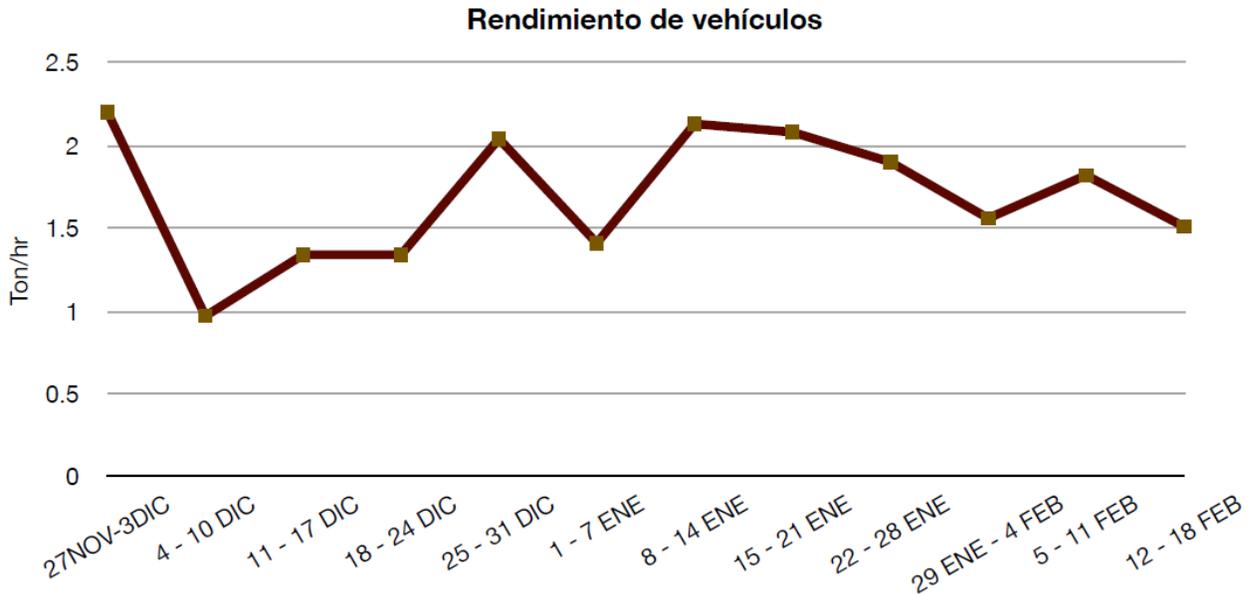


Figura 26 Rendimiento de los vehículos servicio original, Villas Otoch

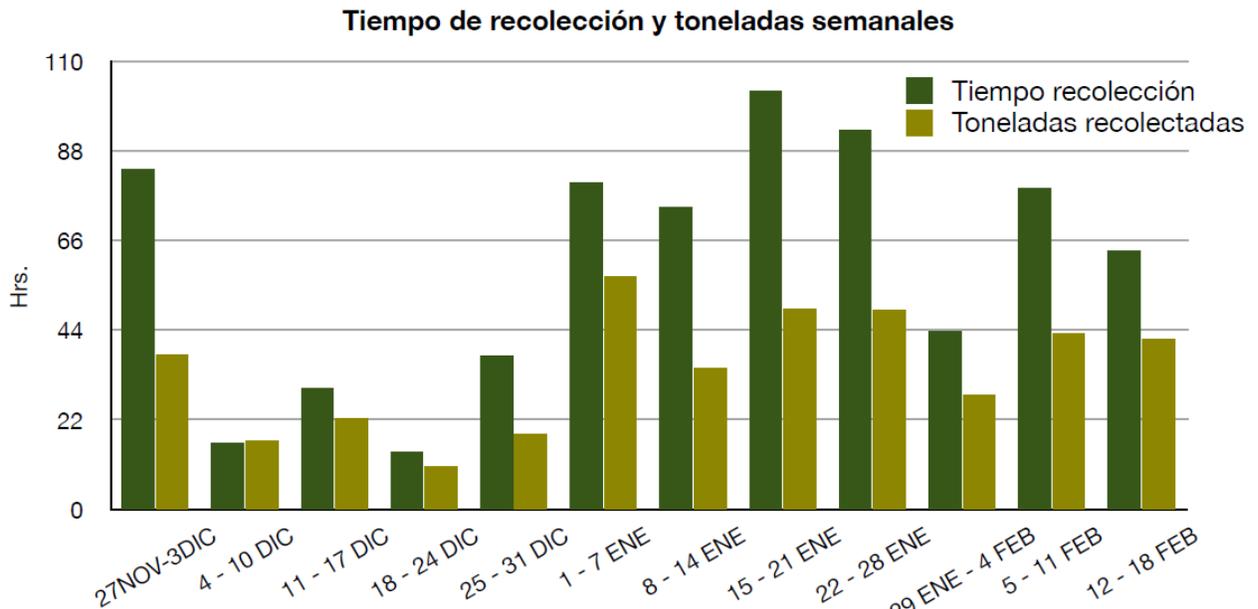


Figura 27 Tiempo de recolección y toneladas recolectadas, servicio original Villas Otoch

El rendimiento promedio resultante es de 1.76 (ton/hr), que es un valor por debajo del parámetro para considerarlo un servicio eficiente.

## 4. Evaluación del servicio de recolección en Villas Otoch, Cancún

### 4.3.4 Costo del servicio

El costo del servicio debe calcularse a partir de los costos de operación, mantenimiento, administración y otros gastos directos e indirectos del servicio. Para la evaluación del servicio en Villas Otoch, no se cuenta con la información referente a estos rubros. Sin embargo, se conoce el costo real por tonelada, éste era de \$250.38/ton. En la Figura 28 y la Tabla 3 se observa la integración de este costo.

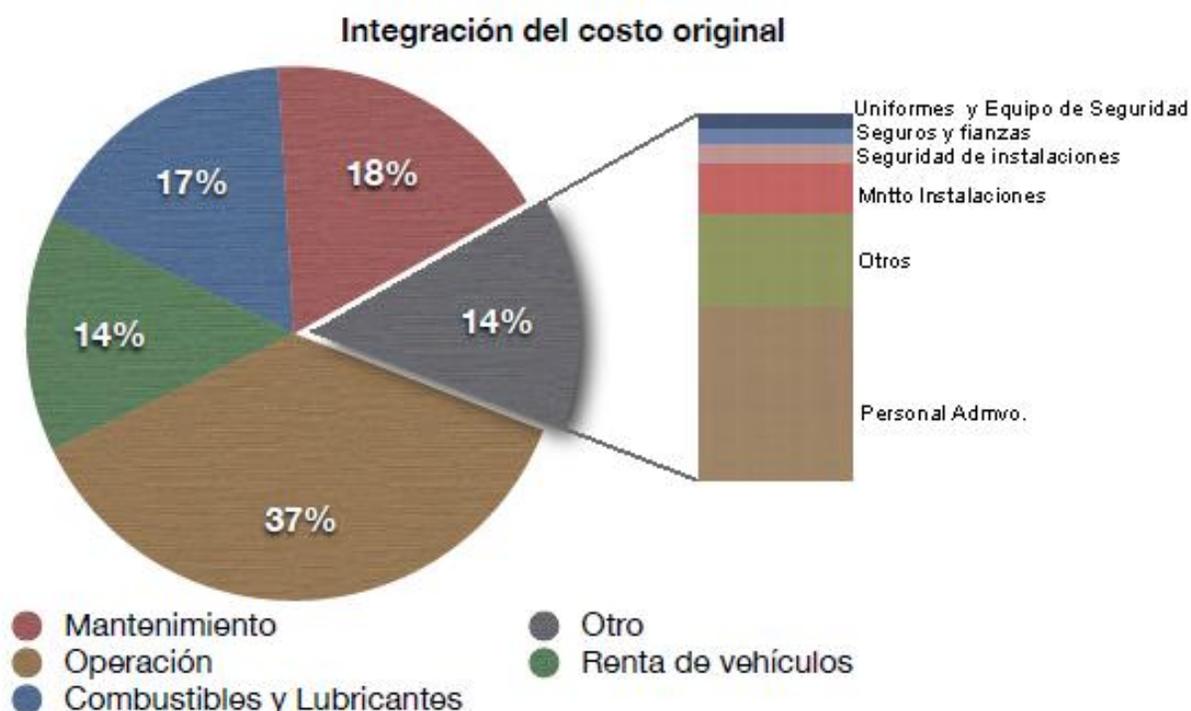


Figura 28 Integración del costo del servicio de recolección original

Tabla 3 Integración del costo del servicio original

Descripción	Costo Original		
	\$/Ton	%	
Operación	\$ 92,46	37%	
Renta de vehículos	\$ 36,03	14%	
Combustibles y Lubricantes	\$ 42,16	17%	
Mantenimiento	\$ 44,41	18%	
Seguros y fianzas	\$ 1,46	1%	Costos directos fijos
Uniformes y Equipo de Seguridad	\$ 1,53	1%	
Seguridad de instalaciones	\$ 1,75	1%	Costos indirectos fijos
Mantenimiento Instalaciones	\$ 4,87	2%	
Otros	\$ 9,04	4%	
Personal Administrativo	\$ 16,69	7%	
	<b>\$ 250,38</b>	<b>100%</b>	

#### 4. Evaluación del servicio de recolección en Villas Otoch, Cancún

Este costo es aproximadamente de 20 USD/ton, que se encuentra dentro del rango promedio de recolección en América Latina.

Los costos directos fijos e indirectos fijos hacen referencia a conceptos que no tendrán variación a lo largo de las propuestas que se presentarán, pues no se pretende cambiar la forma de administración del servicio.

##### 4.3.5 Eficiencia

El servicio de recolección en el año 2010 para la zona habitacional Villas Otoch tuvo los resultados de la Tabla 4 para los tres indicadores que se consideran en este trabajo.

Tabla 4 Resultado de indicadores. Servicio original

Indicador	Rango aceptable	Valor	Comentario
% Cobertura	>80%	89.10%	Aceptable, debe tender 100%
Rendimiento del vehículo (ton/hr)	2.3 > valor > 2.6	1.76	Por debajo del rango. Oportunidad de mejora
Costo (USD/ton)	De 15 a 25	20	Dentro del rango. Oportunidad de mejora

En la Figura 29 se observan los indicadores a lo largo de las 12 semanas analizadas.

##### Indicadores de eficiencia

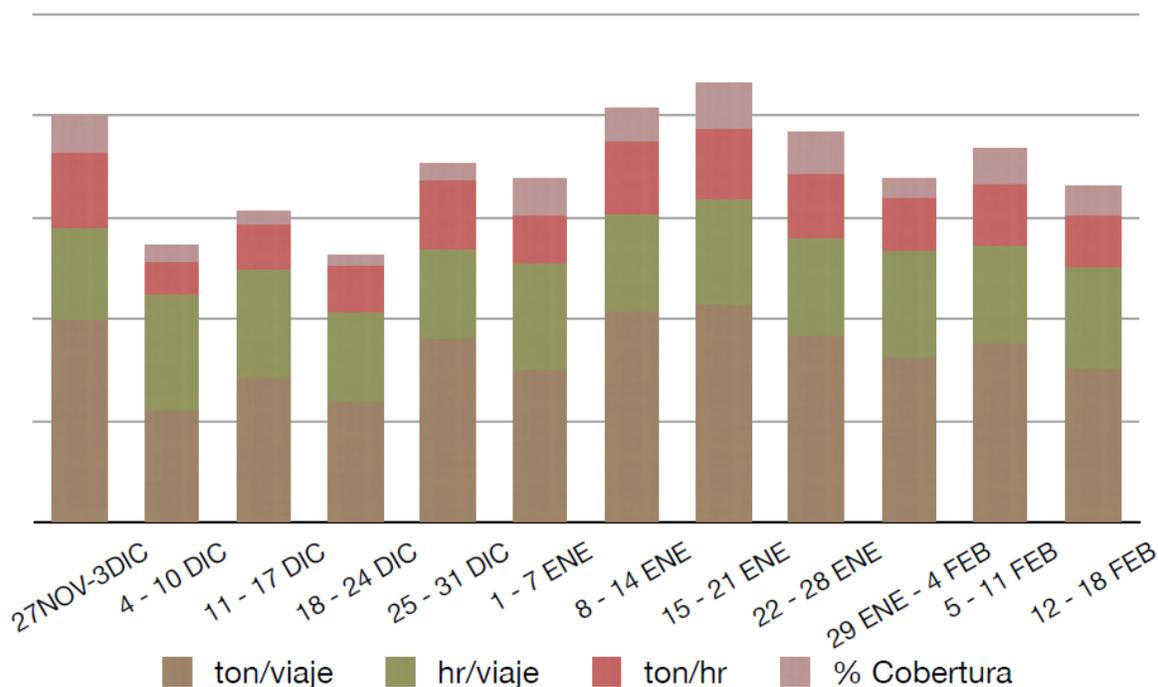


Figura 29 Indicadores de eficiencia servicio original

#### 4. Evaluación del servicio de recolección en Villas Otoch, Cancún

---

En esta gráfica se observa la relación que guardan los indicadores de eficiencia con la cantidad de residuos recolectada, el número de viajes y tiempo total de recolección.

Es decir, el concepto de eficiencia en la recolección de residuos busca, de acuerdo a las capacidades del servicio, recolectar la mayor cantidad de toneladas, en el menor tiempo, y con el menor número de viajes posible.

Así, vemos en la gráfica que en conjunto, las toneladas por viaje (en café) y el tiempo de recolección (en verde) afectan al rendimiento del vehículo (en rojo). En el primer caso, las toneladas por viaje tienen una relación directamente proporcional con el rendimiento, si éstas aumentan, también lo hace el rendimiento. A diferencia del tiempo de recolección, que mantiene una relación inversamente proporcional, si éste aumenta, el rendimiento disminuye.

También observamos que aunque la cantidad recolectada cada semana no parecía mantener un comportamiento constante, las toneladas por viaje sí. Esto quiere decir que, sin importar la cantidad de residuos a recolectar, por viaje se transporta una cantidad de residuos más o menos constante. Se esperaría que en la recolección se aproveche la capacidad máxima de los vehículos y como se mencionó anteriormente, en promedio cada viaje llevaba 5.20 toneladas a pesar de que la capacidad del vehículo es de 7.5ton.

Durante estos tres meses, el servicio tenía la capacidad suficiente para atender a la zona habitacional Villas Otoch, dando una cobertura cercana al 90%.

No obstante algunas deficiencias en la operación, como utilizar los vehículos al 70% de su capacidad o realizar cuatro viajes al día, repercutió directamente en el costo del servicio por tonelada y en un desgaste innecesario de los vehículos.

El método de recolección usado resulta bastante cómodo para los habitantes, pero depende en gran medida del horario de sus actividades y de su participación constante. Sin embargo, el diseño de las calles secundarias (al ser en su mayoría cerradas) incrementa el tiempo de recorrido y el mantenimiento del vehículo, pues la ruta establece que pase por todas las calles y realice maniobras en reversa constantemente.

Este panorama en conjunto, permite identificar oportunidades para la optimización del servicio y da paso a las propuestas que se detallarán en la siguiente sección. Éstas buscan tanto incrementar la eficiencia, como el ahorro en recursos.

## 5. PROPUESTAS PARA MEJORAR EL SERVICIO DE RECOLECCIÓN

---

Una vez evaluado el servicio de recolección original, fue posible identificar ventajas y desventajas en él.

Uno de los problemas identificados en el tipo de servicio de Villas Otoch es el bajo rendimiento de los vehículos, que está directamente relacionado con las toneladas que se transportaban en promedio cada viaje. También se identificó que los vehículos tenían un alto costo de mantenimiento derivado de las distancias que debían recorrer diariamente.

Partiendo de éstas observaciones se generaron tres propuestas que se presentan a continuación y se evalúan. En principio se diseñaron para operar en la actualidad (año 2013), pero no debe perderse de vista, que en el año 2019, se deberá atender a casi 20,000 habitantes, por lo que al final se incluyen recomendaciones para adecuar el servicio una vez que se requiera.

### 5.1 PRIMERA PROPUESTA

La primera propuesta contempla mantener el tipo de servicio y las rutas originales, pero con la adquisición de un vehículo nuevo y la vigilancia del cumplimiento de los horarios de recolección.

#### 5.1.1 Parámetros técnicos

##### ❖ **Población atendida y tasa de generación per cápita.**

La proyección de la población al año 2013 se calcula de la siguiente forma:

$$P_{2013} = P_{2010}(1.067)^{2013-2010} = 14,131 \text{ habitantes}$$

Se considera para fines de diseño, que la tasa de generación per cápita es constante, 0.9 kg/hab/día.

##### ❖ **Generación diaria y porcentaje de cobertura**

Para el diseño del servicio utilizaremos un factor de seguridad del 10% más, esto es para asegurar que en situaciones extraordinarias de alta demanda, el servicio no se vea afectado.

