

# Evaluación socioeconómica del manejo de residuos sólidos urbanos en Huimanguillo, Tabasco

## Socio-economic assessment of solid waste management in Huimanguillo, Tabasco

*Elías Alvarado Lagunas\**

*Oscar Rodríguez Medina\*\**

*Manuel Alexis Vázquez Zacarías\*\*\**

### Resumen

En el presente trabajo se propone una guía de apoyo para la formulación y evaluación de un proyecto (o plan) de inversión en infraestructura social que considera la construcción de una planta de separación y transferencia de residuos sólidos urbanos en Huimanguillo, Tabasco. El objetivo de este caso de estudio es conocer si el plan es socialmente rentable. Para ello, se calculan algunos indicadores socioeconómicos en un horizonte de evaluación de 21 años cuyos resultados muestran que la ejecución del proyecto representa una oportunidad para mejorar las condiciones de vida y aumentar el bienestar de la población en la región objeto de estudio.

**Palabras clave:** residuos sólidos urbanos, beneficios cuantitativos, costos de traslado.

---

\* Profesor e investigador de la Facultad de Contaduría Pública y Administración, Universidad Autónoma de Nuevo León. Correo electrónico: eliaxalvarado@gmail.com

\*\* Estudiante del programa de Doctorado en Economía del Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: rodriguezmedinaoscar@gmail.com

\*\*\* Docente de la Facultad de Contaduría Pública y Administración, Universidad Autónoma de Nuevo León. Correo electrónico: manuel.vazquezcr@uanl.edu.mx

## Abstract

In this article is proposed a guide to support the formulation and evaluation of a investment project for social infrastructure that includes the construction of a separation plant and transfer of municipal solid waste in Huimanguillo, Tabasco. The objective of this study case is to determine the social profitability of the project. For that, some economic indicators are calculated on a twenty-one years evaluation horizon whose results show that implementation of the project represents an opportunity to improve life conditions and increase the population welfare in this region.

**Keywords:** municipal solid waste, quantitative benefits, relocation costs.

## Introducción

En México, la infraestructura de manejo de residuos sólidos ha tenido un papel preponderante en el tratamiento, eliminación y disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU). Sin embargo, el comportamiento y las tendencias de consumo se han caracterizado por ser desmedidas y los cambios de costumbres en el país han propiciado el incremento de productos desechables que provocan una mayor cantidad de residuos que son dispuestos directamente sobre el medio ambiente (LGPGIR, 2003).

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2014) reconoce la importancia del cuidado y preservación del medio ambiente para el bienestar social y económico, ya que sus principales funciones son las de proveer de factores productivos en forma de materias o energía a los procesos de producción en los diferentes sectores económicos. Lamentablemente, en los últimos años el ambiente ha tomado el papel de sitio de disposición final de los residuos generados por las actividades económicas y por las actividades llevadas a cabo en hogares, lugares públicos, negocios, etcétera.

En este contexto, el Gobierno de la República (2013) ha enfatizado el impulso y orientación hacia un crecimiento verde y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural, al tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo. En el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 se menciona como estrategia fortalecer la política nacional de cambio climático y cuidado al medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono. Esta política deberá emplear algunas líneas de acción como: *i)* ampliar la cobertura de infraestructura y programas ambientales que protejan la salud pública y garanticen la conservación de los ecosistemas y recursos naturales, *ii)* acelerar el tránsito hacia un desarrollo bajo en carbono en los sectores productivos primarios, industriales y de la construcción, así como en los servicios urbanos,

turísticos y de transporte y *iii*) lograr un manejo integral de residuos sólidos, de manejo especial y peligrosos que incluya el aprovechamiento de los materiales que resulten y minimice los riesgos de la población y del medio ambiente (Burnley, 2007; Nas y Bayram, 2007; Buenrostro y Bocco, 2003; Gutiérrez, 2006; Ojeda y Beraud, 2003; Bernache, *et al.* 1998; Corral, 2003; Cabrero, 2002 y 2003; Ojeda *et al.*, 2003; Guillén *et al.*, 2006; Morales, 2000; Bernache, 2006 y 2015; Jiménez, 2015).

En la mayoría de los trabajos señalados anteriormente se señalan las ventajas de un buen manejo de los RSU así como los inconvenientes del caso contrario; además, se enfatiza la composición de los residuos los cuales principalmente son papel y cartón, residuos orgánicos, botellas de plástico o PET, metales, botellas y envases de vidrio, entre otros. Asimismo, en estos estudios se utilizan datos para periodos cortos de tiempo, pues se argumenta que la mayoría de los residuos recabados es depositada en el medio ambiente o en rellenos sanitarios y basureros.

A pesar de la gran diversidad de estudios, es notoria la falta de una propuesta de trabajo metodológico, propio de una investigación de carácter socioeconómico. Por ello, en este trabajo se describe un procedimiento sobre los principios básicos de los distintos tipos de evaluaciones socioeconómicas que guíe la investigación a fin de concretar un caso de estudio (cuantitativo) que señale una alternativa de solución al tema de RSU y que no solamente describa la problemática. El manejo de los RSU en el estado de Tabasco se encuentra a cargo de los municipios cuyas actividades van desde su recolección y transporte hasta su disposición final<sup>1</sup> en tiraderos a cielo abierto o en rellenos sanitarios. Es por ello que los ayuntamientos son los responsables del seguimiento de la generación de dichos residuos y del diseño de estrategias que prevengan su generación excesiva (López, 2008).

En este sentido, la presente investigación tiene por objetivo cuantificar los beneficios que se obtendrían con la implementación de un proyecto de manejo de RSU en el municipio de Huimanguillo. La finalidad de estos esfuerzos es que las autoridades cuenten con una herramienta sólida para la toma de decisiones en este tema. El valor de esta investigación radica en el hecho de que es un estudio que cuantifica los costos y beneficios de un plan de inversión de infraestructura social para determinar su rentabilidad social. Los beneficios asociados a este tipo de proyectos son *i*) la disminución de costos de traslado y *ii*) el reaprovechamiento de materiales de desecho. Una vez identificados los beneficios y sus alcances, se comparan con los costos derivados de la misma aplicación para determinar si la tasa de interés al interior del proyecto (TIR) es superior a la tasa de descuento establecida por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Dicho proyecto consiste en el desarrollo de una infraestructura social que considera la construcción de una planta de separación y transferencia de RSU en Villa La Venta y la construcción y equipamiento de una planta separadora en el sitio de disposición final en Huimanguillo, además, considera la adquisición de

<sup>1</sup> La disposición final de los residuos se refiere a su depósito en sitios e instalaciones que eviten su presencia en el ambiente y afectaciones a la salud de la población y de los ecosistemas (SEMARNAT, 2012).

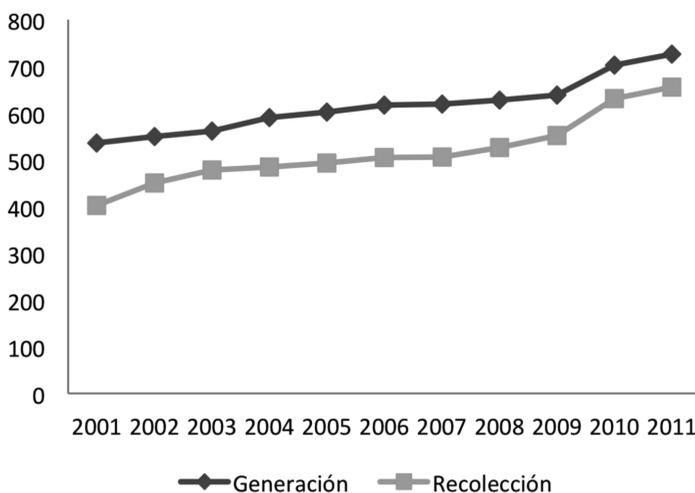
contenedores y camiones recolectores. Para ello, el análisis que a continuación se presenta debe arrojar, desde el punto de vista social, que el plan de inversión es socioeconómicamente rentable (considerando también los beneficios cuantitativos asociados al mismo).