Así, la cantidad diaria de residuos sólidos urbanos a recolectar será de:

$$\text{Recolección diaria} = 14,131 \times 0.9 \times 1.1 = 13,990 \text{ kg/día}$$

##### ❖ **Método de recolección**

El incremento en la cantidad de residuos generados y recolectados por sí mismo, haría más rentable y eficiente el servicio que se daba en Villas Otoch. Por ello, esta propuesta no modifica el método ni la frecuencia de recolección existente.

El método de acera requiere que el vehículo recorra todas las calles, sin establecer paradas específicas. Una vez establecidos la frecuencia y el horario del servicio los habitantes deberán colocar sus bolsas de residuos en la acera con anticipación.

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

### ❖ *Rutas*

Cómo se mencionó anteriormente, el método de acera requiere que el vehículo pase por cada calle de la zona habitacional. Por esta razón se mantendrá la ruta original, donde el vehículo debía maniobrar en reversa para entrar a las vialidades secundarias. Se esperaría que el tiempo de recorrido en la recolección sea el mismo, de aproximadamente 2.2hrs (Figura 30).



Figura 30 Tiempo de recorrido y recolección 1ra propuesta. Método de acera

En la Figura 31 se observa la ruta de la primera propuesta.



Figura 31 Ruta de recolección 1ra propuesta. Método de acera

### ❖ *Frecuencia de recolección*

La frecuencia de recolección se mantiene diaria. Sin embargo, se establecieron dos turnos con un solo viaje cada uno. De esta manera se busca evitar viajes innecesarios que pueden cubrirse únicamente con un vehículo.

Por otro lado, el horario de inicio de las rutas era a las 14:00 hrs y a las 16:00 hrs. Esta diferencia de únicamente dos horas entre ambos turnos puede ser uno de los factores que afectan al rendimiento del servicio. Por ello, en esta primera propuesta se eligen los horarios de 12:00 hrs y de 16:00 hrs.

### ❖ *Vehículos recolectores*

Aunque las características de los vehículos recolectores originales cumplen con la capacidad requerida para atender la demanda en dos viajes (cada camión tiene capacidad de 7.5 toneladas), al año 2013, los más recientes tendrían ya una vida de trabajo de 7 años.

La vida útil promedio de un vehículo recolector se estima en 5 años. Por esta razón, se recomienda renovar el parque vehicular. Analizando la cantidad de residuos que se recolectarán en el año 2013, es necesario adquirir un camión nuevo con las siguientes características (Figura 32):

- Carga trasera
- Capacidad de la caja 20 yd<sup>3</sup>(15.3m<sup>3</sup>)
- Sistema hidráulico de alta compactación
- Compactación promedio 800lb/yd<sup>3</sup>(470kg/m<sup>3</sup>)
- Capacidad de la tolva 2.29 m<sup>3</sup>
- Chasis cabina International 4300
- Rendimiento 1.5km/lt
- Potencia motor 210HP



*Figura 32 Vehículo recolector propuesto*

### 5.1.2 Parámetros económicos

En esta sección se mencionan los aspectos económicos que impactan directa o indirectamente el costo del servicio por tonelada.

#### **COSTOS DIRECTOS**

Se denomina costos directos a los gastos o inversiones que se realizan durante la prestación de un servicio o la generación de un producto y que de ellos depende dicha prestación o generación. Se nombran así porque afectan directamente al servicio y deberán ser recuperados a través del cobro del mismo.

##### ❖ **Costo del vehículo recolector**

El vehículo recolector que se propone comprar para sustituir aquellos que ya no son funcionales, tiene un costo en el mercado de \$1'305,833 incluido el chasis y la caja de compactación, modelo 2013 (Anexo III). Si se adquiere por medio de un crédito, la tasa de interés promedio que se cobra es del 12%. Este monto se amortizará a lo largo de la vida útil del vehículo, que se estima en 5 años si tiene un mantenimiento adecuado. También hay que considerar que el vehículo se depreciará totalmente en este periodo.

De esta forma, el costo mensual asociado a la amortización de la compra del vehículo se calcula de la siguiente forma:

$$\text{costo}_{\text{amort}} = \frac{\text{Costo inicial} - \text{Valor residual}}{\text{vida útil}} = \frac{(1305833 \times 1.12) - 0 \text{ [\$]}}{60 \text{ meses}} = 24,375.5[\$/\text{mes}]$$

##### ❖ **Mantenimiento del vehículo**

En el costo por el mantenimiento del vehículo se incluye el costo por mantenimientos preventivos y correctivos del mismo. El primer caso incluye los servicios mecánicos indicados por el fabricante para mantener todos los sistemas del vehículo en óptimas condiciones de operación, se consideran aquí tanto la mano de obra como los materiales necesarios (filtros, aceites, grasas, mangueras, válvulas, balatas, bandas, etc.). Los mantenimientos correctivos son aquellos que se presentan debido a fallas súbitas del equipo y normalmente cubre el costo de refacciones y la mano de obra.

Para fines de diseño, el costo de los mantenimientos se puede calcular con buena aproximación como el 10% anual del valor inicial del vehículo (aunque cuando éste es nuevo, el primer año se aproximará sólo al 4%) es decir:

$$\text{costo}_{\text{mtto}} = \frac{10\% \times \text{Costo inicial}}{12} = \frac{10\% \times 1305833}{12} = 10,881.9[\$/\text{mes}]$$

### ❖ **Costo por neumáticos**

El costo por cambio de neumáticos, es un gasto frecuente e importante en los vehículos. Este costo asociado se calculará con base en la vida útil de los mismos, de la siguiente forma:

- 6 neumáticos por vehículo número 315 80 R.22.5
- Vida útil aproximada 50,000 km
- Kilómetros recorridos al mes 2,098.75 km (la distancia de la ruta se recorre diario, dos veces)
- Costo de los neumáticos \$6,684.00/pza.

$$Costo_{neum} = \frac{\#Neumáticos * Costo unitario}{km vida útil} \times km recorridos al mes$$

$$Costo_{neum} = \frac{6 * 6684}{50000} \times 2,098.75 = \$1,683.37/mes$$

### ❖ **Costo del combustible**

Otro costo directo, igual de importante, es el gasto que se hace por suministro de combustible. Este está asociado al rendimiento del motor de los vehículos, para esta propuesta, el rendimiento aproximado es de 1.5 km/l. Por otro lado el costo del diesel en febrero de 2013 tiene un precio de \$11.39/litro, sin embargo, este costo se incrementará 11 centavos mensualmente, por lo que el costo asociado al combustible será calculado con el costo promedio del mismo en el año 2013, que es de \$11.89/litro<sup>7</sup>.

$$costo_{comb} = \frac{km}{mes} \times \frac{litros}{km} \times \frac{\$}{litro} = 2098.75 \times \left(\frac{1}{1.5}\right) \times 11.89 = \$16,636.09/mes$$

### ❖ **Costo por operación**

En este rubro se incluyen los salarios del personal que opera directamente para dar el servicio. Aquí se contará al chofer y a dos ayudantes que trabajarán de lunes a sábado. El domingo será cubierto por otro chofer y dos ayudantes más que se denominan postureros. Los salarios para un chofer de camión recolector y un auxiliar de recolección en el municipio son los siguientes, de acuerdo al tabulador publicado por el municipio<sup>8</sup>:

- Chofer de camión recolector  
Sueldo base \$5,000/mes

<sup>7</sup> PEMEX. Indicadores petroleros a Febrero de 2013. Precio al público de productos petrolíferos

<sup>8</sup> Gobierno de Quintana Roo. H. Ayuntamiento de Benito Juárez. Tabulador de sueldos 2011-2013

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

- Ayudante

Sueldo base \$2,000/mes

También se deben considerar las prestaciones que incluyen: aguinaldo, prima vacacional, días de vacaciones, seguro médico. Para ello se calcula el factor de salario real (Anexo IV). En este caso, para el operador es de 1.58 y para el ayudante de 1.68.

Con estos datos los sueldos integrados quedarían como sigue:

- Chofer de camión recolector

Sueldo: \$7,900.00/mes

- Auxiliar

Sueldo: \$3,360.00/mes

Y el costo asociado a la operación

$$costo_{op} = sueldo\ choferes + sueldo\ auxiliares = (7900 \times 2) + (3360 \times 4) = \$29,240/mes$$

### ❖ Otros

En este apartado incluiremos costos directos como los uniformes, equipos de seguridad y seguro del vehículo, que sabemos que representan el 1.2% del costo del servicio original, es decir \$2.99/ton.

## COSTOS INDIRECTOS

En contraste con los costos directos, los costos indirectos son aquellos que afectan no solo al servicio o producto de interés, sino que pueden ir asociados como más de un proceso productivo. Los servicios y productos resultantes no dependen directamente de estos gastos, pero se ven afectados también por ellos. Estos costos también deben incluirse en el costo del servicio o producto, de manera proporcional.

En este apartado se consideran los costos indirectos que ya se conoce en qué porcentaje impactan al servicio, debido a que la administración del mismo no cambiará. Estos costos se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5 Costos directos fijos, 1ra propuesta

Rubro	% del costo original	\$/ton
Seguridad de instalaciones	0.7	1.75
Mantenimiento instalaciones	1.9	4.87
Otros	3.6	9.04
Personal administrativo	6.7	16.69
<b>Total</b>	<b>12.9</b>	<b>32.35</b>

### INTEGRACIÓN DEL COSTO DEL SERVICIO

Con el desglose de los costos directos e indirectos que se ha hecho hasta el momento podemos conocer el gasto mensual que genera el servicio de recolección. Si conocemos también la cantidad de residuos que se recolectarán en ese periodo, conoceremos entonces el costo del servicio por tonelada (Tabla 6).

#### ❖ *Toneladas al mes*

Al día se realizarán dos turnos en los que se recolectarán alrededor de 13.99 toneladas, es decir:

$$toneladas_{mes} = 13.99 * \frac{365}{12} = 425.53 ton/mes$$

#### ❖ *Costo del servicio*

Integrando todos los costos asociados tenemos (Anexo V):

*Tabla 6 Integración del costo 1ra propuesta. Método de acera*

Descripción	Costo primera propuesta		
	\$/mes	\$/Ton	% del costo
Operación	\$ 29.240,00	\$ 68,71	30%
Amortización	\$ 24.375,55	\$ 57,28	25%
Combustible	\$ 16.636,09	\$ 39,10	17%
Neumáticos	\$ 1.683,37	\$ 3,96	2%
Mantenimiento	\$ 10.881,94	\$ 25,57	11%
Uniformes y Equipo de Seguridad		\$ 1,53	1%
Seguros y fianzas		\$ 1,46	1%
Personal Administrativo		\$ 16,69	7%
Mantenimiento otras Instalaciones		\$ 4,87	2%
Otros		\$ 9,04	4%
Seguridad de instalaciones		\$ 1,75	1%
<b>Costo de la recolección 1ra propuesta</b>		<b>\$229,96</b>	

Esto es alrededor de 17.6 USD por tonelada, que se encuentra dentro del promedio para América Latina.

### 5.1.3 Evaluación del servicio

#### ❖ *Porcentaje de cobertura*

El servicio de esta primera propuesta está diseñado para cubrir al 100% de la población. Sin embargo, por factores ajenos a la prestación del servicio puede ocurrir que esta caiga al 90%, que es un dato típico en las zonas urbanizadas.

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

El método de recolección y la ruta que incluye todas las calles incrementa la posibilidad de dar una cobertura del 100%

### ❖ Rendimiento del vehículo

Para calcular el rendimiento del vehículo de recolección necesitamos saber la cantidad de residuos y el tiempo en el que se recolectan.

En un día, se recolectarán aproximadamente 13.99 toneladas y se realizará la ruta dos veces. Los tiempos de traslado entre el encierro, Villas Otoch y el relleno, así como el tiempo de recolección, no cambiarán respecto a los del servicio anterior, ya que es la misma ruta. Así, el tiempo de recorrido en un día es el doble del tiempo que toma realizar la ruta, 6 horas.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Toneladas recolectadas en el recorrido}}{\text{tiempo total del recorrido}} \left[ \text{ton/hr} \right]$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{13.99}{6} = 2.33 \left[ \text{ton/hr} \right]$$

Este valor se encuentra en el rango para considerar un servicio aceptable.

### ❖ Costo del servicio

Como se calculó anteriormente, el servicio tendría un costo de \$229.96/ton que es aproximadamente de 17USD. En la Figura 33 puede apreciarse la forma como se integra este costo.

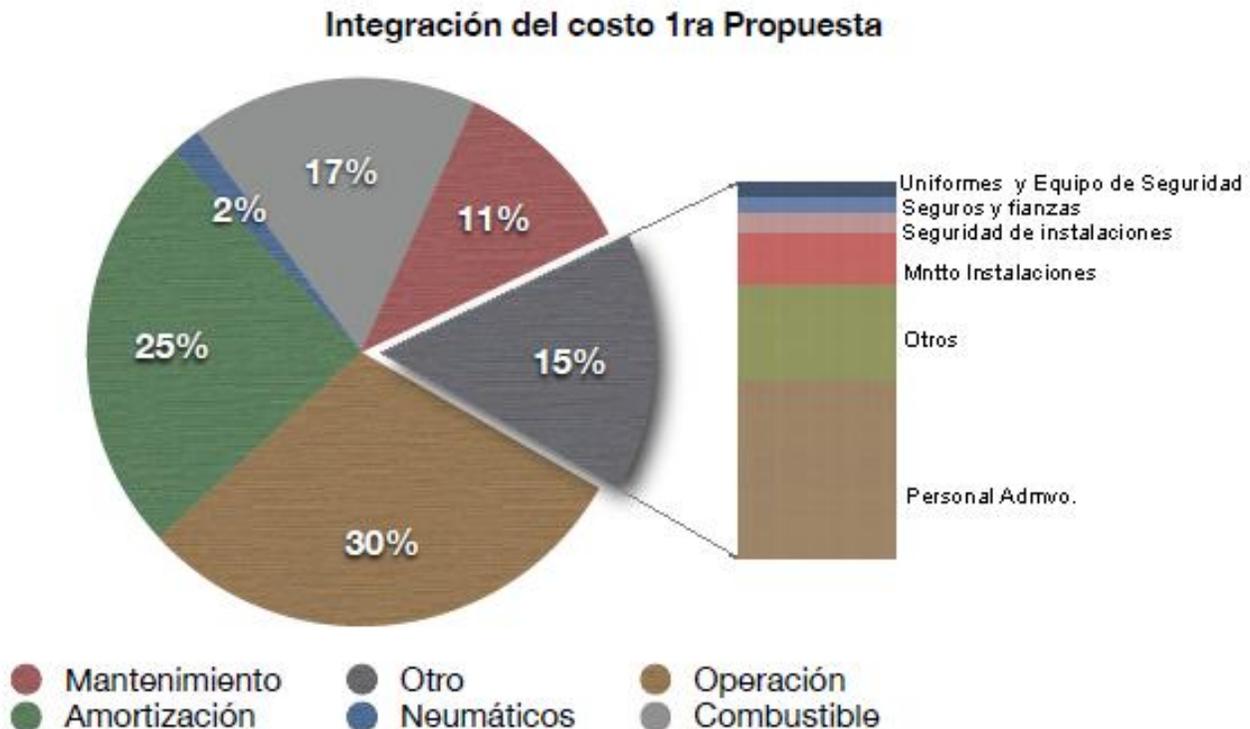


Figura 33 Integración del costo de recolección 1ra propuesta. Método de acera

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

Para esta primera propuesta los indicadores de eficiencia estudiados tienen los valores mostrados en la Tabla 7.

Tabla 7 Resultado de indicadores. 1ra propuesta

Indicador	Rango aceptable	Valor	Comentario
% Cobertura	>80%	90%	Aceptable, debe tender 100%
Rendimiento del vehículo (ton/hr)	2.3> valor >2.6	2.33	Por debajo del rango. Oportunidad de mejora
Costo (USD/ton)	De 15 a 25	17	Dentro del rango.

Por el diseño del servicio, se puede asegurar que mientras se cumplan los horarios tanto por parte del camión como por parte de los usuarios, el porcentaje de cobertura tenderá al 100%.

El rendimiento de los vehículos se encuentra dentro del rango para ser considerado eficiente, mientras se mantenga un buen porcentaje de cobertura y los tiempos de las rutas se respeten, este rendimiento habla de un servicio eficiente para los usuarios y un servicio rentable para el municipio o el prestador.

El costo del servicio entra en el promedio de América Latina, este costo está calculado partiendo del supuesto de que el vehículo únicamente prestará el servicio a Villas Otoch y por ende todo el desgaste y consumo de combustible será el inherente a este servicio. Además en él ya están considerados los costos indirectos asociados a la administración del servicio.

### 5.2 SEGUNDA PROPUESTA

En esta segunda propuesta el método de recolección es el más económico, que es el de parada fija. Este método evitará que el vehículo realice maniobras en reversa en las calles cerradas y por lo tanto recorrerá menor distancia.

El tiempo de recorrido se reducirá, sin embargo, no se verá reflejado de manera importante en el tiempo total de recolección debido a que cada parada implica que el vehículo se detenga alrededor de 3 minutos.

Al igual que en la primera propuesta y debido al tiempo de vida útil de los vehículos se recomienda adquirir uno nuevo con las mismas características. Es por ello que algunos de los costos implicados son iguales a los de la primera propuesta.

#### 5.2.1 Parámetros técnicos

##### ❖ Población atendida y tasa de generación per cápita

La población del año 2013 se calculó anteriormente y es de 14,131 habitantes. También se ha determinado que para fines de diseño la tasa de generación per cápita es 0.9 kg/hab/día.

### ❖ **Generación diaria y porcentaje de cobertura**

La generación estimada al año 2013 es de 12,717.9 kg/día, que multiplicada por el factor de seguridad (de 1.1) da como resultado un total de 13.99 ton/día por recolectarse. Se esperaría que el porcentaje de cobertura se acerque al 100%, sin embargo, debido al método de recolección y los hábitos de los usuarios es probable que este porcentaje caiga a 85%.

### ❖ **Método de recolección**

El método propuesto es el de parada fija, que es el método más económico. Este método no requiere que se recorran todas las calles, sin embargo, se deben marcar paradas oficiales donde el vehículo pueda detenerse por un máximo de 3 minutos.

Para brindar este servicio se requiere que los habitantes salgan de sus casas y transporten sus residuos hasta la parada más cercana a sus domicilios cuando el vehículo se encuentre cerca. Se busca evitar las maniobras en reversa, por ello se establecieron paradas a lo largo de la ruta procurando que cubran un radio no mayor de 140 metros (distancia máxima a las paradas) y evitar así que el vehículo entre a las calles cerradas.

### ❖ **Rutas**

La zona habitacional, se ha dividido en dos macro rutas. La macro ruta A abarca la mayor parte de la zona norte y la zona este del lugar, con ella se pretende abarcar el 54% de la demanda, alrededor de 7.5 toneladas al día. La macro ruta B abarca la zona sur y la zona oeste de Villas Otoch y atenderá al 46% de la población, un equivalente a 5 toneladas de residuos al día.

En la Figura 34 se muestran los límites de las macro rutas.

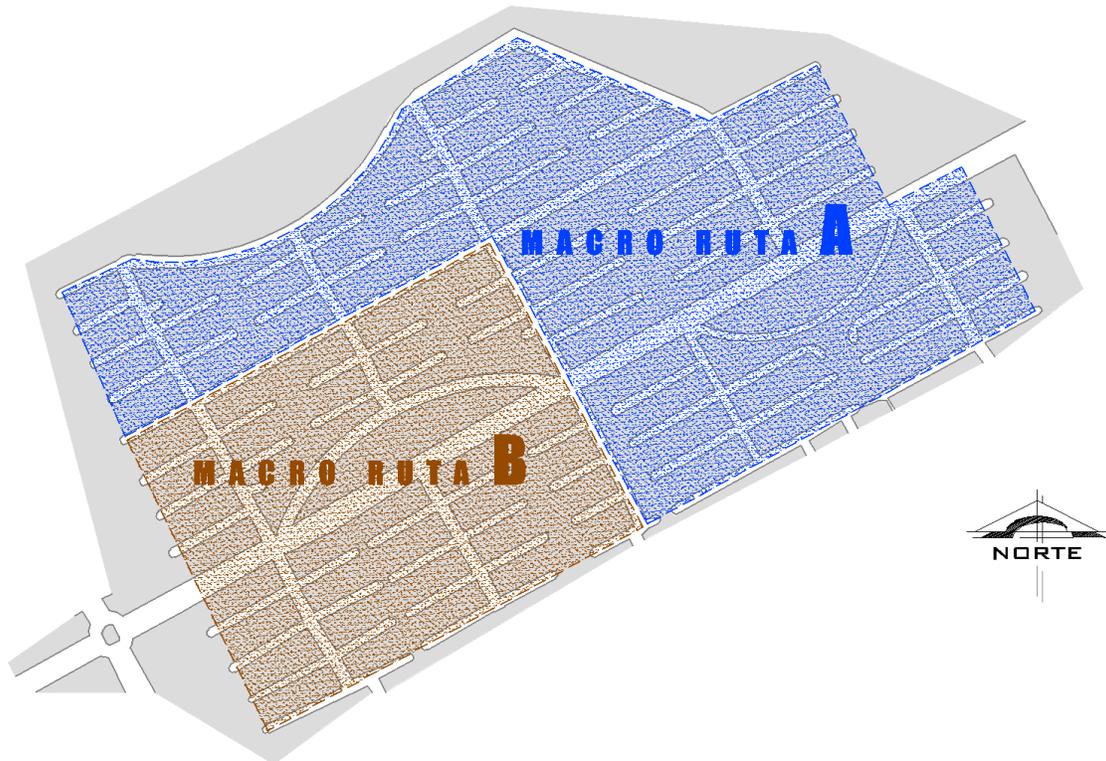


Figura 34 Macro rutas 2da propuesta. Método de parada fija.

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

La ruta A, tiene una distancia total de recorrido de 4.3 km, que a una velocidad media de 20 km/hr equivale a 13 minutos. Tiene establecidas 40 paradas de 3 minutos cada una. Esto equivale a 2 horas de tiempo de recolección.

La ruta B, tiene una distancia total de recorrido de 3.9 km, que a una velocidad media de 20km/hr equivale a 12 minutos. Tiene establecidas 32 paradas de 3 minutos cada una. Esto equivale a 1.6 horas de tiempo de recolección (Tabla 8).

Tabla 8 Tiempo de recorrido y recolección 2da propuesta. Método de parada fija

Trayecto	RUTA A		RUTA B	
	Distancia (km)	Tiempo (hr)	Distancia (km)	Tiempo (hr)
Encierro - V. Otoch	3,5	0,2	3,5	0,2
Ruta	4,3	0,2	2,9	0,1
Recolección	40 paradas	2	32 paradas	1,6
V. Otoch - Relleno	5,2	0,3	5,2	0,3
Tiempo de descarga	----	0,25	-----	0,25
Relleno - Encierro	2,3	0,08	2,3	0,08
<b>TOTAL</b>	<b>15,3</b>	<b>3,02</b>	<b>13,9</b>	<b>2,55</b>

Las Figuras 35 y 36 muestran las rutas A y B con sus correspondientes paradas.

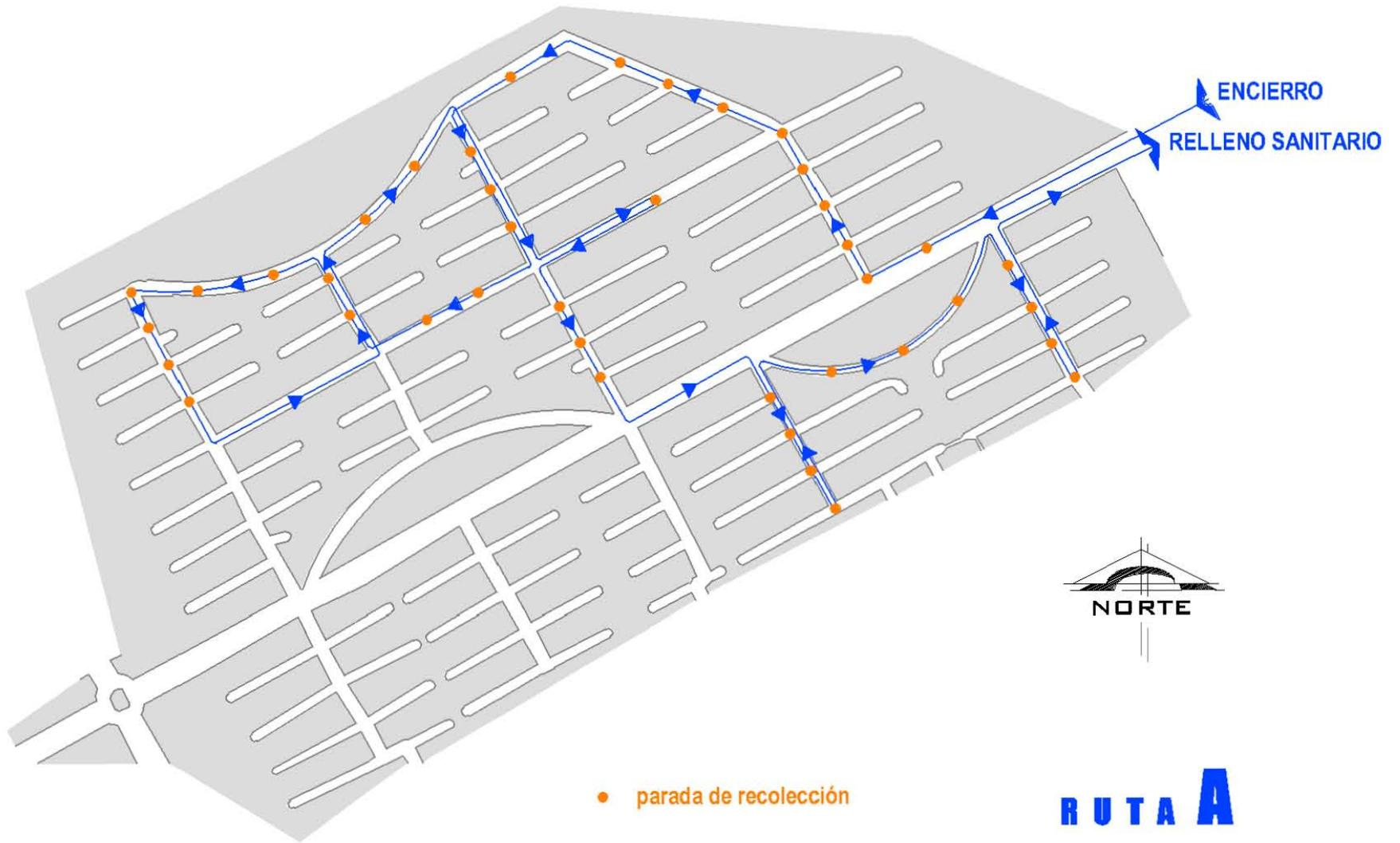


Figura 35 Ruta A, 2da propuesta. Método de parada fija



Figura 36 Ruta B, 2da propuesta. Método de parada fija

- **Frecuencia de recolección**

La frecuencia de recolección se mantiene diaria, en dos turnos. El primer turno comenzará a las 12:00 hrs y cubrirá la ruta A, el segundo turno comenzará a las 16:00hrs y cubrirá la ruta B.

- ❖ **Vehículos recolectores**

Nuevamente se recomienda invertir en un vehículo nuevo para cubrir ambas rutas con las siguientes características:

- Carga trasera
- Capacidad de la caja 20 yd<sup>3</sup>(15.3m<sup>3</sup>)
- Sistema hidráulico de alta compactación
- Compactación promedio 800lb/yd<sup>3</sup>(470kg/m<sup>3</sup>)
- Capacidad de la tolva 2.29 m<sup>3</sup>
- Chasis cabina International 4300
- Rendimiento 1.5km/lt
- Potencia motor 210HP

### 5.2.2 Parámetros económicos

#### COSTOS DIRECTOS

- ❖ **Costo del vehículo recolector**

El vehículo recolector que se propone adquirir tiene las mismas características y costo que el de la primera propuesta, por ello la amortización de su valor inicial es el mismo monto mensual: **\$24,375.5**

- ❖ **Mantenimiento del vehículo**

Por tratarse del mismo vehículo, el costo asociado al mantenimiento no cambia respecto al de la propuesta anterior y es de **\$10,881.9** al mes

- ❖ **Costo por neumáticos**

El costo asociado a la compra de neumáticos está relacionado con los kilómetros que recorrerá el vehículo al mes, en este caso los datos son los siguientes:

- 6 neumáticos por vehículo número 315 80 R.22.5
- Vida útil aproximada 50,000 km
- Kilómetros recorridos al mes 888 km/mes (La suma de ambas rutas)
- Costo de los neumáticos \$6,684.00/pza.

$$Costo_{neum} = \frac{\#Neumáticos * Costo unitario}{km vida útil} \times km recorridos al mes$$

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

$$Costo_{neum} = \frac{6 * 6684}{50000} \times 888 = \$712.38/mes$$

### ❖ Costo del combustible

Con los datos del rendimiento del motor, los kilómetros recorridos al mes y el precio del combustible el costo por suministro de combustible será entonces de \$7,040.2/mes.

$$costo_{comb} = \frac{km}{mes} \times \frac{litros}{km} \times \frac{\$}{litro} = 888 \times \left(\frac{1}{1.5}\right) \times 11.89 = \$7,040.20/mes$$

### ❖ Costo por operación

Para la operación se proponen igualmente un chofer y dos ayudantes con los respectivos postureros, por lo que el costo por operación mensual continúa siendo de **\$29,240.00**

### ❖ Otros

Como se mencionó anteriormente, este rubro incluye los uniformes, equipos de seguridad y seguro del vehículo, que del costo del servicio original sabemos que representan el 1.2%, es decir **\$2.99/ton**.

## COSTOS INDIRECTOS

En este apartado incluiremos los costos indirectos que ya conocemos en qué porcentaje impactan al servicio, debido a que la administración del mismo no cambiará. Estos costos se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9 Costos indirectos fijos, 2da propuesta

Rubro	% del costo original	\$/ton
Seguridad de instalaciones	0.7	1.75
Mantenimiento instalaciones	1.9	4.87
Otros	3.6	9.04
Personal administrativo	6.7	16.69
<b>Total</b>	<b>12.9</b>	<b>32.35</b>

### INTEGRACIÓN DEL COSTO DEL SERVICIO

#### ❖ *Toneladas al mes*

Al día se realizarán dos turnos en los que se recolectarán alrededor de 13.99 toneladas, es decir:

$$toneladas_{mes} = 13.99 * \frac{365}{12} = 425.53ton/mes$$

#### ❖ *Costo del servicio*

Integrando los costos asociados al servicio tendremos lo que se muestra en la Tabla 10(Anexo VI):

*Tabla 10 Integración costo 2da propuesta. Método de parada fija*

Descripción	Costo Segunda propuesta		
	\$/mes	\$/Ton	% del costo
Operación	\$ 29.240,00	\$ 68,71	33%
Amortización	\$ 24.375,55	\$ 57,28	28%
Combustible	\$ 7.040,20	\$ 16,54	8%
Neumáticos	\$ 712,38	\$ 1,67	1%
Mantenimiento	\$ 10.881,94	\$ 25,57	12%
Uniformes y Equipo de Seguridad		\$ 1,53	1%
Seguros y fianzas		\$ 1,46	1%
Personal Administraivo		\$ 16,69	8%
Mantenimiento otras Instalaciones		\$ 4,87	2%
Otros		\$ 9,04	4%
Seguridad de instalaciones		\$ 1,75	1%
<b>Costo de la recolección 1ra propuesta</b>		<b>\$205,13</b>	

Es decir, aproximadamente 15.8 USD. Este costo se encuentra en el rango promedio para América Latina.

### 5.2.3 Evaluación del servicio

#### ❖ *Porcentaje de cobertura*

Al igual que la primera propuesta, este servicio está diseñado para tener una cobertura cercana al 100%, sin embargo, por la ubicación de las paradas dentro de las rutas, el vehículo, no necesariamente pasará por todas las calles y en algunos casos la distancia mayor que deberán caminar los usuarios será de 140 metros. Esto llevará a una caída de la cobertura por debajo del 90%, probablemente al 85%.

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

### ❖ Rendimiento del vehículo

El rendimiento del vehículo habla de la cantidad de toneladas recolectadas por hora. En este caso ya se conocen ambos datos, las toneladas totales recolectadas y el tiempo de recorrido.

$$\text{Rendimiento} = \frac{13.99}{5.56} = 2.51 \left[ \text{ton/hr} \right]$$

### ❖ Costo del servicio

El costo del servicio para esta segunda propuesta sería de \$205.13/ton, aproximadamente 15.8 USD y estaría integrado como se muestra en la Figura 37.