## Materiales y métodos

Para poder alcanzar el objetivo propuesto es conveniente conocer el diagnóstico de la situación actual. Para ello, durante el segundo trimestre del año 2014 se aplicó la técnica de entrevista directa a algunas autoridades y habitantes del municipio que conforma la región objeto de estudio con la finalidad de conocer la problemática que el municipio enfrenta respecto a la generación de RSU. Asimismo, se recabó información secundaria de fuentes confiables, como Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y SEMARNAT, para realizar un análisis descriptivo y exploratorio de la entidad y del municipio a estudiar.

Con el propósito de encontrar las mejores soluciones para el proceso de recolección, separación, transportación, reciclaje y disposición final de residuos sólidos urbanos, el presente trabajo considera evaluar los cuatro componentes de la inversión de forma conjunta, ya que la utilización y, por lo tanto, el funcionamiento de cada componente dependen directa e indirectamente de la operación de los demás. En la Gráfica 1 se muestra la cantidad anual de residuos sólidos urbanos que se generaron en Tabasco del año 2001 al 2011, así como las toneladas recolectadas diariamente.

**Gráfica 1. Generación y recolección de residuos sólidos urbanos en el estado de Tabasco, 2001-2011. (Miles de toneladas anuales)**



Fuente: elaboración propia con información del INEGI y de la SEMARNAT.

En la gráfica anterior se puede apreciar que la recolección de residuos sólidos urbanos ha aumentado en el periodo 2001-2011, sin embargo, aún no se ha podido lograr la cobertura total. A pesar de que se ha registrado este comportamiento al alza, se aprecia que la generación de RSU es superior a la cobertura de recolección, por lo que es evidente que los servicios de recolección son insuficientes.<sup>2</sup> La cuantificación de la recolección de residuos sólidos en el municipio de Huimanguillo se determinó mediante el cociente del total de toneladas de residuos recolectados entre el total de toneladas generadas al día, según las prioridades de atención por zonas y sectores.<sup>3</sup>

## Diagnóstico de la situación actual

En el estado de Tabasco no se cuenta con centros de acopio<sup>4</sup> o instalaciones donde se recolecten de manera formal y constante materiales como papel y cartón; plástico (PET); aluminio; cobre, bronce y plomo; fierro, lámina y acero; vidrio; electrónicos y electrodomésticos, entre otros. Sin embargo, en los últimos años se ha incrementado el reciclaje de residuos; de acuerdo con la SEMARNAT (2012), en 2011 se recicló el 4.8 % de los RSU generados.

No obstante, en la entidad se ha reportado la existencia de 15 sitios para la disposición final de residuos sólidos urbanos, de los cuales el 87 % son lugares a cielo abierto y el resto son rellenos sanitarios que reciben los RSU de uno o varios municipios (INEGI, 2013). Particularmente, en el municipio de Huimanguillo el sistema de recolección es tradicional, es decir, se recolectan sin distinción todos los residuos. La recolección domiciliaria se realiza casa por casa y la mayoría de los residuos son entregados en bolsas o utensilios de diversa naturaleza.

De acuerdo con la información proporcionada por autoridades del municipio, la acumulación de basura en las calles y avenidas es un fenómeno creciente. Específicamente, se observan cajas y bolsas de basura apiladas en las esquinas, objetos abandonados, diversos tipos de papeles, envases de bebidas y pedazos de cartón o madera. Todos estos residuos generan problemas ambientales, sanitarios, sociales y económicos que se acentúan cuando alguno o varios de los vehículos dedicados a la recolección se encuentran fuera de servicio.

<sup>2</sup> Se sabe que tanto la generación como la recolección de RSU han aumentado significativamente con una tasa promedio anual de 3.11 y 5.10 %, respectivamente; pero, como se mencionó anteriormente, la cobertura no es suficiente para abarcar la totalidad de la generación. Sin embargo, a pesar del incremento en la generación de RSU, Tabasco se encuentra entre los estados que menos RSU produce. De acuerdo con datos de la SEMARNAT, el estado ocupó la vigésima posición en 2011, muy por debajo del Estado de México y del Distrito Federal (hoy Ciudad de México) que ocuparon el primer y segundo lugar, respectivamente, generando, el primero, 6 610.15 y, el segundo, 4 891.00 toneladas, mientras que Tabasco solo generó 726.4 toneladas anuales.

<sup>3</sup> Los indicadores que se construyeron fueron la i) Cobertura de recolección en relación con los residuos generados:  $C_r = \frac{Tr}{Tg} \times 100$ , donde  $C_r$  = cobertura de recolección expresada en porcentaje.  $Tr$  = total de toneladas (t) recolectadas.  $Tg$  = total de toneladas (t) generadas, ii) Cobertura de recolección en relación con la cantidad de habitantes atendidos:  $Cr = \frac{Th}{Ha} \times 100$ , donde  $Cr$  = cobertura de recolección (%).  $Ha$  = habitantes atendidos.  $Th$  = total de habitantes (INE, 2012).

<sup>4</sup> Los centros de acopio son instalaciones operadas por la administración municipal para recibir temporalmente materiales susceptibles a ser valorizados (INEGI, Estadística básica sobre medio ambiente, datos de Tabasco, 2013).

Según información del ayuntamiento, el parque vehicular para recolección está compuesto por 18 unidades, 16 camiones y dos camionetas tipo pick-up. Las unidades recolectoras son operadas por cuatro personas, un chofer y tres auxiliares por ruta o unidad. Sin embargo, las rutas que deben transitar estas unidades son largas, particularmente las rutas de Huimanguillo-Villa La Venta (95 km) y Huimanguillo-Villa Chontalpa (22 km).

Además de las largas distancias, las condiciones de las carreteras son de regulares a malas, por lo que el estado de los camiones recolectores se ve afectado constantemente. Lo anterior incrementa los costos (mantenimiento correctivo) en los que incurre el municipio para realizar esta actividad y afecta a la población cuando los RSU se dejan de recolectar, por ejemplo, cuando alguna unidad sufre averías debido al desgaste derivado por el tránsito en este tipo de vías. Algunas consecuencias de estas afectaciones son mala imagen urbana y contaminación, ya que los residuos se quedan uno o varios días sobre banquetas y avenidas, lo que ocasiona su dispersión, malos olores y enfermedades. Otra situación que se presenta en el municipio y que implica el retraso en la recolección de los RSU es el mal estado de las vías de comunicación que conducen a los sitios de disposición final.

Específicamente, el ayuntamiento transporta los residuos sólidos generados en las villas y poblados: Villa Estación Chontalpa, Villa La Venta, Villa San Manuel, Poblado Ocuapan, Francisco Rueda, C-41, C-40, C-31, C-32, C-34, C-25, C-26, Mecatepec y Tecominoacan. Con este servicio se recorren distancias que van de 20 a 100 kilómetros, lo que representa una erogación anual de \$648 000.00 (seiscientos cuarenta y ocho mil pesos 00/100 M.N.) en gastos de mantenimiento. Los residuos que se generan actualmente en Villa La Venta se trasladan al vertedero ubicado en el municipio de Huimanguillo, lo que implica un recorrido aproximado de 182 kilómetros de ida y vuelta cuando se lleva a cabo un solo viaje (se han presentado casos de dos viajes en un mismo día). Lo anterior se traduce en el desgaste del vehículo y en el incremento de consumo de combustible, así como en la exposición del vehículo y sus tripulantes a accidentes en las carreteras federales.

La cobertura del servicio de recolección en 2013 fue del 66 %, lo que significa que este servicio fue otorgado a 121 914 habitantes en todo el municipio de Huimanguillo, pero que 62 804 habitantes se quedaron sin él. Para ofrecer el servicio de recolección en la cabecera municipal, se destinan nueve unidades: una unidad para Villa Estación Chontalpa, una para Villa La Venta y siete unidades para las comunidades y poblados restantes, con las cuales se recolectan, en promedio, 43 800 kilogramos diarios de RSU.

El municipio de Huimanguillo ha enfrentado desde hace varios años la grave problemática de no dotar un adecuado servicio en la disposición final de los residuos sólidos generados, ya que actualmente estos son tirados en un basurero que no cumple con las disposiciones normativas en

materia ambiental, ocasionando la contaminación de suelos y mantos acuíferos, así como la emisión de gases tóxicos a la atmósfera, focos de infección y el riesgo de incendios producto del biogás. Este escenario hace evidentes las diferentes problemáticas al respecto, desde la ausencia de depósitos, pasando por la ineficiencia en la recolección de residuos —por la insuficiencia de camiones recolectores— y su nula separación hasta los altos costos de traslado.