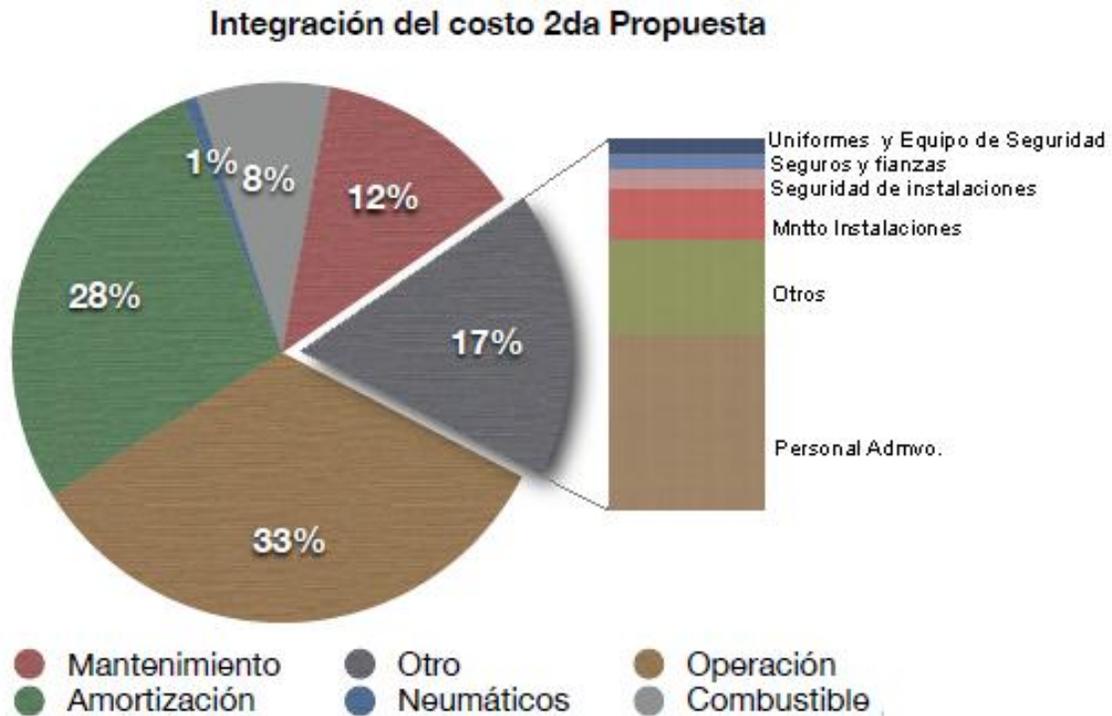


Figura 37 Integración del costo del servicio de recolección 2da propuesta. Método de parada fija

Los indicadores de eficiencia calculados para esta segunda propuesta se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11 Resultados indicadores 2da propuesta. Método de parada fija

Indicador	Rango aceptable	Valor	Comentario
% Cobertura	>80%	85%	Aceptable, debe tender 100%
Rendimiento del vehículo (ton/hr)	2.3 > valor > 2.6	2.51	Por debajo del rango. Oportunidad de mejora
Costo (USD/ton)	De 15 a 25	15.8	Dentro del rango.

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

---

El porcentaje de cobertura será menor que en el método de acera de la primera propuesta, ya que requiere de una participación más activa de los habitantes para transportar desde sus hogares los residuos que generen.

Debido a la configuración de las vialidades, que en su mayoría son cerradas de un solo carril, este método evita que el vehículo recolector ingrese en estas calles. Por ello las distancias máximas desde una vivienda hasta la parada del camión son de hasta 140 metros. Esto implica una mayor distancia que la recomendable para el servicio de parada fija y es una de las razones por las que los habitantes dejarían de acudir al servicio de recolección de manera cotidiana, especialmente si ya están acostumbrados a recibir el servicio en la puerta de sus casas. Todo ello impactará en la cobertura y rendimiento del servicio.

El rendimiento del vehículo indica un servicio eficiente siempre y cuando se cumplan los tiempos estimados, especialmente en las paradas, que no deberán ser mayores a 3 minutos. Este indicador se ve afectado principalmente por la configuración de las vialidades, que al ser calles cerradas dificultan distribuir de manera más amplia la distancia entre paradas. Esto reduciría el tiempo de recolección e incrementaría el rendimiento. A pesar de ello, el rendimiento resulta mayor que el del servicio original o la primera propuesta.

El método del servicio reduce distancias al dividir la zona habitacional en dos áreas, así en lugar de recorrer dos veces al día todas las calles, únicamente se recorre una vez y sólo el 40% de las mismas.

El costo del servicio es significativamente más bajo, esto responde al método utilizado, ya que el vehículo recorre una distancia mucho menor y a su vez disminuye de manera visible los costos por suministro de combustible y neumáticos. A pesar de no observarse esta disminución en los cálculos de diseño, estas condiciones también reducen el mantenimiento mensual del vehículo.

### 5.3 TERCERA PROPUESTA

Partiendo de la desventaja que presenta el método de parada fija, dado que existen distancias a recorrer por los usuarios de 140 metros, en esta tercera propuesta se busca dar solución a este problema a través de contenedores ubicados de manera que a pesar de la distancia, los usuarios podrán depositar sus residuos a cualquier hora del día. Esto incrementará la cobertura del servicio.

Ya que esta tercera propuesta es una pequeña modificación de la anterior, muchos costos y datos técnicos son esencialmente los mismos.

#### 5.3.1 Parámetros técnicos

##### ❖ *Población atendida y tasa de generación per cápita*

Nuevamente, para el año 2013 la población es de 14,131 habitantes. Y la tasa de generación per cápita de 0.9 kg/hab/día.

### ❖ **Generación diaria y porcentaje de cobertura**

La generación considerada sigue siendo de 13.99 ton/día. La cobertura del servicio seguirá dependiendo en gran medida de la participación de los habitantes, por lo que se considera que será del 90%.

### ❖ **Método de recolección**

El método propuesto es intradomiciliar, que como se mencionó anteriormente se da a través de contenedores de volumen entre 1 y 4 metros cúbicos, de hecho para este caso se propondrán contenedores de 1.1m<sup>3</sup>. De esta forma, no se requerirá de un vehículo especializado.

En este método, los contenedores están ubicados de manera que cubran un radio adecuado según el volumen del mismo y sin importar la distancia ni el horario, los usuarios acudirán a depositar sus residuos. De acuerdo a las rutas establecidas, el camión pasará de manera cotidiana a descargar dichos contenedores.

### ❖ **Rutas**

Para esta propuesta, se parte de las rutas ya establecidas en la segunda. Así, la zona se divide en dos macrorutas que abarcarán el 54% y el 46% de la recolección respectivamente. Se observa nuevamente la configuración en la Figura 38.

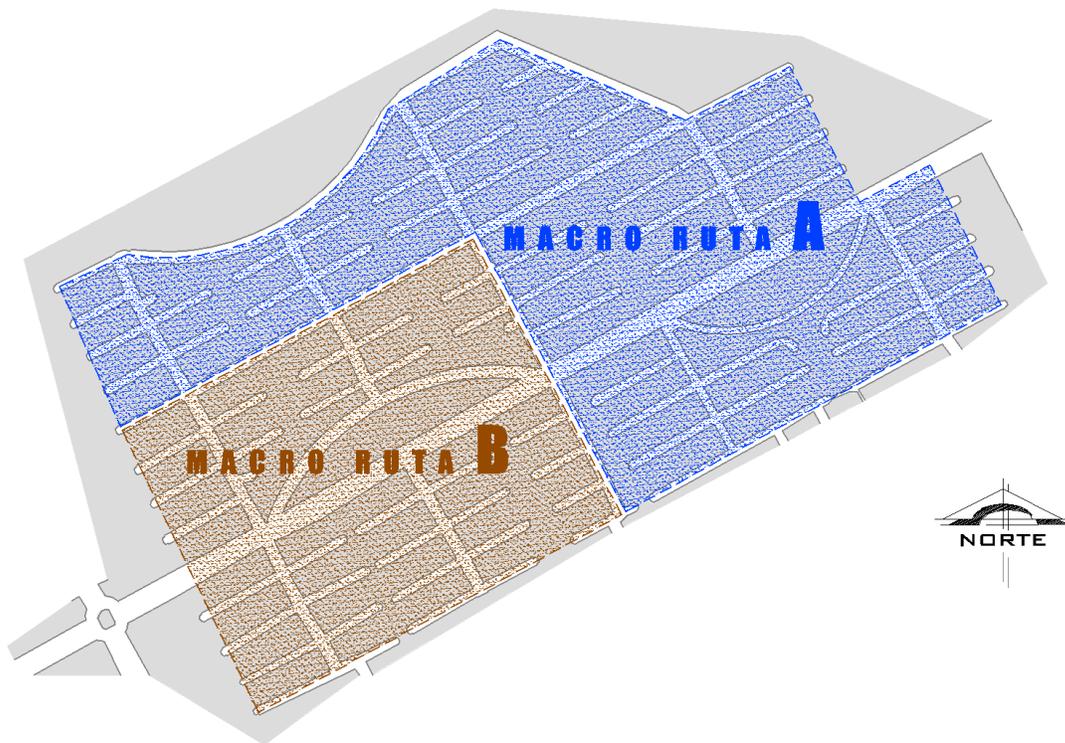


Figura 38 Macro rutas 3ra propuesta. Método intradomiciliar

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

Las distancias y tiempos de recorrido son iguales que en la segunda propuesta. Sin embargo, el tiempo de recolección se ve modificado por la cantidad de contenedores que se ubicarán. Más adelante se detalla el cálculo del número de contenedores necesarios.

Si el vehículo hace paradas para vaciar los contenedores de 3 minutos, los tiempos serán como se observan en la Tabla 12.

Tabla 12 Tiempo de recorrido y recolección 3ra propuesta. Método intradomiciliar

Trayecto	RUTA A		RUTA B	
	Distancia (km)	Tiempo (hr)	Distancia (km)	Tiempo (hr)
Encierro - V. Otoch	3,5	0,2	3,5	0,2
Recolección	4,3	0,2	2,9	0,1
Contenedores	46 cont	2,3	39 cont	1,95
V. Otoch - Relleno	5,2	0,3	5,2	0,3
Tiempo de descarga	----	0,25	-----	0,25
Relleno - Encierro	2,3	0,08	2,3	0,08
<b>TOTAL</b>	<b>15,3</b>	<b>3,32</b>	<b>13,9</b>	<b>2,90</b>

En las Figuras 39 y 40 se muestran las rutas A y B para esta tercera propuesta y la ubicación de los contenedores.

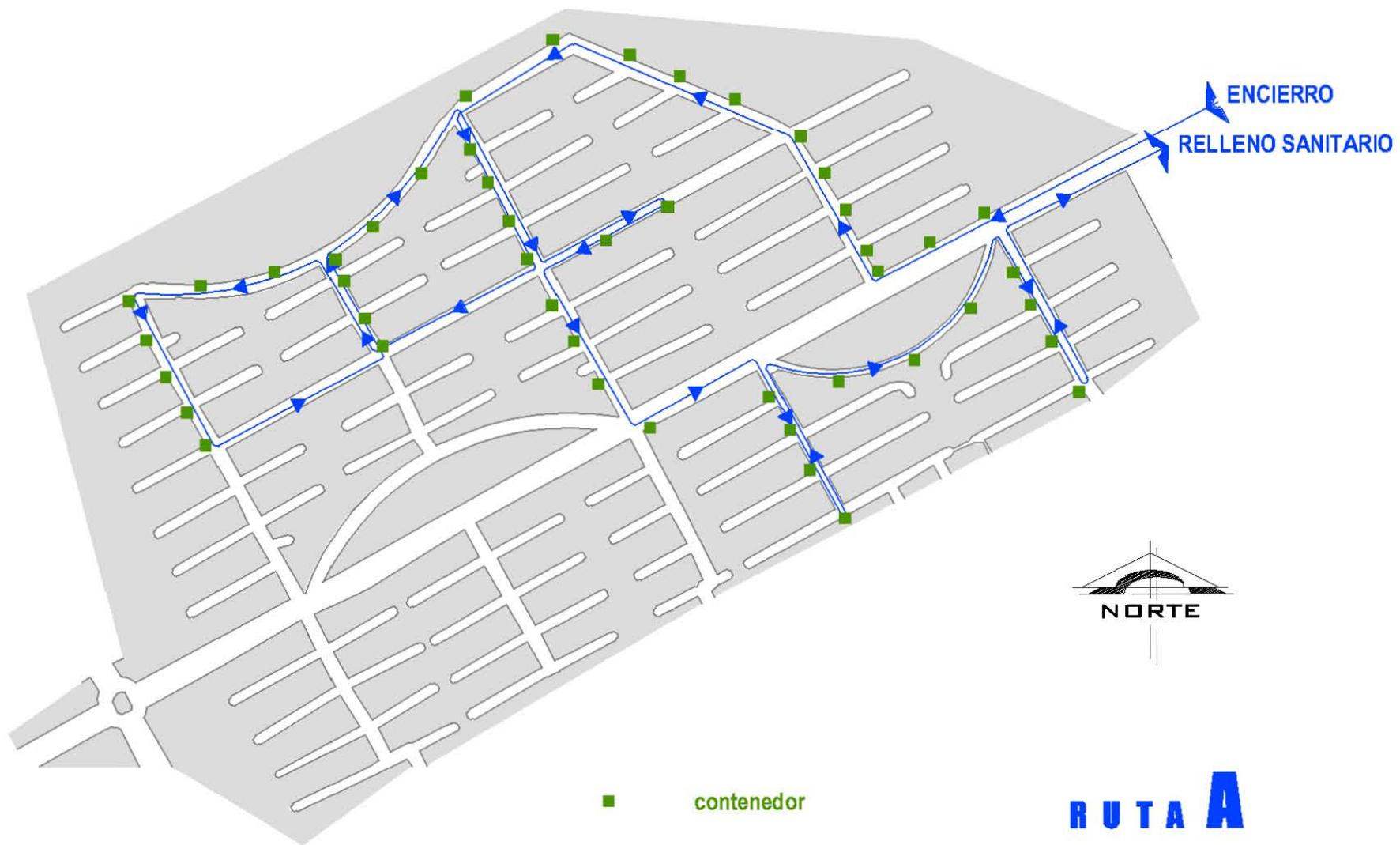


Figura 39 Ruta A, 3ra propuesta. Método intradomiciliar



Figura 40 Ruta B, 3ra propuesta. Método intradomiciliar

### ❖ *Frecuencia de recolección*

La frecuencia y horarios de recolección permanecen como los establecidos para la segunda propuesta. El primer turno comenzará a las 12:00 hrs y cubrirá la ruta A, el segundo turno comenzará a las 16:00hrs y cubrirá la ruta B.

### ❖ *Vehículos recolectores*

Como se mencionó al inicio, para esta propuesta se colocarán contenedores de 1.1m<sup>3</sup>. Estos pueden ser descargados en un camión recolector de carga trasera con un aditamento tipo polipasto en la parte superior trasera. O inclusive hay vehículos que tienen un sistema hidráulico de elevación de contenedores a partir de unos pequeños brazos a los costados de la tolva (Figura 41).



*Figura 41 Sistema de descarga de contenedores*

De esta forma las características del vehículo seleccionado para esta propuesta son iguales a los de las propuestas anteriores y se considera que el costo del sistema de contenedores va incluido en el costo actual.

#### Carga trasera

- Capacidad de la caja 20 yd<sup>3</sup>(15.3m<sup>3</sup>)
- Sistema hidráulico de alta compactación
- Compactación promedio 800lb/yd<sup>3</sup>(470kg/m<sup>3</sup>)
- Capacidad de la tolva 2.29 m<sup>3</sup>
- Chasis cabina International 4300
- Rendimiento 1.5km/lt
- Potencia motor 210HP

### ❖ Contenedores

Los contenedores propuestos para este tercer escenario tienen un volumen de  $1.1\text{m}^3$ . Están fabricados en polietileno de alta densidad, tiene un peso de 50kg. Cuentan con tapa y tapón de drenado en el fondo. Tienen 4 pequeñas ruedas de 20cm de diámetro y freno. En los costados llevan soportes especiales para ser levantados por camiones de carga trasera fabricados en acero reforzado (Figura 42).

Su vida útil aproximada es de 5 a 7 años. Sin embargo para este caso estimaremos la vida útil en 3 años, ya que se encontrarán en la intemperie sin ningún tipo de vigilancia la mayor parte del día. Al encontrarse en las vías públicas, estos contenedores son susceptibles de vandalismo.

El mantenimiento que deberá dárseles es de limpieza, reparación de fracturas y reparación de aditamentos (tapa, ruedas, soportes). Sin embargo, su mantenimiento es más económico que el de los contenedores de acero, pues son resistentes a las propiedades corrosivas de los lixiviados.



Figura 42 Contenedor 1.1m3 3ra propuesta. Método intradomiciliar

El número de contenedores a ubicar va ligado con la frecuencia de la recolección y el peso volumétrico de los residuos. En promedio, los residuos en almacenamiento domiciliario tienen un peso volumétrico de  $150\text{ kg/m}^3$ . Y ya que la frecuencia sigue siendo diaria, éste número se calcula de la siguiente forma:

- ❖ Ruta A  
Generación, 54% del total: 7.55 ton/día  
Volumen:  $50.36\text{m}^3$

$$\text{Contenedores}_A = \frac{50.36}{1.1} = 46 \text{ contenedores}$$

- ❖ Ruta B  
Generación, 46% del total: 6.44 ton/día  
Volumen: 42.90m<sup>3</sup>

$$Contenedores_B = \frac{42.90}{1.1} = 39 \text{ contenedores}$$

Cada contenedor da cobertura a 167 personas, es decir 56 viviendas aproximadamente.