En este contexto, en el presente estudio se sigue parte de la metodología que utiliza el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP),<sup>5</sup> la cual consiste, en términos generales, en los siguientes apartados: *i*) describir y desarrollar la situación actual en términos de la oferta y demanda así como el desglose de la problemática y variables críticas; *ii*) explicar la situación del caso de estudio en dos escenarios: sin proyecto y con proyecto, para finalizar con *iii*) la evaluación que corresponde a la identificación, cuantificación y valoración de los costos y beneficios del plan de inversión.

## Datos

Para poder determinar si el proyecto de manejo integral de RSU en Huimanguillo es socialmente rentable y, a su vez, dar una propuesta metodológica que sirva como referencia en la ejecución de este tipo de planes de inversión, se diseñó una encuesta semiestructurada y se aplicó la técnica de entrevista directa a todos los empleados del ayuntamiento municipal que conforman el área geográfica objeto de estudio, durante el segundo trimestre del año 2014.

Después de varias sesiones de trabajo con los enlaces y las autoridades del municipio se consideró conveniente obtener las variables en la encuesta por bloques. En un primer bloque se preguntó sobre los servicios ofrecidos por el municipio respecto a la recolecta de los RSU, es decir, acerca de los vehículos y personal de recolección, áreas de separación (reciclaje), de transferencia y de disposición final. En un segundo bloque se inquirió acerca de la demanda potencial de estos servicios, tal es el caso del número de días que los camiones de basura pasan, viviendas atendidas, población cubierta, generación de RSU diaria [y] recolectada a disponer y generación per cápita. Por último, es necesario resaltar que los datos sobre el flujo de efectivo (costos y beneficios anuales) fueron proporcionados por las autoridades del municipio. Dichos datos nos permitieron realizar el ejercicio de evaluación financiera y socioeconómica del proyecto, de modo que, para medir la rentabilidad del mismo desde el punto de vista social, se calcularon los indicadores del Valor Actual

<sup>5</sup> El Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) es un fideicomiso creado en el año de 1994 por el Gobierno Federal por conducto de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y administrado por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS). Este centro tiene como propósito contribuir a optimizar el uso de los recursos destinados a la realización de proyectos y programas de inversión, así como la capacitación permanente en preparación y evaluación socioeconómica de proyectos para todos los niveles de gobierno.

Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) y se realizó un análisis de sensibilidad utilizando un horizonte de evaluación de 20 años.

### **Método de análisis**

El procedimiento propuesto consta de cuatro pasos. El primer paso consiste en realizar un *análisis de la situación actual* a partir de la descripción de la problemática que da origen al proyecto —en nuestro caso, el manejo integral de RSU. Para ello, se requiere conocer la oferta y la demanda existentes; la oferta está representada por las características físicas de la infraestructura o equipo actual con que cuenta el municipio para recolectar los RSU, mientras que la demanda está determinada por la cantidad de los RSU generados por vivienda, comercio y servicios, lugares públicos e industrias de la zona. También se analiza la forma en que interactúan la oferta y la demanda del manejo integral de RSU que el municipio proporciona y como resultado de esta interacción se identifica y describe la problemática a resolver.

Posteriormente, se analiza el caso de estudio en dos escenarios, es decir, la *situación sin proyecto y con proyecto*. El primer escenario consiste en analizar la situación futura en caso de que no se lleve a cabo el proyecto de inversión, para lo cual es necesario considerar algunas medidas de optimización que ayuden a mitigar la problemática. En este paso también es necesario realizar un análisis de la interacción de la oferta y la demanda futuras. En este mismo sentido, el análisis de la situación con proyecto se realiza de forma similar, pero la diferencia es que la oferta está dada por la infraestructura actual más la considerada en el proyecto; y de igual manera se tiene que realizar la comparación entre la oferta y la demanda.

En el tercer paso se identifican, cuantifican y valoran costos y beneficios, tarea que consiste en señalar los costos de inversión, mantenimiento y operación del proyecto a ejecutarse en los que incurriría el gobierno municipal durante el periodo de evaluación del mismo. Tras realizar este ejercicio se podrán calcular los principales beneficios del plan que, en nuestro caso, serían la mayor cobertura del servicio de recolecta de los RSU en el municipio de Huimanguillo, así como los derivados de la venta de los materiales separados para reciclaje.

Por último, se realiza la evaluación financiera del proyecto en la que se determina la rentabilidad del caso de estudio. Para ello, se calculan los flujos de efectivo (netos) para cada año del horizonte de evaluación. Únicamente los beneficios resultantes de la diferencia entre la situación sin proyecto y la situación con proyecto son sujetos a ser evaluados para no subestimar o sobrestimar los beneficios asociados a la inversión. Posteriormente, se calculan los indicadores del VAN y de la TIR, aunado a un análisis de sensibilidad en el que se aprecia el comportamiento de los indicadores

de rentabilidad ante determinada coyuntura en las variables relevantes del plan, por ejemplo, un alza o una caída de los costos de inversión.

### Análisis de la oferta actual

La determinación de la oferta está en función de la infraestructura y del equipamiento existente para otorgar el servicio de recolección, traslado, reciclaje y disposición final de los RSU. Específicamente, la oferta está compuesta por el número de sitios destinados a la disposición y su capacidad útil medida en toneladas por metro cúbico (ton/m<sup>3</sup>), el número de personal y equipo que realiza la recolección y el traslado de los residuos, así como de las áreas destinadas a la separación de residuos y a su transferencia (CEPEP, 2008). El municipio de Huimanguillo no cuenta con tales áreas, de modo que para la disposición final de los RSU hace uso de un área a cielo abierto que se utiliza como tiradero de residuos sólidos y cuya superficie es de 62 500 m<sup>2</sup>. El Cuadro 1 resume la oferta y sus características.

**Cuadro 1. Oferta actual de recolección, traslado, reciclaje y disposición final de RSU del municipio de Huimanguillo, Tabasco**

Concepto	Equipo e infraestructura en operación
Recolección y traslado	18 camiones de recolección*
Personal de recolección	72 personas**
Áreas de separación (reciclaje)	No existen
Áreas de transferencia	No existen
Áreas de disposición final (capacidad en ton/m <sup>3</sup> )	Una***
Condiciones de los caminos de acceso (buena/regular/mala)	De regular a malas por las condiciones climáticas

\* Las condiciones de los 18 vehículos en funcionamiento es buena debido a su continuo mantenimiento.

\*\* En cada unidad laboran cuatro personas, incluido el chofer.

\*\*\* El sitio de disposición final del municipio de Huimanguillo es clasificado como de tipo A (mayor a 100 toneladas recibidas al día).

Fuente: elaboración propia con base en datos del municipio (2014).

Para el caso específico de la planta de separación y transferencia que se ubicará en Villa La Venta y debido a que la metodología sugerida por CEPEP (2008) indica que es preciso determinar la oferta de la transferencia, es necesaria la siguiente información. El municipio de Huimanguillo cuenta con un sitio de disposición final que se encuentra a ocho kilómetros del área de generación y cuya

vida útil es de 20 años. Asimismo, dispone de 18 camiones para el servicio de recolección los cuales transportan 7.3 toneladas por viaje en promedio, realizando dos viajes al día.

En la actualidad, el municipio no realiza ningún proceso de manejo de residuos, por lo que la oferta de separación es nula. La recolección se realiza de lunes a domingo en dos jornadas de ocho horas al día (la primera de 7:00 a 15:00 horas y la segunda de 15:00 a 23:00 horas). Se estima que cada camión recolector destina cinco horas en llenar su capacidad y dos horas en el recorrido (ida y vuelta) al sitio de disposición final. Cada camión cuenta con un chofer y tres ayudantes (auxiliares generales).

Con base en las características antes mencionadas, se calculó la oferta de traslado disponible la cual asciende a 131.4 toneladas al día (número de camiones \* toneladas por viaje), es decir, 47 961 toneladas al año. Cabe destacar que este dato varía de las 43 800 y 45 972 toneladas de 2013 y 2014, respectivamente, debido a que el promedio de las toneladas por viaje incluye a las dos unidades *pick-up* que contribuyen a la recolección de residuos sólidos.

## **Análisis de la demanda actual**

La demanda está determinada por la cantidad de los RSU generados por viviendas, comercios y servicios, lugares públicos e industrias de una zona específica, para lo cual solo deberá considerarse aquella población que será parte del proyecto (CEPEP, 2008). En este caso, para 2010 la demanda se constituyó por 179 285 habitantes de Huimanguillo (INEGI, 2013); según la metodología, la demanda se estima con base en la población de un municipio aun cuando el proyecto cubrirá únicamente el servicio en una o varias localidades.

De acuerdo con la información proporcionada por el Ayuntamiento de Huimanguillo (2014), se generan aproximadamente 180 toneladas diarias de RSU, pero solo se recolectan y son llevadas al sitio de disposición final 120. Ello implica que en 2013 se produjeron 65 700 toneladas de residuos y se recolectaron apenas 43 800 toneladas. Además, si la población del municipio fue de 179 285 habitantes para el año de 2010 y creció a una tasa de 1.01 %, entonces, en 2013 los habitantes de Huimanguillo fueron 184 718.

A partir de los anteriores datos es posible estimar la generación per cápita de residuos sólidos de la siguiente manera:

$$GPRS_t \left( \frac{\text{kg}}{\text{persona al dne}} \right) = \frac{TA_t(\text{tonelada/aon}) * 1,000 \left( \frac{\text{kilogramo}}{\text{tonelada}} \right)}{P_t(\text{personas}) * 365 \left( \frac{\text{d}365}{\text{a}36} \right)}$$

donde TA: toneladas recolectadas al año, P: número de personas atendidas por el servicio y, t: año para el cual se realiza la estimación.

De modo que TA es igual a 43 800 toneladas (120 diarias), el número de personas atendidas es de 121 914 y son datos del año 2013, por lo tanto, la generación per cápita de residuos sólidos en el municipio es de 0.984, es decir, casi un kilogramo por persona. El Cuadro 2 ejemplifica la generación de RSU proyectada a lo largo de la vida útil del proyecto.<sup>6</sup>

## Cuadro 2. Proyección de la generación anual de RSU del municipio de Huimanguillo, Tabasco, 2013-2035

Año	Población	Población atendida (66% de la población total)	Generación per cápita (kg/persona/día)	Generación diaria (kg/día)	Generación anual (toneladas/año)
2013	184 718	121 914	0.9843	120 000	43 800
2014	186 565	123 133	1.0229	125 951	45 972
2015	188 430	124 364	1.0630	132 197	48 252
2016	190 315	125 608	1.1047	138 753	50 645
2034	227 644	150 245	2.2070	331 598	121 033
2035	229 921	151 748	2.2936	348 043	127 036

Fuente: elaboración propia con base en datos del municipio, CEPEP (2008) y CONAPO (2010).

A partir del cuadro anterior se calcula que para el año 2035 la generación de RSU aumentará a 127 036 toneladas al año, lo que implica una tasa de crecimiento de casi 5 % (4.959) en el periodo 2013-2035. Sin embargo, la estimación de la demanda por servicios de recolección es considerada la oferta actual, es decir, dos terceras partes de la población serán atendidas.

### Interacción de oferta y demanda actuales

En esta sección se muestra la justificación del proyecto, por lo tanto, se estiman los costos de traslado en los que incurren los camiones al transportar los residuos sólidos de la zona de recolección al sitio de disposición final. Esta estimación es determinante para este tipo de evaluaciones porque

<sup>6</sup> Por limitación de espacio los cuadros 2, 3, 4, 6, 8, 10 y 11 se acotaron a un periodo de seis años.

**Cuadro 3. Costos de traslado de los RSU actuales, 2013-2035**

<b>Año</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>
<b>Generación de RSU diaria (toneladas)</b>	43 800	45 972	48 252	50 645	121 033	127 036
<b>Capacidad al día por camión (toneladas)</b>	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
<b>Número de camiones óptimos</b>	18	18	18	18	18	18
<b>Número de viajes al día</b>	28	28	28	28	28	28
<b>Tiempo de traslado diario (horas)</b>	196.0	196.0	196.0	196.0	196.0	196.0
<b>Costo del tiempo del chofer y ayudantes al día (pesos de 2014)</b>	10 200	10 599	10 993	11 402	21 657	22 415
<b>Kilómetros recorridos diariamente</b>	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400
<b>Costo operación y mantenimiento diario (pesos de 2014)</b>	17 200	17 873	18 537	19 227	36 519	37 808
<b>Costo de traslado diario (pesos de 2014)</b>	27 400	28 472	29 531	30 629	58 177	60 213
<b>Costo anual de traslado (millones de pesos de 2014)</b>	10 001 088	10 392 130	10 778 717	11 179 686	21 234 493	21 977 700

\* Las columnas que involucran costos se ajustaron por la inflación. La tasa de inflación de 2013 es la que publicó el INEGI, la de 2014 es el promedio hasta septiembre del mismo año y para la de 2015 a 2035 se usó la proyección por lustro de la inflación a 12 meses de HR Ratings.

Fuente: elaboración propia con datos del municipio, Banco de México (2014), INEGI (2014) y HR Ratings (2012).

tiene como finalidad reducir costos (CEPEP, 2008). El costo de traslado se compone de los costos de tiempo del chofer y ayudante, así como del costo operacional de los camiones (combustible, desgaste del vehículo y mantenimiento).

Para calcular los costos de traslado se considera el número de viajes que realizan al día todos los camiones, el tiempo de traslado, el costo del tiempo del chofer y de los ayudantes y los kilómetros recorridos. Según la información del municipio, los camiones circulan a una velocidad promedio de 30 km/hr, realizando un recorrido (ida y vuelta) de 50 kilómetros en siete horas. Con base en estos datos, en el Cuadro 3 se muestran los costos asociados al traslado de los RSU para el periodo de evaluación del presente proyecto.

En el cuadro anterior se ejemplifican los costos actuales de la recolección y el traslado de RSU y se muestra que de no hacerse el proyecto, los costos anuales por ese concepto en 2015 serán de \$10 778 717.00 (diez millones setecientos setenta y ocho mil setecientos diecisiete pesos 00/100 M.N.). Sin embargo, los costos que enfrenta el municipio por la falta de contenedores, la insuficiencia de camiones recolectores y la nula separación de RSU suelen ser altos.<sup>7</sup>

### **Situación sin el proyecto de inversión**

De no llevarse a cabo la adquisición de contenedores ni de camiones recolectores ni la construcción de las plantas de separación y transferencia de RSU, la situación sin proyecto sería la misma que la situación actual. Lo anterior implica que el servicio de recolección se seguirá brindando como hasta la fecha, por lo tanto, la población atendida continuará siendo el 66 % de la población total del municipio, es decir, 123 133 habitantes en 2014; este porcentaje tendrá una generación per cápita (kilogramo/persona/día) de 1.0229 en el mismo año.

---

<sup>7</sup> Para el caso de contenedores, los costos actuales son de carácter social porque el inadecuado manejo de los residuos incrementa los niveles de contaminación, da una imagen sucia y de falta de higiene a la comunidad, incrementa la posibilidad de contraer enfermedades, entre otros. Estos repercuten en la economía del estado, ya que habría que invertir para resarcir las consecuencias de no tener un adecuado manejo de los RSU, desde la adquisición de equipo para el tratamiento de residuos hasta programas de prevención de enfermedades por parte del órgano de salud correspondiente. Así pues, los contenedores contribuyen a reducir los costos de traslado de residuos sólidos, ya que al tener depósitos de basura se podrían reducir las rutas de recolección y los servicios municipales estarán en condiciones de aumentar las rutas de recolección y cubrir zonas que actualmente se encuentran desatendidas por la insuficiencia resolutiva de recolección. Asimismo, la actual insuficiencia de camiones recolectores trae consigo costos como mala imagen urbana, alto grado de contaminación, la prevalencia de malos olores y, al igual que en el caso de los contenedores, la insuficiencia de unidades recolectoras podría ser fuente de enfermedades. De igual manera, esta condición genera mayores costos de mantenimiento y de operación y desgaste de las actuales unidades debido a su sobre utilización. Respecto a la separación de residuos, los principales costos son, entre otros, los elevados costos de traslado, la saturación del sitio de disposición final por la falta de separación de residuos y con ello, la reducción de su vida útil. Sin embargo, la incapacidad de captar ingresos por concepto de venta de residuos como el vidrio, cartón, papel, PET, etcétera, es significativa en el sentido de que, en la actualidad, se están depositando grandes cantidades de residuos que pueden ser aprovechados una o varias veces; entonces, además de saturar más rápido los sitios de disposición final, se está dejando de generar empleos para quienes se dedican a la clasificación de RSU y para su venta a empresas que utilizan este tipo de materiales en sus procesos de producción.