### 5.3.2 Parámetros económicos

#### COSTOS DIRECTOS

- ❖ **Costo del vehículo recolector**

El costo por amortización del vehículo permanece sin cambios, **\$24,375.5 al mes**

- ❖ **Mantenimiento del vehículo**

De la misma forma, el costo mensual por mantenimiento del vehículo sigue sin cambios **\$10,881.9**

- ❖ **Costo por neumáticos**

Ya que las rutas son iguales a las de la 2da propuesta, el costo por neumáticos sigue siendo el mismo: **\$712.38/mes**

- ❖ **Costo del combustible**

El costo por combustible sigue siendo de **\$7,040.20 al mes**

- ❖ **Costo por operación**

La operación seguirá a cargo de un chofer, dos ayudantes y los postureros de ambos puestos. El costo por operación sigue siendo de **\$29,240.00 mensual**

- ❖ **Costo contenedores**

Para este servicio se comprarán 85 contenedores con las mismas características, el costo de cada uno es de \$8,004.00 y su vida útil la estimamos en 3 años.

$$Costo_{cont.} = \frac{Costo \text{ unitario} \times \#contenedores}{vida \text{ útil}} = \frac{8,004 \times 85}{36} = \$18,850.75/mes$$

- ❖ **Otros**

Los costos por uniformes, equipos de seguridad y seguro del vehículo representan \$2.99 por tonelada.

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

### COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos fijos, son los que ya conocemos del servicio original y se muestran en la Tabla 13.

*Tabla 13 Costos indirectos fijos, 3ra propuesta*

Rubro	% del costo original	\$/ton
Seguridad de instalaciones	0.7	1.75
Mantenimiento instalaciones	1.9	4.87
Otros	3.6	9.04
Personal administrativo	6.7	16.69
<b>Total</b>	<b>12.9</b>	<b>32.35</b>

### INTEGRACIÓN DEL COSTO DEL SERVICIO

#### ❖ *Toneladas al mes*

Al día se realizarán dos turnos en los que se recolectarán 13.99 toneladas.

$$toneladas_{mes} = 13.99 * \frac{365}{12} = 425.53ton/mes$$

#### ❖ *Costo del servicio*

Integrando los costos asociados al servicio resulta como se muestra en la Tabla 14 (Anexo VII):

*Tabla 14 Integración costo del servicio, 3ra propuesta. Método intradomiciliar*

Descripción	Costo primera propuesta		
	\$/mes	\$/Ton	% del costo
Operación	\$ 29.240,00	\$ 68,71	28%
Amortización	\$ 24.375,55	\$ 57,28	23%
Combustible	\$ 7.040,20	\$ 16,54	7%
Neumáticos	\$ 712,38	\$ 1,67	1%
Mantenimiento	\$ 10.881,94	\$ 25,57	10%
Contenedores	\$ 18.850,75	\$ 44,30	18%
Uniformes y Equipo de Seguridad		\$ 1,53	1%
Seguros y fianzas		\$ 1,46	1%
Personal Administrativo		\$ 16,69	7%
Mantenimiento otras Instalaciones		\$ 4,87	2%
Otros		\$ 9,04	4%
Seguridad de instalaciones		\$ 1,75	1%
<b>Costo de la recolección 1ra propuesta</b>		<b>\$ 249,43</b>	

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

Es decir, aproximadamente 19.2 USD. Este costo se encuentra en el rango promedio para América Latina.

### 5.3.3 Evaluación del servicio

#### ❖ *Porcentaje de cobertura*

A pesar de tener las mismas rutas que la segunda propuesta, el método intradomiciliar con contenedores favorece el incremento en la cobertura. Pues los habitantes podrán depositar sus residuos a cualquier hora del día y cualquier día.

Además de la seguridad de que el camión pasará diariamente a recolectarlos. Por ello podemos considerar que el porcentaje de cobertura nuevamente estará cercano al 90%.

#### ❖ *Rendimiento del vehículo*

Con los datos de las toneladas recolectadas al día y el tiempo de recorrido, se calcula el rendimiento.

$$\text{Rendimiento} = \frac{13.99}{6.21} = 2.25 \left[ \text{ton/hr} \right]$$

#### ❖ *Costo del servicio*

El costo del servicio para esta segunda propuesta será de \$249.43/mes, aproximadamente 19.2 USD y se integra como se muestra en la Figura 43.

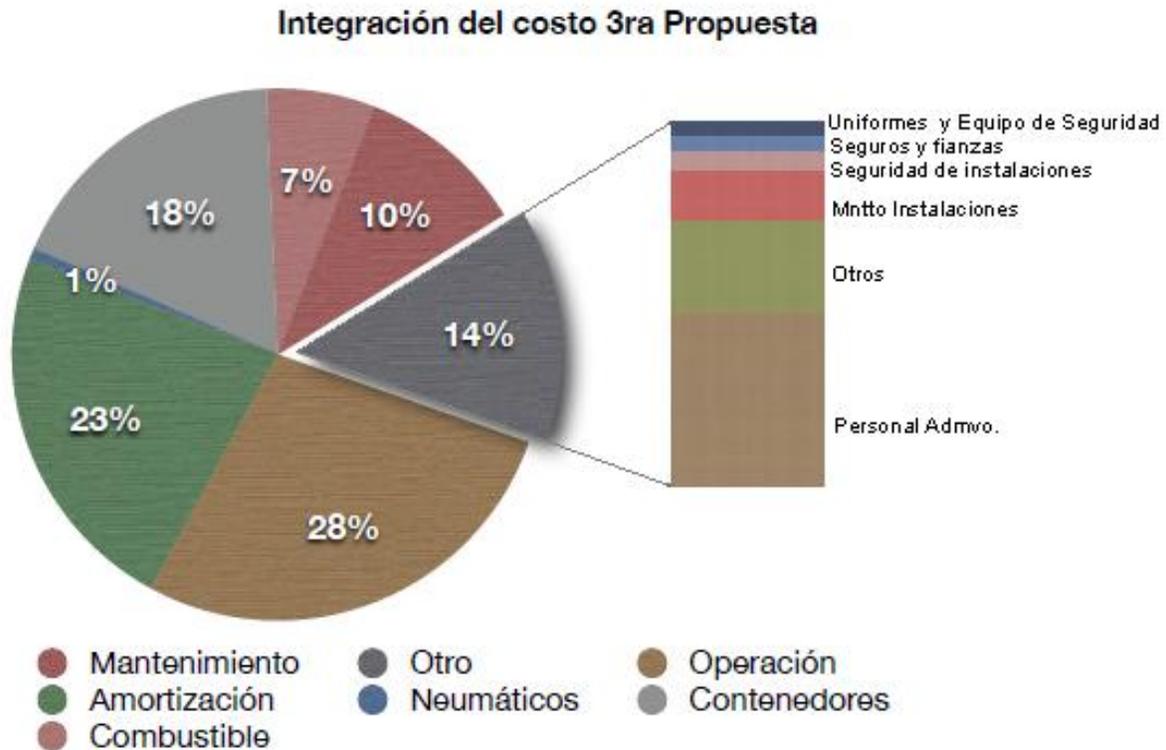


Figura 43 Integración del costo del servicio, 3ra propuesta. Método intradomiciliar

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

Los indicadores de eficiencia calculados para esta tercera propuesta son los que se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15 Resultados indicadores 3ra propuesta. Método intradomiciliar

Indicador	Rango aceptable	Valor	Comentario
% Cobertura	>80%	85%	Aceptable, debe tender 100%
Rendimiento del vehículo (ton/hr)	2.3 > valor > 2.6	2.51	Por debajo del rango. Oportunidad de mejora
Costo (USD/ton)	De 15 a 25	15.8	Dentro del rango.

La cobertura del servicio aumentará en comparación con el método de parada fija, ya que los usuarios tendrán a su disposición los contenedores en cualquier momento y esto evitará que busquen alternativas para disponer sus residuos.

El rendimiento en cambio disminuye ya que el tiempo de recolección incrementa por las paradas que debe hacer el vehículo para recolectar los contenedores y compactar los residuos. Una forma de incrementar este valor sería con contenedores de mayor volumen, de esta forma podrían colocarse menos contenedores y a una mayor distancia entre ellos. Esto disminuiría el tiempo de recolección y a su vez incrementaría el rendimiento del vehículo. Sin embargo, los contenedores más grandes requieren de sistemas de recolección más especializados, como los brazos de los camiones recolectores con carga lateral o frontal. Esto incrementaría entonces el costo del servicio.

Finalmente, el costo sigue siendo aún más bajo que el del servicio original. Pero debe considerarse que los contenedores implican un gasto constante y variable de mantenimiento, especialmente en zonas donde el vandalismo es común. Además deberá hacerse una inversión para renovarlos cada 3 años aproximadamente y cuando la generación incremente deberán comprarse más contenedores.

Hasta este punto se realizaron modificaciones al servicio original de recolección en la Zona habitacional Villas Otoch, para generar tres diferentes alternativas. Estas propuestas se diseñaron tomando como base la población y generación proyectadas al año 2013 con datos conocidos del 2010. La generación de diseño para todas las propuestas fue de 13.99 ton/día. Sin embargo, cuando Villas Otoch se encuentre poblada al 100% la generación estimada será de 17.9 ton/día.

Realizar el diseño del servicio para cubrir la máxima demanda en el año 2013, daría como resultado un sistema sobrado en capacidad y en consecuencia incrementaría su costo.

Ya que se ha sugerido un vehículo con capacidad de 7.5 toneladas, las propuestas aquí planteadas serán eficientes y rentables mientras la generación sea menor a 15 ton/día. Una vez que se alcance esta generación y hasta llegar a las 17.9 ton/día, será necesario incrementar un turno en el servicio, que podrá ser cubierto por otro vehículo de las mismas características.

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

Entre dos vehículos sería posible recolectar diariamente hasta 30 ton/día, pero esto no será necesario si la tasa de generación permanece constante. Para mantener un servicio rentable, deberá buscarse adecuar las rutas, una vez que se realicen 3 viajes al día, de manera que ninguno de ellos implique que los vehículos viajen a menos del 60% de su capacidad.

Conociendo la tendencia de la generación en Villas Otoch, que está directamente relacionada con el incremento de la población, podemos estimar en qué momento deberá realizarse esta modificación en el servicio para cualquiera de las propuestas presentadas. Como se muestra en la Figura 44, a partir del año 2015 deberá incrementarse el número de vehículos recolectores.

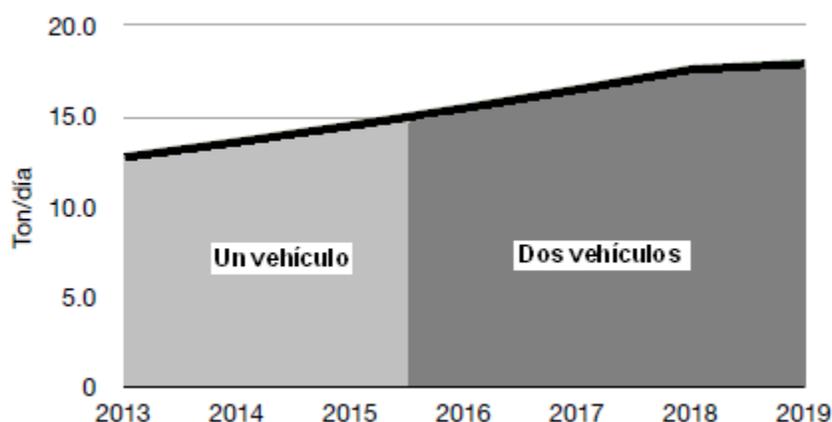


Figura 44 Vehículos necesarios de acuerdo a la generación diaria

### 5.4 SELECCIÓN DEL SERVICIO

Para seleccionar el servicio más adecuado para cubrir las demandas de recolección en Villas Otoch de forma eficiente, se compararon las características de cada propuesta, los resultados de los parámetros analizados en este trabajo y las ventajas y desventajas que presenta cada una. Estas comparaciones pueden apreciarse en la Tabla 16 la Figura 45.

Tabla 16 Comparación de parámetros técnicos entre propuestas

	Servicio Original	Primera Propuesta	Segunda Propuesta	Tercera Propuesta
<b>Método</b>	Acera	Acera	Parada fija	Intradomiciliar
<b>Frecuencia</b>	Diaria. Dos turnos	Diaria. Dos turnos	Diaria. Dos turnos	Diaria. Dos turnos
<b>Viajes/día</b>	Hasta cuatro	Dos	Dos	Dos
<b>Vehículo</b>	Carga trasera 7.5 ton	Carga trasera 7.5 ton	Carga trasera 7.5 ton	Carga trasera 7.5 ton

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

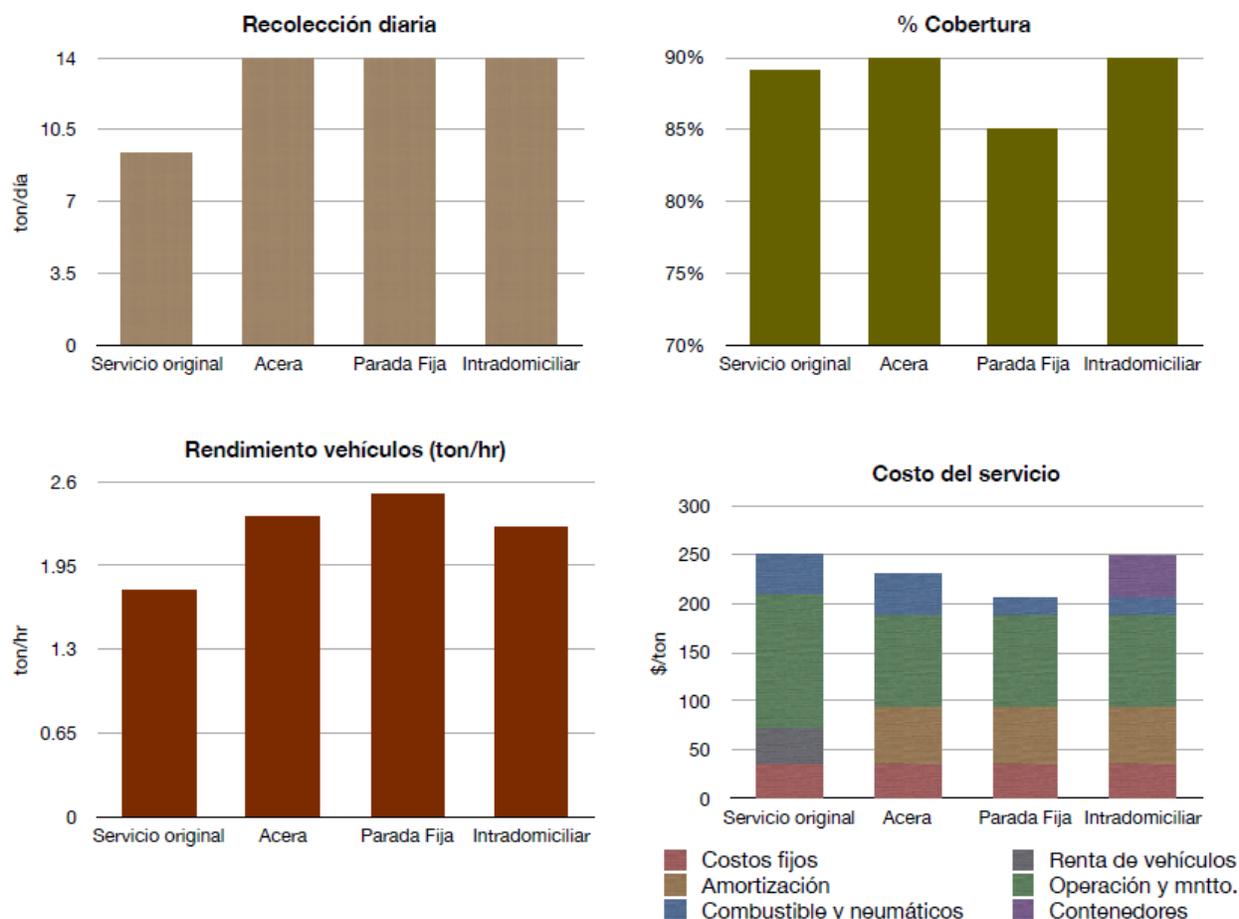


Figura 45 Comparativo de indicadores entre propuestas

Observando los resultados de los indicadores para los tres tipos de servicios, todos cumplen con las características para ser considerados un servicio eficiente, en menor o mayor medida. Comenzando por el porcentaje de cobertura, que en los tres casos supera el 80%, siendo el método de parada fija el de menor valor. Desde el punto de vista operativo, de los tres indicadores estudiados, el rendimiento de los vehículos nos da mayor información sobre la cantidad de residuos recolectados, los tiempos y el método. En este caso el método de parada fija tuvo el valor más alto, seguido del método de acera y finalmente del método intradomiciliar. En cuanto al costo del servicio por tonelada, el orden fue el mismo, siendo el servicio más económico el de parada fija, seguido del de acera y finalmente el intradomiciliar.