Sin embargo, de acuerdo con datos obtenidos vía el municipio y el INEGI, se sabe que en 2014 el 100 % de la población (186 565) generó 191 toneladas diarias. Ello significa que, de acuerdo con la proyección de la demanda ejemplificada en el siguiente cuadro, en 2014 se dejarán de recolectar 23 683 toneladas de RSU, ya que, en promedio, solo se recolectarán 126 de las 191 toneladas generadas diariamente.

**Cuadro 4. Proyección de la demanda de recolección en la situación sin proyecto, 2013-2035**

Año	Generación per cápita (kg/persona/día)	Población atendida (66 % de la población total)	Recolección diaria (toneladas)	Recolección anual (toneladas)	Generación diaria* (toneladas)	Generación anual (toneladas)
2013	0.9843	121 914	120	43 800	180	65 700
2014	1.0229	123 133	126	45 972	191	69 655
2015	1.0630	124 364	132	48 252	200	73 109
2016	1.1047	125 608	139	50 645	210	76 735
2034	2.2070	150 245	332	121 033	502	183 384
2035	2.2936	151 748	348	127 036	527	192 478

\* Considera al 100 % de la población del municipio.

Fuente: elaboración propia con base en datos del municipio, Consejo Nacional de Población (CONAPO) e INEGI.

De los resultados obtenidos en la interacción de la oferta y demanda actuales, se evidencia que los costos de traslado son altos, por lo que se propone la construcción de la estación de transferencia con el fin de reducirlos. Asimismo, como se mostró en la sección correspondiente al análisis de la situación actual, los costos asociados a la falta de contenedores y a la insuficiencia de camiones recolectores resultan ser elevados para la población. Finalmente, los costos por la carencia de un sistema de separación y reciclaje de residuos son aquellos derivados de la pronta saturación del sitio de disposición final (reducción de su vida útil) y de dejar de percibir ingresos por concepto de venta de residuos como cartón, plástico, aluminio, etcétera.

En este sentido, si se realiza el *análisis de la situación actual optimizada* del presente proyecto, se concluiría que las condiciones actuales del sistema de recolección y disposición final (infraestructura y equipos existentes) no permiten incrementar la cobertura, realizar la separación, reciclar materiales ni reducir costos de traslado porque ya incluye las medidas administrativas,

técnicas, operativas, así como inversiones de bajo costo (menos del 10 % del monto total de inversión), entre otras, que serían necesarias en caso de no llevar a cabo el proyecto de inversión. Por lo tanto, no hay optimizaciones disponibles.<sup>8</sup>

Esta situación se debe a que no se puede aumentar ni mejorar los servicios porque los camiones recolectores están trabajando a su máxima capacidad y son insuficientes para cubrir el territorio del municipio, además, es muy difícil ampliar el horario de servicio. La reparación de los camiones garantiza la calidad del servicio (según la capacidad), no obstante, es costosa;<sup>9</sup> de igual forma, es incuestionablemente necesario el proceso de separación y reciclaje para mejorar el servicio.

### Cuadro 5. Oferta con proyecto de recolección, traslado, reciclaje y disposición final de RSU del municipio de Huimanguillo, Tabasco

Concepto	Equipo e infraestructura en operación
Recolección y traslado	28 camiones de recolección *
Personal de recolección	92 personas **
Áreas de separación (reciclaje)	Dos (una en Huimanguillo y otra en Villa La Venta)
Áreas de transferencia	Una (Villa La Venta)
Áreas de disposición final (capacidad en ton/m <sup>3</sup> )	Una ***
Condiciones de los caminos de acceso (buena/regular/mala)	De regular a malas por las condiciones climáticas

\* Las condiciones de los 28 vehículos en funcionamiento es buena debido al continuo mantenimiento de 18 y a que 10 serán de reciente adquisición.

\*\* En cada unidad laboran cuatro personas, incluido el chofer. La adquisición de 10 unidades recolectoras requerirá la contratación de 20 empleados cuya jornada laboral les permitirá realizar dos viajes utilizando los camiones recolectores nuevos.

\*\*\* El sitio de disposición final del municipio de Huimanguillo es clasificado como de tipo A (mayor a 100 toneladas recibidas al día).

Fuente: elaboración propia con datos del municipio de Huimanguillo.

<sup>8</sup> Por lo tanto, la interacción oferta-demanda sin proyecto o situación actual optimizada corresponde a la situación de oferta y demanda descrita con anterioridad porque al no haber posibilidad de optimizaciones, la oferta, la demanda y los costos serán los mismos que la oferta, demanda y costos de la situación actual. Así pues, en el Cuadro 3 se muestran los costos de traslado de la situación sin proyecto, es decir, la interacción entre oferta y demanda sin proyecto.

<sup>9</sup> La justificación de la alternativa de solución seleccionada es viable, ya que existe la posibilidad de concesionar tanto la recolección como la separación, el reciclaje y disposición final de los RSU a una empresa particular que cuente con la capacidad de brindar el servicio a la población y que, a su vez, cumpla con la normatividad que marcan las leyes mexicanas en materia de medio ambiente. Lo anterior constituye una alternativa a las dificultades y carencias que este proyecto está evidenciando, sin embargo, es una opción que implica costos muy superiores a los actuales y a los mismos asociados al proyecto.

## Situación con el proyecto de inversión

**Demanda con proyecto.** La demanda es igual a la presentada en la situación actual y sin proyecto, es decir, debido a que la generación de residuos sólidos se comporta de la misma manera, la necesidad de contenedores en sitios estratégicos, la insuficiencia de camiones recolectores, los altos costos de transferencia y la nula separación de RSU son las mismas que las de la situación actual y sin proyecto.

**Oferta sin proyecto.** De llevarse a cabo el proyecto, la oferta de los residuos se reconfigurará, ya que la utilización de los 18 camiones recolectores disminuirá debido a la adquisición de 10 nuevas unidades cuyo uso no será intensivo, lo que permitirá reducir considerablemente los costos de desgaste y mantenimiento de los primeros y enfrentar un desgaste y mantenimiento mínimos de las segundas. Además, la separación de RSU permitirá incrementar la vida útil del sitio de disposición final con lo cual se prolongará o evitará la creación de otro sitio para tal fin y ello se traducirá también en ahorro de costos. El Cuadro 5 resume la oferta con proyecto.

Se consideró que los camiones circularán a la misma velocidad y con el mismo horario que en la situación sin proyecto, por lo que el tiempo de recorrido (ida y vuelta) sería de siete horas por viaje y se estaría en condiciones de realizar 38 viajes al día.<sup>10</sup> El Cuadro 6 muestra el número de viajes que se podrán llevar a cabo con la adquisición de 10 unidades de recolección adicionales.

**Cuadro 6. Número de viajes en la situación con proyecto, 2013-2035**

Año	Generación diaria de RSU recolectados* (toneladas)	Capacidad al día por camión** (toneladas)	Número de camiones óptimos	Número de viajes al día
2013	156	9.9	28	38
2014	165	9.9	28	38
2015	173	9.9	28	38
2016	182	9.9	28	38
2034	435	9.9	28	38
2035	457	9.9	28	38

\* La generación diaria de RSU es el producto de la generación per cápita (kg/persona/día) y el 86.6 % de la población total del municipio de Huimanguillo, es decir, 20 % más que en la situación sin proyecto.

\*\* Esta capacidad es el resultado de multiplicar el número de viajes al día (38) por la capacidad promedio de cada camión (7.3 toneladas) y este producto dividido entre el número de camiones (28).

Fuente: elaboración propia.

<sup>10</sup> La estimación de viajes al día se realizó de la siguiente manera: 10 de los actuales camiones (los que realizan dos viajes) harán solo un viaje para disminuir su desgaste y reducir sus altos costos de mantenimiento y los ocho que realizan un viaje continuarán con el mismo esquema, es decir, un solo viaje. Finalmente, los 10 camiones nuevos llevarán a cabo dos viajes debido a que su mantenimiento es más barato.

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, el municipio de Huimanguillo podrá cubrir ya no dos terceras partes de la generación de RSU (120 de las 180 toneladas generadas diariamente) sino que estará en condiciones de recolectar el 87 % de la generación. Lo anterior implica que con la ejecución del plan se beneficiará a casi la totalidad de los habitantes del municipio. Además, se puede apreciar que la capacidad al día por camión se reducirá con la adquisición de 10 nuevas unidades. Esta reducción está orientada a disminuir el desgaste de los camiones con lo que, a su vez, los costos de mantenimiento se reducirán porque una decena de las unidades presentadas en la situación sin proyecto hará solo un viaje diario. De esta manera las ocho unidades restantes seguirán operando como en la situación sin proyecto (un viaje diario). En cambio, las 10 unidades nuevas realizarán dos viajes diarios debido a que su desgaste y mantenimiento serán menores. No obstante, aunque se haya aumentado la recolección y, por lo tanto, la eficiencia de los servicios, no será posible abarcar la totalidad de las localidades del municipio.

### Interacción oferta-demanda con proyecto

Los costos de proyectos de RSU, de acuerdo con el CEPEP (2008), corresponden al valor de todos los recursos humanos y materiales que se utilizan para ejecutar el plan y equiparlo, así como al valor de los recursos necesarios para operar y mantener su funcionamiento en un nivel adecuado. El siguiente cuadro permite clasificar los costos asociados con cada componente del proyecto “Manejo integral de residuos sólidos urbanos, Huimanguillo, Tabasco” y los compara con los experimentados en la actualidad. El objetivo es hacer notar la diferencia entre los costos de cada situación destacando que estos derivan de la deficiencia o ausencia de los servicios actuales como: contenedores de residuos, cobertura de recolección, separación y transferencia de RSU.

### Cuadro 7. Costos asociados a la situación sin proyecto y con proyecto\*

Componente	Costos de la situación actual	Costo del proyecto
Adquisición de 1 000 contenedores de RSU	<i>i)</i> Alto costo de oportunidad por la pérdida de tiempo, <i>ii)</i> altos costos de traslado, <i>iii)</i> mala imagen urbana, <i>iv)</i> alto grado de contaminación y malos olores y <i>v)</i> riesgo de enfermedades.	\$5 277 663.60 (cinco millones doscientos setenta y siete mil seiscientos sesenta y tres mil pesos 60/100 M.N.)

Adquisición de 10 camiones recolectores de RSU	<i>i)</i> Altos costos de traslado, <i>ii)</i> mala imagen urbana, <i>iii)</i> alto grado de contaminación y malos olores, <i>iv)</i> riesgo de enfermedades. Además, el costo de operación y mantenimiento de 18 unidades de recolección es de \$10 001 000.08 (diez millones un mil pesos 08/100 M.N.) anuales.	\$15 900 000.00 (quince millones novecientos mil pesos 00/100 M.N.)
Planta de separación y transferencia de RSU en Villa La Venta	<i>i)</i> Alto costo de oportunidad por la pérdida de tiempo, <i>ii)</i> altos costos de traslado, <i>iii)</i> mala imagen urbana, <i>iv)</i> alto grado de contaminación y malos olores y <i>v)</i> riesgo de enfermedades.	\$7 414 249.86 (siete millones cuatrocientos catorce mil doscientos cuarenta y nueve pesos 86/100 M.N.)
Planta de separación de RSU en Huimanguillo	<i>i)</i> Alto costo de oportunidad por la pérdida de tiempo, <i>ii)</i> altos costos de traslado, <i>iii)</i> mala imagen urbana, <i>iv)</i> alto grado de contaminación y malos olores y <i>v)</i> riesgo de enfermedades.	\$7 000 000.00 (siete millones de pesos 00/100 M.N.)

\* Los costos actuales se refieren a los que la sociedad enfrenta por la deficiencia o falta de servicios. Los costos con proyecto son los que componen la inversión en el año uno, es decir, que no incluyen costos de operación y mantenimiento.

Fuente: elaboración propia con datos de SHCP (2014).

A continuación se presentan los costos de traslado que incluyen la adquisición de 10 unidades recolectoras y la contratación de 20 empleados cuya jornada laboral les permitirá realizar dos viajes utilizando los camiones recolectores nuevos. Cabe destacar que dichos empleados adicionales desempeñarán su labor en la ciudad de Huimanguillo.

Como se indica en el Cuadro 9, los costos de traslado se reducirán en 6 % respecto de la situación actual, ya que, a pesar del incremento de unidades de recolección su mantenimiento y desgaste serán mínimos y los de las unidades actuales disminuirán. No obstante, el municipio deberá contratar 20 empleados de limpia (choferes y auxiliares) para la operación de las unidades de reciente adquisición, lo que implica un incremento de los costos por concepto de sueldos y salarios. Sin embargo, al final del primer año habrá un incremento de 26 % en la cobertura de la recolección de RSU en el municipio, pasando de 48 252 a 61 444 toneladas diarias.

Una vez planteadas las situaciones actual, sin proyecto y con proyecto, en la siguiente sección se determinan los diferentes beneficios y virtudes que este plan brinda a la población de Huimanguillo, Tabasco. Es necesario enfatizar que este planteamiento provee de muchos beneficios cualitativos (de difícil cuantificación), sin embargo, existen algunos otros que son cuantificables y que son estimados a continuación.

### Cuadro 8. Costos de traslado en la situación con proyecto, 2013-2035

Año	Número de camiones óptimos	Número de viajes al día	Costo del tiempo del chofer y ayudantes al día (pesos de 2014)	Kilómetros recorridos diariamente	Costo de operación y mantenimiento diario (pesos de 2014)	Costo de traslado diario (pesos de 2014)	Costo anual de traslado (millones de pesos de 2014)
2013	28	38	13034	1900	14200	27234	9940279
2014	28	38	13543	1900	14755	28298	10328943
2015	28	38	14047	1900	15304	29351	10713180
2016	28	38	14570	1900	15873	30443	11111710
2034	28	38	27673	1900	30150	57823	21105382
2035	28	38	28650	1900	31214	59864	21850402

\* Las columnas que involucran costos se ajustaron por la inflación. La tasa de inflación de 2013 es la que publicó el INEGI, la de 2014 es el promedio hasta septiembre del mismo año y, de 2015 a 2035, se usó la proyección por lustro de la inflación a 12 meses de HR Ratings (2012).

Fuente: elaboración propia con datos del municipio, Banco de México, INEGI y HR Ratings.

## Resultados

El propósito de evaluar el proyecto es determinar si el resultado de su ejecución incrementará el bienestar de la sociedad, lo que implica: *i)* mejoramiento en el proceso de recolección de residuos, *ii)* reducción de la exposición de la población a los residuos y *iii)* eliminación de focos de infección y *iv)* mejoramiento de la imagen urbana del municipio de Huimanguillo, Tabasco. Para ello, en esta sección se cuantifican los costos y beneficios que resultan de la implementación del proyecto para el cálculo de indicadores de rentabilidad que permitan tomar una decisión.