Considerando únicamente estos parámetros podríamos decir que la propuesta más adecuada sería la segunda (método de parada fija), sin embargo es importante realizar un análisis también de las ventajas y desventajas para cada propuesta.

En la Tabla 17 se muestra un comparativo de ventajas y desventajas de las tres propuestas realizadas.

Tabla 17 Comparativo ventajas y desventajas

	1a Propuesta (Acera)		2a Propuesta (Parada fija)		3a Propuesta (Intradomiciliar)	
	VENTAJA	DESVENTAJA	VENTAJA	DESVENTAJA	VENTAJA	DESVENTAJA
Comodidad del servicio	Cómodo para usuarios y operadores		Cómodo para operadores	Poco cómodo para los usuarios	Cómodo para usuarios y operadores	
% de cobertura	Puede alcanzar hasta el 100%			Depende de la participación de usuarios	Servicio disponible todo el día y noche, hasta el 100%	
Ruido		Requiere maniobras en reversa y pasar por todas las calles	Sólo se recorren vialidades principales		Sólo se recorren vialidades principales	
Costo por mantenimiento		Se incrementa por combustible y neumáticos	Disminuyen por las distancias cortas de recorrido			Los contenedores requieren mantenimiento constante
Horarios	Permite sacar los residuos periódicamente	Puede ocurrir el abastecimiento de residuos con la basura		Pueden verse algunos inconvenientes cuando paradas	Disponible para usuarios a cualquier hora	Los contenedores pueden ser vandalizados; a falta de vigilancia
Recolección diferenciada		Difícil de implementar y supervisar		Es difícil de implementar, difícil de supervisar	Se puede implementar	En caso de incineración de residuos orgánicos afecta fauna nociva
Puntos de recolección	Frente a cada casa			Distancias de hasta 140 m a la parada	Distancias de hasta 140 m al contenedor	
Separación informal "papera"	Es difícil de llevar a cabo			Es posible por parte de los ayudantes	Es posible para ayudantes y usuarios	
Vehículos	No requiere vehículos especiales		No requiere vehículos especiales		No requiere vehículos especiales	
Contenedores	No se requieren		No se requieren		Requiere contenedores	
Interacción usuario-operador	Puede abastecerse de propinas			Puede abastecerse de propinas	Puede abastecerse de propinas	
Participación de usuarios		Poca. Termina al depositar los residuos en la basura	Fomenta la participación de todos los usuarios		Fomenta la participación y hábitos responsables	

## 5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección

---

Se observa que el método de parada fija es más susceptible de deteriorarse si no se vigila de manera puntual la operación. Comenzando con las paradas que se encuentran a 140 metros de la vivienda más alejada y considerando que los tiempos de recolección dependerán de la afluencia de usuarios al sitio de recolección, difícilmente se cumplirán los tiempos establecidos el 100% de las veces. Por otro lado, a pesar de recorrer una distancia mucho menor que el servicio original, los tiempos totales de recolección no sufrieron cambios importantes debido a la cantidad de paradas que el vehículo deberá hacer. Finalmente, aunque por un lado la interacción entre usuarios y prestadores del servicio podría resultar benéfica como una forma de concientización del manejo adecuado de residuos, también debe ser supervisada para que no resulte contraproducente generando por ejemplo el pago de propinas o cuotas extras por parte de los usuarios o que se realicen acuerdos sobre la disposición de residuos que no están contemplados en este servicio (residuos peligrosos o residuos con pesos mayores a 20kg como establece el reglamento).

En el otro extremo, el servicio de recolección intradomiciliar resulta económico a comparación de otros servicios con contenedores. Tiene la ventaja de que es cómodo tanto para usuarios como para operadores. Los costos asociados al mantenimiento y combustible son relativamente bajos. El uso de contenedores es un buen acercamiento a la separación de residuos por parte de los usuarios. Sin embargo para mantener este costo bajo, deberá utilizarse el mismo tipo de contenedores durante los siguientes años y mantener la frecuencia diaria. Incluir contenedores más grandes o disminuir la frecuencia de recolección tendría como consecuencia la necesidad de adaptar el vehículo o en su caso comprar uno acorde a los contenedores requeridos. La gran desventaja de esta tercera propuesta radica en el mantenimiento de los contenedores. Al encontrarse en las vías públicas, en lugares de acceso fácil y sin vigilancia implica que sean objeto de vandalismo (destrucción, golpes, robo, perforación, incendios, etc.), “pepena”, fuente de alimentación de fauna nociva si no se mantienen cubiertos o sobrepasan su capacidad. En caso de no cumplir los años proyectados de vida, el servicio dejará de ser rentable o incrementará su costo.

De esta manera, revisando la primera propuesta, se puede ver que brinda mayor beneficio para esta zona habitacional específicamente. A pesar de la cantidad de maniobras realizadas y kilómetros que el vehículo recorrerá diariamente, el costo del servicio no se ve afectado de manera determinante. Los tiempos de recolección son muy cercanos a los de las otras dos propuestas. La configuración de la ruta asegura que todos los habitantes tengan acceso al servicio sin complicación. Su rendimiento se encuentra en el rango para un servicio eficiente y el costo a su vez es mucho menor comparado con el costo del servicio original. Además, continuar con el método que tanto usuarios como operadores conocen y al que están acostumbrados, incrementa la posibilidad de brindar un excelente servicio, identificando las oportunidades de mejora o los puntos a reforzar. Partiendo del servicio original, los cambios que deberán implementarse son mínimos comparados con las otras dos propuestas, pues únicamente se considera

## **5. Propuestas para mejorar el servicio de recolección**

---

la adquisición de un vehículo nuevo y la vigilancia estricta de los horarios de recolección.

Así, una vez analizado el servicio original de recolección, generado tres diferentes alternativas y estudiado las ventajas, desventajas y datos técnicos de cada una, se recomienda implementar la primera propuesta como continuación del servicio original.

## 6. CONCLUSIONES

---

El servicio de recolección resulta de gran importancia en la gestión integral de los residuos sólidos urbanos. Esto se debe por una parte al impacto económico que representa (alrededor del 70% del costo del manejo de residuos), pero también al impacto ecológico y social que genera. La adecuada selección o diseño de un servicio de recolección va más allá del costo del servicio o de la capacidad del mismo y debe pensarse como un sistema que sea capaz de actualizarse y adecuarse cuando las condiciones de la demanda lo requieran.

En la actualidad, en países como México, la mayoría de los servicios de recolección se han desarrollado de manera empírica. Esta es una de las razones por las que el método de parada fija es tan popular, pues no requiere de un estudio completo sobre la generación y los hábitos de los usuarios para trazar rutas y elegir puntos de recolección. Además éste método puede adaptarse más fácilmente a cualquier tipo de población, sin importar la configuración de sus vialidades.

Esta práctica se ha dado porque en la planeación urbana no se ha considerado el servicio de recolección como parte fundamental a la par con otro tipo de servicios (agua, luz, drenaje, vialidades, alumbrado, etc.). Lo ideal sería comenzar a incluir los servicios de recolección en estos planes y de esa forma evitar dar solución al manejo de residuos de manera empírica. Esto además traería como consecuencia el fomento a una cultura más consciente sobre la situación actual de los residuos sólidos, la disminución en la generación, el incremento en la valorización y hábitos de consumo más respetuosos hacia el ambiente.

Por otro lado, a pesar de estar incluido y contemplado el servicio de recolección en la legislación, existe un hueco en cuanto a la manera de evaluarlo. En algunos reglamentos se habla de la obligación del municipio o el prestador de servicios, de brindar un servicio eficiente. Pero no se da una definición o parámetros a partir de los cuales medir la eficiencia de un servicio de recolección.

Para este trabajo se eligieron tres parámetros sobre los cuales realizar comparaciones entre un tipo de servicio y otro, sin embargo, al momento de elegir el más adecuado pudo apreciarse que debía irse más allá de los datos numéricos y analizar ventajas y desventajas propias del tipo de recolección, pero también asociadas al entorno del lugar y la población a servir.

Durante la evaluación del servicio original, se determinó que en términos generales había un margen amplio de posibles mejoras y que el costo del mismo era más alto de lo esperado. Sin embargo, la propuesta elegida, únicamente considera modificaciones menores al servicio original. Esto habla de la importancia de diseñar el servicio para un lugar y horizonte de planeación específico y evaluarlo periódicamente para realizar adaptaciones que lo mantengan eficiente y rentable.

Finalmente, resultan evidentes los beneficios que presentan la planeación y diseño adecuado de un servicio de recolección, especialmente en el impacto económico. Pero también se puede observar la importancia que tiene normalizar u homogeneizar la evaluación de los mismos, de manera que se asegure que el costo y el beneficio de un servicio se encuentren en balance favoreciendo a usuarios, prestadores de servicio y municipio. Todo ello dentro de la tendencia global de prevención de la generación, manejo adecuado de residuos y uso eficiente de recursos.

## 7. ANEXOS

### Anexo I - Registros de pesajes diarios

**REPORTE DIARIO DE RESIDUOS RECOLECTADOS  
CIUDAD DE CANCÚN, QUINTANA ROO  
DEL 27 DE NOVIEMBRE 2010 AL 18 DE FEBRERO DE 2011**

No.	FECHA	NO. CAMION	RUTA	HORA ENTRADA RS	HORA SALIDA RS	PESO ENTRADA	PESO SALIDA	PESO NETO (KG)	TIEMPO DE RECORRIDO (HR)
1	27-nov-2010	11	REGION 227	16:41:13	17:08:28	17.970	10.180	7.790	2:41:13
2	27-nov-2010	11	REGION 227	19:58:29	20:10:08	18.200	10.180	8.020	2:50:01
3	28-nov-2010	11	REGION 227	16:13:52	16:28:59	18.190	10.100	8.090	2:13:52
4	28-nov-2010	11	REGION 227	19:51:29	20:04:48	17.710	10.180	7.530	3:22:30
5	29-nov-2010	11	VILLA OTOCH, AZUL BONAMPAK	14:21:15	14:33:22	13.690	10.160	1.765	2:21:15
6	29-nov-2010	11	REGION 227	17:10:27	17:23:03	16.600	9.990	6.610	2:37:05
7	29-nov-2010	11	REGION 227	19:54:43	20:09:07	16.210	10.170	6.040	2:31:40
8	29-nov-2010	17	REGION 227	16:14:11	16:26:33	15.430	9.730	5.700	2:14:11
9	30-nov-2010	11	REGION 227	16:33:00	16:43:00			5.510	2:33:00
10	30-nov-2010	17	VILLAS OTOCH	17:18:00	17:20:00			5.032,86	3:18:00
11	01-dic-2010	11	REGION 227	17:19:47	17:37:49	18.150	10.160	7.990	3:19:47
12	01-dic-2010	11	REGION 227	19:56:37	20:11:54	14.150	10.070	4.080	2:18:48
13	01-dic-2010	17	V. OTOCH	17:14:58	17:29:47	14.500	9.700	4.800	3:14:58
14	01-dic-2010	17	V. OTOCH	19:57:29	20:15:27	14.170	9.610	4.560	2:27:42
15	07-dic-2010	12	REGION 227	18:16:29	18:31:15	14.520	10.040	4.480	4:16:29
16	07-dic-2010	12	REGION 227	20:25:22	20:35:52	11.610	10.000	1.610	1:54:07
17	07-dic-2010	14	Reg. 104 y 227	18:19:00	18:40:34	17.080	9.990	3.545	4:19:00
18	08-dic-2010	11	Villas Otoch	19:02:16	19:17:56	14.190	10.170	4.020	3:02:16
19	10-dic-2010	12	Villas Otoch y Paraiso Etapa II	19:28:50	19:51:09	15.590	9.970	2.810	3:28:50
20	11-dic-2010	12	Villas Otoch, Azul Bonanpak	19:52:39	20:05:50	13.850	10.020	1.915	3:52:39
21	13-dic-2010	12	Villas Otoch	19:47:01	20:02:50	15.790	9.910	5.880	3:47:01
22	14-dic-2010	12	Azul Bonanpak y Villas Otoch	19:23:21	19:34:44	15.300	10.050	2.625	3:23:21
23	15-dic-2010	12	Villas Otoch	19:22:27	19:34:13	16.090	10.090	6.000	3:22:27
24	16-dic-2010	12	Villas Otoch y Azul Bonanpak	20:08:49	20:18:32	14.430	9.920	2.255	2:08:49
25	17-dic-2010	11	REGION 227	20:08:07	20:20:23	16.090	10.200	5.890	2:08:07
26	17-dic-2010	12	Villas Otoch	19:37:18	19:48:58	15.180	9.950	5.230	3:37:18
27	18-dic-2010	12	Villas Otoch y Azul Bonanpak	19:04:09	19:21:29	16.260	9.950	3.155	3:04:09
28	19-dic-2010	12	Villas Otoch y Azul Bonanpak	18:02:22	18:16:17	15.630	10.050	2.790	2:02:22
29	19-dic-2010	12	Villas Otoch y Azul Bonanpak	20:18:39	20:28:53	12.490	10.020	1.235	2:02:22
30	20-dic-2010	12	Villas Otoch I y II	19:29:32	19:51:38	16.970	9.960	7.010	3:29:32
31	27-dic-2010	11	Villas otoch	18:53:55	19:06:03	16.990	10.320	6.670	2:53:55
32	28-dic-2010	11	Villas Otoch	18:28:40	18:38:54	16.320	10.140	6.180	2:28:40
33	29-dic-2010	11	Villas Otoch	19:29:27	19:42:27	16.930	10.170	6.760	3:29:27
34	29-dic-2010	12	Villas Otoch	20:09:56	20:24:24	14.390	10.020	4.370	2:09:56
35	30-dic-2010	11	Villas Otoch	19:04:44	19:17:52	17.010	10.200	6.810	3:04:44
36	30-dic-2010	12	Villas Otoch	20:04:58	20:14:27	11.550	10.060	1.490	2:04:58
37	31-dic-2010	11	Villas Otoch	18:26:03	18:40:34	15.800	10.330	5.470	2:26:03
38	01/01/2011	3	Villas Otoch, I, II; Azul Bonampak	19:42:26	19:54:50	21.340	12.530	4.405	3:42:26
39	01/01/2011	6	Villas Otoch	19:59:51	20:16:17	18.620	12.280	6.340	3:59:51
40	02/01/2011	10	Vista Real y Villas otoch	15:21:28	15:34:25	12.130	10.060	1.035	3:21:28
41	03/01/2011	3	Reg. 227	17:57:57	18:12:50	20.350	12.350	8.000	3:57:57
42	03/01/2011	3	Reg. 227	20:57:47	21:08:50	16.830	12.310	4.520	2:57:47
43	03/01/2011	10	Vista Real y Villas Otoch	13:05:33	13:16:32	13.740	10.040	1.850	1:05:33

## Anexo I - Registros de pesajes diarios (Continuación)

**REPORTE DIARIO DE RESIDUOS RECOLECTADOS**  
**CIUDAD DE CANCÚN, QUINTANA ROO**  
 DEL 27 DE NOVIEMBRE 2010 AL 18 DE FEBRERO DE 2011  
 (Continuación)