### Identificación, cuantificación y valoración de los costos

La adquisición de contenedores y de camiones recolectores, así como la construcción y equipamiento de las plantas de separación y de transferencia en Huimanguillo provocarán costos. Los terrenos donde se construirán las plantas de separación y de transferencia son propiedad del municipio; no obstante, aunque en la ejecución no se destinarán recursos para la compra del terreno, este tiene un costo de oportunidad de \$3260000.00 pesos (tres millones doscientos sesenta mil pesos 00/100 M.N.) que debe ser reflejado en el flujo de efectivo debido a que tiene un uso alternativo como sería el de su venta o renta. Otros costos que se han tomado en cuenta para el análisis son los siguientes: \$5277663.60 (cinco millones doscientos setenta y siete mil seiscientos sesenta y tres pesos 60/100

M.N.) para mil contenedores de residuos sólidos urbanos, \$15 900 000.00 (quince millones novecientos mil pesos 00/100 M.N.) para 10 camiones recolectores de RSU, \$7 414 249.86 (siete millones cuatrocientos catorce mil doscientos cuarenta y nueve pesos 86/100 M.N.) para la planta de separación y transferencia de RSU en Villa La Venta, \$7 000 000.00 (siete millones de pesos 00/100 M.N.) para la planta de separación de RSU en Huimanguillo, lo que resulta en un total de \$38 851 913.00 (treinta y ocho millones ochocientos cincuenta y un mil novecientos trece pesos 00/100 M.N.).<sup>11</sup>

En la siguiente sección se identifican los beneficios tanto cualitativos como cuantitativos que la implementación del proyecto brindará a la población de Huimanguillo.

### **Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios**

Los beneficios asociados a los proyectos de RSU se clasifican como: *beneficios intangibles, difíciles de cuantificar y valorar y beneficios de fácil cuantificación y valoración*. Los primeros se refieren a *i)* mejoramiento de la imagen urbana, *ii)* disminución de la contaminación, *iii)* reducción y eliminación de malos olores, *iv)* prevención y disminución de enfermedades, *v)* disminución de fauna nociva, *vi)* disminución de la erosión de la tierra y *vii)* reducción de la probabilidad de incendios en los sitios de disposición final.

Respecto a este tipo de beneficios, destaca el incremento de la cobertura asociado a una reducción de los costos de mantenimiento, sin embargo, aquí únicamente se presentan los beneficios por cobertura. Para demostrar los efectos del proyecto respecto de su situación actual y optimizada, es necesario mostrar el alcance de cobertura de la generación per cápita del municipio respecto de la situación inicial. Para ello, en el Cuadro 9 se muestra el incremento en la cobertura de recolección que se lograría con el proyecto.

Como se muestra, para el año 2016 se recolectarán 63 853 toneladas de RSU, lo que representa el 83 % de la generación anual, mientras que en las condiciones actuales, dada la infraestructura y el equipamiento, es posible recolectar apenas 50 645 toneladas (66 %). Resulta evidente que, a pesar de la implementación del proyecto, la recolección no será suficiente; sin embargo, es posible detectar que se mejorará el servicio de recolección mediante el incremento de la cobertura y el aumento en su calidad.

---

<sup>11</sup> Los costos de operación y mantenimiento son variables y están en función de la tasa de inflación que se registre en cada año del periodo de evaluación (millones de pesos de 2014). Las cantidades ingresadas a las plantas de separación de La Venta y Huimanguillo corresponden a 15 y 85 % del total de la recolección con proyecto del municipio. Esto, a su vez, estará en función del comportamiento demográfico del municipio. El costo de operación y mantenimiento de la planta de separación de RSU es de \$13 758 963.00 (trece millones setecientos cincuenta y ocho mil novecientos sesenta y tres pesos 00/100 M.N.) y de la estación de transferencia de \$1 062 752.00 (un millón sesenta y dos mil setecientos cincuenta y dos pesos 00/100 M.N.); ambas se ubicarán en el mismo predio en Villa La Venta, pero su operación será independiente.

### Cuadro 9. Comparativo de recolección en el municipio de Huimanguillo, 2013-2019. Situación sin y con proyecto

Año	Generación total de RSU* (toneladas)	Recolección sin proyecto** (toneladas)	Recolección con proyecto*** (toneladas)
2013	65 700	43 800	56 896
2014	69 655	45 972	59 127
2015	73 109	48 252	61 444
2016	76 735	50 645	63 853
2017	80 540	53 156	66 356
2018	84 534	55 793	68 957
2019	88 726	58 559	71 660

\* La generación diaria de RSU es el producto de la generación per cápita (kg/persona/día) y la población total del municipio de Huimanguillo.

\*\* La recolección sin proyecto es el 66 % de la generación de RSU en el municipio.

\*\*\* La recolección con proyecto corresponde al 86 % de la generación derivada del aumento de la cobertura debido a la adquisición de nuevas unidades recolectoras.

Fuente: elaboración propia.

Respecto a los beneficios de fácil cuantificación y valoración, se tienen: *i*) ahorro de tiempo, es decir, reducción del tiempo que las personas destinan para deshacerse de los residuos; *ii*) disminución de costos de traslado, ya que si se cuenta con una mejor ubicación de las instalaciones e infraestructura para la recolección, transportación, reciclaje y disposición final de los residuos, se reducirán considerablemente el consumo de combustible, el desgaste de las unidades recolectoras y la ocupación de mano de obra; *iii*) reaprovechamiento de materiales de desecho, debido a que al separar y categorizar los residuos es posible reciclar materiales como vidrio, plástico o cartón, y *iv*) valor de rescate, porque al final de la vida útil de cada tipo de bienes (plantas separadoras, de transferencia, camiones recolectores, contenedores), estos se consideran activos totalmente depreciados, sin embargo, si se desean vender, tienen un valor.

Una vez que se identificaron los diversos beneficios del proyecto es necesario cuantificar aquellos que son cuantificables: *i*) disminución en los costos de traslado de RSU, *ii*) valor de rescate y *iii*) reaprovechamiento de materiales de desecho.

#### Disminución en los costos de traslado de RSU

Los beneficios del ahorro en costos de traslado se presentan en la planta de separación de RSU en Huimanguillo y en la planta de separación y transferencia en Villa La Venta. En ambos casos, se

cuantifica el ahorro de combustible, lubricante, refacciones y desgaste de los vehículos recolectores, así como el ahorro de tiempo de los operadores (sueldos y salarios). En el Cuadro 10 se presenta un comparativo de los costos de traslado que se suscitarían en una u otra situación.

**Cuadro 10. Ahorro de costos de traslado, millones de pesos, 2013-2035**

Año	Costos de traslado en la situación sin proyecto	Costos de traslado en la situación con proyecto	Ahorros en costos de traslado
2013	10001088	9940279	60809
2014	10392130	10328943	63187
2015	10778717.4	10713180.2	65537
2016	11179685.7	11111710.5	67975
2034	21234493.1	21105382.3	129111
2035	21984070.7	21850402.3	133668

Fuente: elaboración propia.

Como se mencionó, el proyecto permitirá lograr ahorros del orden del 6 %, lo que implica que para 2016 se logrará un ahorro de \$67975.00 (sesenta y siete mil novecientos setenta y cinco pesos 00/100 M.N.) como resultado de la disminución de costos de mantenimiento y desgaste de las unidades con las que se contaba y del mínimo desgaste y mantenimiento de las nuevas. Por otro lado, como beneficio por valor de rescate se considera el terreno donde se construirán las plantas de separación y de transferencia, ya que estas se pueden vender al término de la vida útil del proyecto, en el año 2035, al mismo costo de oportunidad considerado, es decir, \$3260000.00 (tres millones doscientos sesenta mil pesos 00/100 M.N.) por ambas.

En cuanto al reaprovechamiento de materiales provenientes de los RSU, los beneficios que se obtienen por separar los residuos es que estos pueden ser reutilizados en distintos procesos productivos como se muestra en seguida. Los materiales separados para reutilización son plástico (PET), vidrio, cartón y papel y metales cuya cuantificación se realiza en función del número de toneladas de cada uno de los materiales y se valora de acuerdo con los precios de mercado. En el Cuadro 11 se muestran los ingresos por concepto de venta de materiales separados para reciclaje.