No.	FECHA	NO. CAMION	RUTA	HORA ENTRADAS	HORA SALIDAS	PESO ENTRADA	PESO SALIDA	PESO NETO (KG)	TIEMPO DE RECORRIDO (HR)
44	04/01/2011	3	Reg. 227 y Conalep	16:27:10	16:42:52	20.590	12.060	4.265	2:27:10
45	04/01/2011	3	Reg. 227 y Conalep	20:20:00	20:30:41	16.880	12.400	2.240	3:37:08
46	04/01/2011	1	Villas Otoch	23:50:53	0:14:31	13.500	9.860	3.640	3:50:53
47	04/01/2011	9	Villas Otoch I y III	17:07:10	17:17:28	14.920	10.260	2.330	3:07:10
48	04/01/2011	9	Villas Otoch I y III	19:49:49	20:02:45	14.640	10.210	2.215	2:32:21
49	05/01/2011	9	Villas Otoch I y II	19:13:02	19:29:33	14.950	10.250	4.700	3:13:02
50	05/01/2011	13	Villas Otoch	19:58:53	20:13:44	15.810	9.960	5.850	3:58:53
51	06/01/2011	12	Villas Otoch	13:52:45	14:05:00	16.760	10.040	6.720	1:52:45
52	06/01/2011	12	Villas Otoch	17:31:27	17:46:25	14.840	10.010	4.830	3:26:27
53	07/01/2011	8	Villas Otoch	19:15:27	19:27:19	16.510	10.340	6.170	3:15:27
54	07/01/2011	16	Villas Otoch	18:39:30	18:52:30	15.850	9.860	5.990	4:13:00
55	07/01/2011	16	Villas Otoch	14:39:30	14:50:10	15.180	9.870	5.310	2:39:30
56	08/01/2011	9	Reg. 227	17:21:45	17:35:59	14.040	10.230	3.810	3:21:45
57	08/01/2011	16	Vilas Otoch	18:12:03	18:38:42	17.630	9.840	7.790	2:12:03
58	10/01/2011	9	Villas Otoch	19:11:27	19:22:44	14.910	10.120	4.790	3:11:27
59	11/01/2011	3	Reg. 227 y Perimetrel	20:13:53	20:26:12	21.240	12.440	4.400	2:13:53
60	11/01/2011	16	Villas Otoch	19:49:06	20:00:54	18.030	9.970	8.060	3:49:06
61	12/01/2011	12	Villas Otoch	18:50:12	19:04:21	16.840	10.200	6.640	2:50:12
62	13/01/2011	8	Villas Otoch	19:07:30	19:22:28	17.080	10.420	6.660	3:07:30
63	13/01/2011	12	Villas Otoch I y III	16:17:49	16:29:41	19.240	10.170	9.070	2:17:49
64	13/01/2011	12	Villas Otoch I y III	20:11:30	20:21:12	16.280	10.020	6.260	3:41:49
65	14/01/2011	11	Villas Otoch I y III	19:15:57	19:26:38	17.760	10.400	7.360	3:15:57
66	14/01/2011	12	Villas Otoch	18:33:07	18:47:05	17.680	10.060	7.620	2:33:07
67	14/01/2011	12	Villas Otoch	21:08:29	21:17:17	11.780	10.070	1.710	2:21:24
68	15/01/2011	11	Villas Otoch I y III	19:06:08	19:18:37	16.430	10.290	6.140	3:06:08
69	15/01/2011	12	Villas Otoch	20:55:36	21:04:34	14.560	10.050	4.510	2:55:36
70	16/01/2011	11	Vilas Otoch I y III	18:57:37	19:06:53	15.810	10.340	5.470	2:57:37
71	16/01/2011	12	Villas Otoch	17:25:06	17:37:14	18.240	9.950	8.290	3:25:06
72	17/01/2011	3	REGION 227	20:29:54	20:39:37	20.690	12.330	8.360	2:29:54
73	17/01/2011	12	Villas Otoch	17:39:29	17:52:54	17.980	10.110	7.870	3:39:29
74	17/01/2011	12	Villas Otoch	21:26:11	21:25:40	11.600	10.160	1.440	3:33:17
75	18/01/2011	12	Villas Otoch	17:13:53	17:27:46	18.340	10.050	8.290	3:13:53
76	18/01/2011	12	Villas Otoch	20:45:21	20:57:06	13.180	10.190	2.990	3:17:35
77	18/01/2011	17	Villas Otoch I y III	19:14:19	19:37:59	17.330	10.000	7.330	3:14:19
78	19-ene-2011	6	Villas Otoch	20:21:00	20:13:00	18.900	12.270	6.630	2:21:00
79	19-ene-2011	11	Villas Otoch I II	19:37:00	19:49:00	16.420	10.320	6.100	3:37:00
80	20-ene-2011	6	villas Otoch	19:51:00	20:05:00	19.340	11.970	7.370	3:51:00
81	20-ene-2011	13	villas Otoch	18:20:00	18:34:00	16.670	10.100	6.570	2:20:00
82	21-ene-2011	3	227	20:02:00	20:18:00	21.000	12.370	8.630	2:02:00
83	21-ene-2011	11	Villas otoch	19:22:00	19:37:00	17.080	10.400	6.680	3:22:00
84	22-ene-2011	12	Villas Otoch	19:47:00	20:07:00	17.540	10.080	7.460	3:47:00
85	23-ene-2011	2	Villas otoch	19:33:00	19:48:00	15.530	10.550	4.980	3:33:00
86	23-ene-2011	11	227	19:29:00	19:39:00	15.910	10.290	5.620	3:29:00
87	23-ene-2011	12	Villas otoch r 2	18:29:00	18:44:00	18.460	10.070	8.390	2:29:00
88	23-ene-2011	12	Villas otoch r 2	20:47:00	20:58:00	12.190	10.050	2.140	2:03:00

## Anexo I - Registros de pesajes diarios (Continuación)

REPORTE DIARIO DE RESIDUOS RECOLECTADOS  
 CIUDAD DE CANCÚN, QUINTANA ROO  
 DEL 27 DE NOVIEMBRE 2010 AL 18 DE FEBRERO DE 2011  
 (Continuación)

No.	FECHA	NO. CAMION	RUTA	HORA ENTRADA RS	HORA SALIDA RS	PESO ENTRADA	PESO SALIDA	PESO NETO (KG)	TIEMPO DE RECORRIDO (HR)
89	24-ene-2011	3	227	20:16:00	20:30:00	21.390	12.220	9.170	2:16:00
90	24-ene-2011	11	Villas otoch R4	19:59:00	20:11:00	18.900	10.260	8.640	3:59:00
91	24-ene-2011	12	villas otoch	17:24:00	17:35:00	16.620	9.970	6.650	3:24:00
92	24-ene-2011	12	villas otoch	20:54:00	21:07:00	13.250	10.040	3.210	3:19:00
93	25-ene-2011	12	Villas otoch	20:01:00	20:17:00	16.330	10.020	6.310	2:01:00
94	26-ene-2011	6	villas otoc	20:02:00	20:18:00	20.740	12.280	8.460	2:02:00
95	26-ene-2011	16	227	17:35:00	17:47:00	16.820	10.150	6.670	3:35:00
96	26-ene-2011	16	227	20:05:00	20:19:00	11.410	9.960	1.450	2:18:00
97	27-ene-2011	9	227	18:07:00	18:08:00	15.320	10.190	5.130	2:07:00
98	27-ene-2011	9	227	20:37:00	20:51:00	11.670	10.010	1.660	2:29:00
99	28-ene-2011	9	227	17:08:00	17:18:00	13.800	10.080	3.720	3:08:00
100	28-ene-2011	9	227	20:22:00	20:34:00	13.520	10.090	3.430	3:04:00
101	30-ene-2011	9	227	16:40:00	16:51:00	14.060	10.010	4.050	2:40:00
102	31-ene-2011	15	227	17:59:00	0:00:00	17.120	9.720	7.400	3:59:00
103	01-feb-2011	9	227	17:21:00	17:29:00	14.930	10.070	4.860	3:21:00
104	03-feb-2011	11	villas otoch	19:50:00	19:58:00	17.060	10.440	6.620	3:50:00
105	03-feb-2011	13	227	18:10:00	18:21:00	14.820	9.990	4.830	2:10:00
106	03-feb-2011	13	227	20:22:00	20:30:00	12.420	9.900	2.520	2:01:00
107	04-feb-2011	11	villas otoch	19:48:00	19:58:00	16.600	10.600	6.000	3:48:00
108	04-feb-2011	13	227	17:46:00	17:59:00	15.140	10.010	5.130	3:46:00
109	04-feb-2011	13	227	20:28:00	20:40:00	12.430	10.030	2.400	2:29:00
110	05-feb-2011	13	227	17:06:00	17:17:00	14.910	9.980	4.930	3:06:00
111	05-feb-2011	13	227	20:02:00	20:13:00	12.380	9.970	2.410	2:45:00
112	06-feb-2011	5	villas othoc	18:47:00	18:58:00	18.480	10.760	7.720	2:47:00
113	06-feb-2011	6	227	19:33:00	19:45:00	20.360	12.070	8.290	3:33:00
114	07-feb-2011	12	villas otch	16:08:00	16:18:00	16.540	9.990	6.550	2:08:00
115	07-feb-2011	12	otoch	20:28:00	20:40:00	16.120	10.060	6.060	4:10:00
116	07-feb-2011	13	227	19:42:00	19:57:00	11.990	9.980	2.010	3:42:00
117	09-feb-2011	1	villas otoch	16:20:00	16:31:00	15.500	9.920	5.580	2:20:00
118	09-feb-2011	10	227	19:07:00	19:28:00	16.630	9.910	6.720	3:07:00
119	09-feb-2011	13	v otoch	16:41:00	16:50:00	13.450	9.860	3.590	2:41:00
120	10-feb-2011	7	227	20:29:00	20:40:00	13.180	9.820	3.360	2:29:00
121	10-feb-2011	17	villas	20:01:00	20:27:00	17.020	10.080	6.940	2:01:00
122	11-feb-2011	5	227	16:46:00	16:56:00	16.600	10.700	5.900	2:46:00
123	11-feb-2011	5	227	19:23:00	19:35:00	14.470	10.650	3.820	2:27:00
124	11-feb-2011	12	villas otoch	17:18:00	17:28:00	15.020	9.970	5.050	3:18:00
125	12-feb-2011	5	227	16:25:00	16:33:00	15.130	10.650	4.480	2:25:00
126	12-feb-2011	13	villas otoch	16:33:00	16:43:00	13.530	9.840	3.690	2:33:00
127	12-feb-2011	13	otoch	19:57:00	20:09:00	15.220	9.960	5.260	3:14:00
128	13-feb-2011	5	227	16:10:00	16:18:00	14.960	10.790	4.170	2:10:00
129	13-feb-2011	5	227	18:41:00	18:49:00	13.660	10.830	2.830	2:23:00
130	13-feb-2011	12	otoch	19:44:00	19:52:00	16.020	9.860	6.160	3:44:00
131	15-feb-2011	5	227	17:03:00	17:12:00	16.010	10.870	5.140	3:03:00
132	15-feb-2011	5	227	19:28:00	19:35:00	13.450	10.570	2.880	2:16:00
133	15-feb-2011	12	v otoch	19:21:00	19:33:00	16.440	10.030	6.410	3:21:00
134	17-feb-2011	9	227	14:07:00	14:16:00	14.430	10.140	4.290	2:07:00
135	17-feb-2011	9	227	19:22:00	19:31:00	14.880	10.170	4.710	5:06:00
136	18-feb-2011	1	villas otoch	20:16:00	20:27:00	13.340	9.890	3.450	2:16:00
137	18-feb-2011	11	227	17:35:00	17:50:00	16.160	10.430	5.730	3:35:00
138	18-feb-2011	11	227	19:47:00	20:01:00	14.630	10.380	4.250	3:47:00

## Anexo II – Resúmenes semanales del servicio original

Resumen semanal de Pesajes (77 días de registros)								
SEMANA	Toneladas	Viajes	Tiempo recolección (hr)	ton/día	ton/viaje	hr/viaje	% Cobertura	Rendimiento (ton/hr)
27NOV-3DIC	83,52	14	37,97	11,93	5,97	2,71	114%	2,20
4 - 10 DIC	16,47	5	16,98	5,49	3,29	3,40	52%	0,97
11 - 17 DIC	29,80	7	22,32	4,26	4,26	3,19	41%	1,34
18 - 24 DIC	14,19	4	10,62	3,55	3,55	2,65	34%	1,34
25 - 31 DIC	37,75	7	18,55	5,39	5,39	2,65	52%	2,04
1 - 7 ENE	80,41	18	57,17	11,49	4,47	3,18	110%	1,41
8 - 14 ENE	74,17	12	34,83	10,60	6,18	2,90	101%	2,13
15 - 21 ENE	102,67	16	49,35	14,67	6,42	3,08	140%	2,08
22 - 28 ENE	93,09	17	49,05	13,30	5,48	2,89	127%	1,90
29 ENE - 4 FEB	43,81	9	28,07	6,26	4,87	3,12	60%	1,56
5 - 11 FEB	78,93	15	43,33	11,28	5,26	2,89	108%	1,82
12 - 18 FEB	63,45	14	42,00	9,06	4,53	3,00	87%	1,51
<b>TOTAL</b>	<b>718,25</b>	<b>138</b>	<b>410,23</b>					
<b>Promedio diario</b>	<b>9,33</b>	<b>1,79</b>	<b>5,33</b>			<b>2,97</b>	<b>85%</b>	<b>1,75</b>

## Anexo III – Cotizaciones

## 1) Camión recolector



Edo. de México, 04 de Marzo de 2013.

**EUNICE PALMA  
PRESENTE**

**CAJA COMPACTADORA RECOLECTORA DE BASURA MODELO A-20  
DE ALTA COMPACTACIÓN**

La Caja Compactadora Recolectora de Basura modelo A-20, con Laterales de Forma Semi-elípticos que la hace muy resistente a la flexión, fabricada con lamina y placa de acero de Alta Resistencia Mayor Capacidad Volumétrica debido a que su capacidad es de 20 yardas 3 de carga útil



**DESCRIPCION DEL CHASIS CABINA MARCA INTERNATIONAL  
4300 AÑO 2013**

**MOTOR:**

35(4300-210)

Motor: Maxforce GT

Potencia Máxima: 210 Hp @ 2,300 Rpm

Torque Máximo: 520 lbs-Pie @ 1,400 Rpm

**CONDICIONES COMERCIALES**

	PRECIO
SUBTOTAL	\$ 1,125,718.14
IVA	\$ 180,114.90
TOTAL	\$ 1,305,833.04

- El precio puede variar sin previo aviso sobre todo si hay un cambio de dólar hacia la alza.

L.A.B.: Tepeaca, Puebla.

Garantía:

12 meses en sistema hidráulico y

12 meses en estructura metálica.]

## 2) Neumáticos



**neumáticos  
PUEBLA**

NEUMATICOS MUEVETIERRA DE PUEBLA SA DE CV

www.neumaticospuebla.com

### COTIZACIÓN

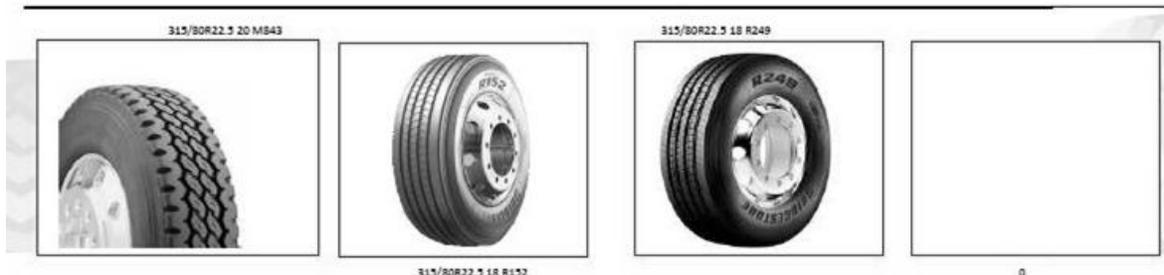
FECHA DE COTIZACIÓN		NÚMERO DE COTIZACIÓN	
28/02/2013		E123E	

CLIENTE:	CONDICIÓN DE PAGO: CONTADO
ATENCIÓN:	LUGAR DE ENTREGA:
TEL & FAX:	NOMBRE DEL ASESOR:
DISPONIBILIDAD: SUJETA A DISPONIBILIDAD	VIGENCIA DE LA COT.: 7 DIAS
E-MAIL:	DESCUENTO ESPECIAL:

PARTIDA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	IVA	TOTAL POR PARTIDA
1.-		315/80R22.5 20 M843	5 9,815.04	5 1,570.41	\$ 11,385.45
2.-		315/80R22.5 18 R152	5 6,683.90	5 1,069.42	\$ 7,753.33
3.-		315/80R22.5 18 R249	5 6,683.88	5 1,069.42	\$ 7,753.30
SUB-TOTAL					
IVA:					
TOTAL:					\$ 26,892.08

**-- SIEMPRE SERÁ UN PLACER ATENDERLE --**

OBSERVACIONES:



## 3) Contenedores



COTIZACIÓN

05 de marzo de 2013

Compañía:  
 Nombre: Eunice Palma  
 Telefono: eunice\_pj@hotmail.com  
 E-mail: eunice\_pj@hotmail.com  
 Dirección:

Producto	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Importe
	VIC-1100 HD CONTENEDOR FABRICADO EN POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD CON TAPA Y RUEDAS CAPACIDAD: 1100 Lts. COLOR: GRIS O., ROJO, VERDE M., AZUL P, AMARILLO MEDIDAS: L:137.0 cm. A:114.4 cm. H:136.5 cm. OPCIONAL A LLEVAR LATERALES PARA LEVANTAMIENTO Y VACIADO	1	\$8,004.00	\$8,004.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$8,004.00</b>

## Anexo IV – Cálculo del Factor de salario Real

Días pagados en el periodo anual					
Días del calendario (incluyendo 0.25 por los años bisiestos)	365,25				
Días de aguinaldo	15				
Días de prima vacacional (25% de 6 días)	1,5				
Total	381,75				
<b>Factor de salario base de cotización (FSBC) Total/días calendario</b>	<b>1,0451745</b>				
Días no trabajados en el periodo anual					
Domingos del periodo	52				
Vacaciones (6 para el primer año)	6				
Festivos oficiales (1 Feb, 5 Feb, 21 Marzo, 1 Mayo, 16 Sep, 20 Nov, 25 Dic)	7				
Enfermedad, permisos	3				
<b>Total días no laborados al año (TDNLA)</b>	<b>68</b>				
Días realmente laborados	297,25				
<b>Factor base de salario real (FBSR) días pagados/días laborados</b>	<b>1,28</b>				
Datos básicos del salario					
Salario mínimo general diario (D.F.)	\$ 64,76				
Salario base operador	\$ 164,38				
# veces salario nominal	2,54				
<b>Salario base de cotización operador (SBC operador)</b>	<b>2,65</b>				
Salario base ayudante	\$ 65,75				
# veces salario nominal	1,02				
<b>Salario base de cotización ayudante (SBC ayudante)</b>	<b>1,06</b>				
Prestaciones obrero patronales por IMSS, INFONAVIT y nómina					
	Patronales	Trabajador	Total	Oper.	Ayud.
Cuota Fija (Art 106 LSS)	14%	0%	14%	0,14	0,14
Prestaciones en dinero (Art. 107 LSS)	0,70%	0,25%	1%	0,03	0,01
Prestaciones en especie gastos médicos pensionados (Art 25 LSS)	1,05%	0,375%	1,425%	0,04	0,02
Invalidez y vida (Art 147LSS)	1,75%	0,625%	2,375%	0,06	0,03
Cesantía edad avanzada y vejez (Art. 168 LSS)	3,150%	1,125%	4,275%	0,11	0,05
Riesgo de trabajo (Art. 71 a 73 LSS)	0,5%	0	0,500%	0,01	0,01
Cuota SAR(Art 168 LSS)	3%	0	3,000%	0,08	0,03
Cuota INFONAVIT	5%	0	5,000%	0,13	0,05
<b>Suma prestaciones</b>				<b>0,60</b>	<b>0,32</b>
Factor de salario real					
Factor de prestaciones operador (Ps operador)	0,2276431				
Ps operador * FBSR	0,2923558				
<b>Factor de salario real Operador</b>	<b>1,58</b>				
Factor de prestaciones operador (Ps ayudante)	0,3062329				
Ps ayudante* FBSR	0,3932864				
<b>Factor de salario real Ayudante</b>	<b>1,68</b>				

## Anexo V – Memoria de cálculo primera propuesta. Método de acera

## ❖ Datos generales

<b>Población 2013</b>	14131	hab
<b>Tasa de generación</b>	0,9	kg/hab*día
<b>Generación 2013</b>	12,72	ton/día
<b>Factor de seguridad</b>	1,1	
<b>Recolección</b>	13,99	ton/día
	425,53	ton/mes

Método de acera
Frecuencia: diaria
Dos turnos por día
Ruta: Igual al servicio original (recorre todas las calles)
Tiempo por cada viaje: 3 horas

## ❖ Tiempos y distancias

Trayecto	Km	hr
Encierro a V. Otoch	3,5	0,17
Recolección	23,5	2,2
V.Otoch al relleno y descarga	5,2	0,55
Relleno al encierro	2,3	0,08
<b>Total</b>	<b>34,5</b>	<b>3,00</b>

## ❖ Costos

Vehículo recolector	
Chasis cabina International 4300 5 años vida útil	
Capacidad 20yd3	
Costo del camión con caja	\$ 1.305.833,00
Tasa de interés por crédito	12%
Costo total camión con caja	\$ 1.462.532,96
<b>Amortización mensual</b>	<b>\$ 24.375,55</b>

Neumáticos	
Neumáticos por camión	6
Costo unitario	\$ 6.684,00
Vida útil (km)	50000
Kilometros al mes	2098,75
<b>Costo por neumáticos</b>	<b>\$ 1.683,37</b>

Combustible	
Rendimiento motor (km/l)	1,5
Precio promedio Diesel 2013	\$ 11,89
<b>Costo por combustible</b>	<b>\$ 16.636,09</b>

Mantenimiento	
10% del costo del camión anual	\$ 130.583,30
<b>Mantenimiento mensual</b>	<b>\$ 10.881,94</b>

Operación				
Puesto	Salario	#	FSR	Total
Chofer	\$ 5.000,00	1	1,58	\$ 7.900,00
Ayudante	\$ 2.000,00	2	1,68	\$ 6.720,00
Posturero	\$ 5.000,00	1	1,58	\$ 7.900,00
Posturero	\$ 2.000,00	2	1,68	\$ 6.720,00
<b>Costo por operación</b>				<b>\$ 29.240,00</b>

Costos fijos (\$/ton)	
Directos	\$ 2,99
Indirectos	\$ 32,35
<b>Total</b>	<b>\$ 35,34</b>

## Anexo VI – Memoria de cálculo segunda propuesta. Método de parada fija

## ❖ Datos generales

<b>Población 2013</b>	14131	hab
<b>Tasa de generación</b>	0,9	kg/hab*día
<b>Generación 2013</b>	12,72	ton/día
<b>Factor de seguridad</b>	1,1	
<b>Recolección</b>	13,99	ton/día
	425,53	ton/mes

Método de parada fija
Frecuencia: diaria
Dos turnos por día
Dos macro rutas (A-54%, B-46%)

## ❖ Tiempos y distancias

Trayecto	RUTA A		RUTA B	
	Distancia (km)	Tiempo (hr)	Distancia (km)	Tiempo (hr)
Encierro - V. Otoch	3,5	0,2	3,5	0,2
Ruta	4,3	0,2	2,9	0,1
Recolección	40 paradas	2	32 paradas	1,6
V. Otoch - Relleno	5,2	0,3	5,2	0,3
Tiempo de descarga	----	0,25	-----	0,25
Relleno - Encierro	2,3	0,08	2,3	0,08
<b>TOTAL</b>	<b>15,3</b>	<b>3,02</b>	<b>13,9</b>	<b>2,55</b>

## ❖ Costos

Vehículo recolector	
Chasis cabina International 4300 5 años vida útil	
Capacidad 20yd <sup>3</sup>	
Costo del camión con caja	\$ 1.305.833,00
Tasa de interés por crédito	12%
Costo total camión con caja	\$ 1.462.532,96
<b>Amortización mensual</b>	<b>\$ 24.375,55</b>

Neumáticos	
Neumáticos por camión	6
Costo unitario	\$ 6.684,00
Vida útil (km)	50000
Kilometros al mes	888,17
<b>Costo por neumáticos</b>	<b>\$ 712,38</b>

Combustible	
Rendimiento motor (km/l)	1,5
Precio promedio Diesel 2013	\$ 11,89
<b>Costo por combustible</b>	<b>\$ 7.040,20</b>

Mantenimiento	
10% del costo del camión anual	\$ 130.583,30
<b>Mantenimiento mensual</b>	<b>\$ 10.881,94</b>

Operación				
Puesto	Salario	#	FSR	Total
Chofer	\$ 5.000,00	1	1,58	\$ 7.900,00
Ayudante	\$ 2.000,00	2	1,68	\$ 6.720,00
Posturero	\$ 5.000,00	1	1,58	\$ 7.900,00
Posturero	\$ 2.000,00	2	1,68	\$ 6.720,00
<b>Costo por operación</b>				<b>\$ 29.240,00</b>

Costos fijos (\$/ton)	
Directos	\$ 2,99
Indirectos	\$ 32,35
<b>Total</b>	<b>\$ 35,34</b>

## Anexo VII – Memoria de cálculo tercera propuesta. Método intradomiciliar

## ❖ Datos generales

<b>Población 2013</b>	14131	hab
<b>Tasa de generación</b>	0,9	kg/hab*día
<b>Generación 2013</b>	12,72	ton/día
<b>Factor de seguridad</b>	1,1	
<b>Recolección</b>	13,99	ton/día
	425,53	ton/mes

Método de contenedores
Frecuencia: diaria
Dos turnos por día
Dos macro rutas (A-54%, B-46%)

## ❖ Contenedores

Macro ruta A	
Población atendida (Hab)	7630,74
Toneladas a recolectar	7,55
volumen (m3)	50,36
Contenedores	46
Personas/contenedor	167

Macro ruta B	
Población atendida (Hab)	6500,26
Toneladas a recolectar	6,44
volumen (m3)	42,90
Contenedores	39
Personas/contenedor	167

## ❖ Tiempos y distancias

Trayecto	RUTA A		RUTA B	
	Distancia (km)	Tiempo (hr)	Distancia (km)	Tiempo (hr)
Encierro - V. Otoch	3,5	0,2	3,5	0,2
Recolección	4,3	0,2	2,9	0,1
Contenedores	46 cont	2,3	39 cont	1,95
V. Otoch - Relleno	5,2	0,3	5,2	0,3
Tiempo de descarga	----	0,25	-----	0,25
Relleno - Encierro	2,3	0,08	2,3	0,08
<b>TOTAL</b>	<b>15,3</b>	<b>3,32</b>	<b>13,9</b>	<b>2,90</b>

## ❖ Costos

Vehículo recolector	
Chasis cabina International 4300 5 años vida útil	
Capacidad 20yd3	
Costo del camión con caja	\$ 1.305.833,00
Tasa de interés por crédito	12%
Costo total camión con caja	\$ 1.462.532,96
<b>Amortización mensual</b>	<b>\$ 24.375,55</b>

Neumáticos	
Neumáticos por camión	6
Costo unitario	\$ 6.684,00
Vida útil (km)	50000
Kilometros al mes	888,17
<b>Costo por neumáticos</b>	<b>\$ 712,38</b>

Combustible	
Rendimiento motor (km/l)	1,5
Precio promedio Diesel 2013	\$ 11,89
<b>Costo por combustible</b>	<b>\$ 7.040,20</b>

Mantenimiento	
10% del costo del camión anual	\$ 130.583,30
<b>Mantenimiento mensual</b>	<b>\$ 10.881,94</b>

Operación				
Puesto	Salario	#	FSR	Total
Chofer	\$ 5.000,00	1	1,58	\$ 7.900,00
Ayudante	\$ 2.000,00	2	1,68	\$ 6.720,00
Posturero	\$ 5.000,00	1	1,58	\$ 7.900,00
Posturero	\$ 2.000,00	2	1,68	\$ 6.720,00
<b>Costo por operación</b>				<b>\$ 29.240,00</b>

Costos fijos (\$/ton)	
Directos	\$ 2,99
Indirectos	\$ 32,35
<b>Total</b>	<b>\$ 35,34</b>

Contenedores	
Costo unitario	\$ 8.004,00
vida útil (años)	3
Número de contenedores	85
<b>Costo mensual por contenedores</b>	<b>\$ 18.850,75</b>

## 8. REFERENCIAS

---

1. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. DOF-26-02-2013. H. Congreso de la Unión.
2. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. DOF-04-06-2012. H. Congreso de la Unión.
3. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. DOF-30-05-2012. H. Congreso de la Unión.
4. *Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Recolección, Transporte, Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos en el Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo*. PO-11-04-2008. H. Ayuntamiento Constitucional de Benito Juárez, Quintana Roo.
5. *Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo*. PO-13-11-2009. H. Ayuntamiento Constitucional de Benito Juárez, Quintana Roo.
6. *Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo*. PO-29-06-2001. H. Ayuntamiento Constitucional de Benito Juárez, Quintana Roo.
7. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). *Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales*. México 1996.
8. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS). Paraguassú de Sá Fernando A. Rojas Rodríguez Carmen R. *Indicadores para el gerenciamiento del servicio de limpieza pública*. 2da. Ed. Lima, 2002.
9. Instituto Nacional de Ecología (INE). *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales. Anexo III. Descripción y cálculo de indicadores generales*. México 2001.
10. INEGI. *Censo de Población y Vivienda 2010*. México 2010. <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/default.aspx>> [Consulta: 28 de Febrero 2013]
11. Gobierno del Estado de Quintana Roo. Secretaría de Turismo del Estado (SEDETUR). *Indicadores Turísticos del Estado de Quintana Roo 2010*. <<http://sedetur.qroo.gob.mx/index.php/estadisticas/indicadores-turisticos>> [Consulta: 28 de Febrero 2013]
12. “*Se agrava el problema de la basura, mientras comuna y Domos difieren sobre adeudo por la recolección*” [en línea]. Noticaribe. 22 de Enero de 2010 <[noticaribe.com.mx/2010/01/22/se\\_agrava\\_problema\\_de\\_la\\_basura\\_mientras\\_ccomun\\_y\\_domos\\_difi/](http://noticaribe.com.mx/2010/01/22/se_agrava_problema_de_la_basura_mientras_ccomun_y_domos_difi/)> [Consulta: 13 de Enero de 2013]
13. Fernández Miguel A. “*También incumple DOMOS en Cancún*” [en línea]. Por Esto! 18 de Marzo de 2010. <[www.poresto.net/ver\\_notas.php?zona=qroo&idSeccion=3&idTitulo=37929](http://www.poresto.net/ver_notas.php?zona=qroo&idSeccion=3&idTitulo=37929)> [Consulta: 13 de Enero de 2013]
14. Pérez Juan C. “*Llueven quejas por falta de recolección de basura*” [en línea]. SIPSE.com 10 de Junio de 2010. <<http://sipse.com/archivo/llueven-quejas-por-falta-de-recoleccion-de-basura--50190.html>> [Consulta: 16 de Enero de 2013]

15. “Ven posible que SETASA sustituya a Domos en Cancún” [en línea]. Noticaribe. 3 de Noviembre de 2010  
<[noticaribe.com.mx/2010/11/03/ven\\_posible\\_que\\_setasa\\_sustituya\\_a\\_domos\\_en\\_cancun/](http://noticaribe.com.mx/2010/11/03/ven_posible_que_setasa_sustituya_a_domos_en_cancun/)> [Consulta: 13 de Enero de 2013]
16. García Julio. “Es oficial, DOMOS pierde concesión de la basura en Cancún” [en línea]. Clic Noticias. 19 de Noviembre de 2010.  
<[www.clicnoticias.mx/secciones/medio-ambiente/1165-es-oficial-domos-pierde-concesion-de-la-basura-en-cancun.html](http://www.clicnoticias.mx/secciones/medio-ambiente/1165-es-oficial-domos-pierde-concesion-de-la-basura-en-cancun.html)> [Consulta: 15 de Enero de 2013]
17. Martínez Román. “Dos empresas brindarán el servicio de recolección de basura en Cancún” [en línea]. Diario de Quintana Roo. 25 de Agosto de 2011  
<[www.dqr.com.mx/index.php/benito-juarez/21281-dos-empresas-brindaran-el-servicio-de-recoleccion-de-basura-en-cancun](http://www.dqr.com.mx/index.php/benito-juarez/21281-dos-empresas-brindaran-el-servicio-de-recoleccion-de-basura-en-cancun)> [Consulta: 13 de Enero de 2013]
18. Pérez Susana. “Arrancará en enero el Siresol al 100%” [en línea]. El periódico de Quintana Roo. 22 de enero de 2011. <[www.el-periodico.com.mx/noticias/arrancara-en-enero-el-siresol-al-100/](http://www.el-periodico.com.mx/noticias/arrancara-en-enero-el-siresol-al-100/)> [Consulta: 10 de Febrero de 2013]
19. CADU inmobiliaria [Página electrónica] Sección: Quienes somos.  
<<http://www.caduinmobiliaria.com/quienes-somos/index.html>> [Consulta: 16 de Enero de 2013]
20. INEGI. Mapa virtual de la República Mexicana [recurso electrónico]. México 2013  
< <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html>> [Consulta: 16 de Enero de 2013]
21. SEMARNAT. *El Medio Ambiente en México 2005: En resumen*. [en línea]. México 2006. < [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_resumen/08\\_residuos/cap8.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/08_residuos/cap8.html)> [Consulta: 16 de Enero de 2013]
22. SDM Global México [Página electrónica]  
<[http://sdmglobal.mex.tl/247825\\_INICIO.html](http://sdmglobal.mex.tl/247825_INICIO.html)> [Consulta: 28 de Febrero de 2013]
23. Neumáticos Puebla [Página electrónica] < <http://www.neumaticospuebla.com/>> [Consulta: 5 de Marzo de 2013]
24. PEMEX. *Indicadores petroleros a Febrero de 2013*. Precio al público de productos petrolíferos. [Documento en formato .pdf]  
<[http://www.ri.pemex.com/files/dcpe/petro/epublico\\_esp.pdf](http://www.ri.pemex.com/files/dcpe/petro/epublico_esp.pdf)> [Consulta: 25 de Febrero de 2013]
25. CAPUFE. *Cálculo promedio de rendimiento en kilómetros por litro*. [en línea]  
<<http://www.capufe.gob.mx/normateca/normas/05viaticos/anexo11.htm>> [Consulta: 2 de Marzo de 2013]
26. H. Ayuntamiento de Benito Juárez, Quintana Roo. Recursos Humanos. *Tabulador de sueldos 2011-2013*. [Documento en formato .pdf]  
<<http://cancun.gob.mx/transparencia/files/2011/09/TabuladordeSueldos2011-2013.pdf>> [Consulta: 6 de Marzo de 2013]
27. *Ley Federal del Trabajo*. DOF-30-11-12. H. Congreso de la Unión.
28. I City México [Página electrónica] < <http://www.trafitambosybarreras.com/>> [Consulta: 5 de Marzo de 2013]
29. Sistema de Información geográfica Google Earth [software].