Como se puede apreciar, en el año 2015 se construirán y adquirirán los diferentes componentes del proyecto, por lo que los beneficios asociados a la separación de residuos se reflejarán

**Cuadro 11. Beneficios por concepto de venta de materiales para reciclaje, pesos de 2014, 2015-2035**

Año	2015	2016	2017	2018	2034	2035
<b>Reaprovechamiento de materiales sin proyecto</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Reaprovechamiento de materiales con proyecto (toneladas)</b>	0	12 771	13 271	13 791	38 272	39 773
<b>Plástico, PET (toneladas * precio)</b>	0	22 348 518	23 224 579	24 134 983	66 976 811	69 602 302
<b>Cartón y papel (toneladas * precio)</b>	0	11 493 523	11 944 069	12 412 277	34 445 217	35 795 470
<b>Vidrio (toneladas * precio)</b>	0	957 794	995 339	1 034 356	2 870 435	2 982 956
<b>Metales: aluminio (toneladas * precio)</b>	0	8 939 407	9 289 832	9 653 993	26 790 724	27 840 921
<b>Importe de venta de los materiales reciclables (\$)</b>	0	43 739 241	45 453 820	47 235 609	131 083 187	136 221 648

Fuente: elaboración propia.

hasta el primer año de operación de las plantas de separación.<sup>12</sup> De manera que en 2016 se obtendrán ingresos por concepto de venta de materiales para reciclaje por \$43 739 241.48 (cuarenta y tres millones setecientos treinta y nueve mil doscientos cuarenta y un pesos 48/100 M.N.), cantidad superior a la que se obtendría de no llevarse a cabo el proyecto, además de que se acortaría la vida útil del sitio de disposición final.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Los precios por kilo de PET fueron obtenidos de un documento de la asociación ambientalista Ecología y Compromiso Empresarial (ECOCE, 2014), los precios del aluminio, cartón y papel, de un reportaje de El Heraldo de León cuyo nombre es “La basura es un gran negocio”, de 2014 y, finalmente, el precio del vidrio se obtuvo de una publicación de El Universal, de 2009.

<sup>13</sup> Cabe destacar que durante los primeros cinco años del periodo de evaluación (2016-2020), se estima que habrá un reaprovechamiento del 20 % de los RSU debido al proceso de aprendizaje y adaptación. Para el periodo 2021-2025, el porcentaje de separación de RSU será del 25 %. Por lo tanto, se calcula que para 2026 las plantas de separación y de transferencia trabajarán a su máxima capacidad, es decir, con un reaprovechamiento de materiales recolectados del 30 %.

Por último, para medir la rentabilidad del plan desde el punto de vista social se calcularon los indicadores VAN y TIR en un horizonte de evaluación de 21 años, es decir, de 2015 a 2035, considerando el primer año como el año de construcción.<sup>14</sup>

Es conveniente mencionar que para medir la rentabilidad del presente proyecto se consideraron como costos aquellos que se generarán con la adquisición de los componentes, así como el valor de venta/rescate del predio donde se construirán las plantas de separación, esto únicamente para el primer año. A partir del año dos, es decir, el periodo 2016-2035, se consideraron como costos los que se generan por la operación y el mantenimiento de los componentes del proyecto.

Para el caso de los beneficios, se observa que para 2015 no se tienen beneficios porque es el año de ejecución del proyecto, sin embargo, para el periodo 2016-2034 los beneficios estimados serán los relativos a ahorros en costos de traslado y el importe ganado por concepto de venta de materiales para reciclaje. Para el último año del horizonte de evaluación, los beneficios son los mismos que en años anteriores y se considerará, además, el precio de venta o rescate del predio donde se establecerán las plantas de separación y el precio de venta de los camiones recolectores.

El resultado obtenido de los cálculos de los indicadores de rentabilidad fueron un VAN de \$173 793 960.16 (ciento setenta y tres millones, setecientos noventa y tres mil novecientos sesenta pesos 16/100 M.N.) con un periodo de evaluación a 21 años, y también muestra que el proyecto es rentable socioeconómicamente, ya que se tiene una TIR de 30 %.

Respecto al análisis de sensibilidad, se realizaron variaciones sobre el monto total de los costos, específicamente de los costos de operación y mantenimiento. Dicha variación osciló  $\pm 10\%$  y los resultados muestran que: *i*) con un incremento de 10 % en los costos de operación y mantenimiento, el VAN se reduce a \$133 890 622.00 (ciento treinta y tres millones ochocientos noventa mil seiscientos veintidós pesos 00/100 M.N.) y la TIR disminuye a 24 %; *ii*) con una disminución de 10 % en los costos de operación y mantenimiento, el VAN se incrementa a \$213 697 298.33 (doscientos trece millones seiscientos noventa y siete mil doscientos noventa y ocho pesos 33/100 M.N.) y la TIR aumenta a 36 %.

De acuerdo con lo anterior, el proyecto, aun con variaciones del  $\pm 10\%$ , es rentable en términos sociales, ya que se observa, en general, que ante variaciones en los costos de operación y mantenimiento se obtiene un VAN positivo y que la TIR es superior a la tasa social de descuento del 10 %.

<sup>14</sup> Para establecer los criterios de rentabilidad del proyecto se utilizó la tasa de descuento de 10 % que estipula la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP, 2012), considerada como el costo de oportunidad de los recursos. Por ser una evaluación socioeconómica, se consideran los siguientes supuestos: *i*) se cuenta con la totalidad del dinero para ejecutar el plan y no existe préstamo alguno y, en consecuencia, tasas de interés de mercado, *ii*) los precios son constantes a lo largo de todo el proyecto y *iii*) no se toman en cuenta los impuestos en el análisis por ser considerados como transferencias, ya que una vez que el sector público cobra esos impuestos, los gasta en bienes y servicios a la sociedad.

## Conclusiones y reflexiones finales

El proyecto denominado “Manejo integral de residuos sólidos urbanos, Huimanguillo, Tabasco” representa una oportunidad para mejorar las condiciones de vida y aumentar el bienestar de la población de este municipio tabasqueño. Los principales beneficios asociados al proyecto son: *i*) reducción de los costos de traslado de RSU, *ii*) aumento de la cobertura de recolección de residuos, *iii*) reducción de costos de mantenimiento de camiones recolectores y *iv*) obtención de ingresos por concepto de venta de materiales para reciclaje. En otras palabras, el plan en mención aumentará la eficiencia del servicio de recolección y ayudará a reducir el déficit de cobertura para los habitantes del municipio gracias al aumento de unidades de recolección, entre otros aspectos.

De acuerdo con la información arrojada por esta investigación, se sugiere realizar la adquisición y construcción de los componentes del proyecto. Con base en la evaluación socioeconómica, se desprenden los resultados del cálculo de los indicadores de rentabilidad que avalan la puesta en marcha de este plan el cual es socialmente rentable con un VAN de \$173 793 960.16 (ciento setenta y tres millones, setecientos noventa y tres mil novecientos sesenta pesos 16/100 M.N.) y una TIR de 30 %. Todo ello confirma la viabilidad del proyecto.

## Implicaciones y limitaciones académicas

Desde el punto de vista académico el presente trabajo ha pretendido contribuir al estudio de la evaluación y presentación de un plan de manejo integral de RSU en el municipio de Huimanguillo en el estado de Tabasco. Al respecto, conviene señalar que en los pocos trabajos empíricos sobre manejo de RSU se tiende a emplear técnicas cualitativas, descriptivas o narrativas. En nuestro caso, se utiliza la aplicación de la metodología de evaluaciones socioeconómicas<sup>15</sup> con el fin de obtener información sobre los requisitos o antecedentes necesarios para la preparación y formulación de una iniciativa de inversión de proyectos en el sector ambiental en Tabasco.

A pesar de que esta técnica puede carecer de poder predictivo, es un procedimiento válido para seleccionar, desde la perspectiva de la evaluación de proyectos, aquellas variables que guardan ciertas relaciones significativas con la oferta y demanda de un servicio público. Asimismo, se ha intentado desarrollar un trabajo riguroso en relación con la aplicación de la técnica de costo-beneficio. En este sentido, somos conscientes de las limitaciones y oportunidades de mejora, por ejemplo, en el nivel conceptual los resultados han planteado algunas cuestiones que exigen el

<sup>15</sup> El tipo de evaluación socioeconómica está en función del monto asignado para los proyectos, por lo que estas evaluaciones pueden ser fichas técnicas y análisis costo-beneficio. Las evaluaciones de difícil identificación y cuantificación de beneficios pueden ser análisis costo-eficiencia y, con base a la calidad y cantidad de información de las fuentes, evaluaciones a nivel perfil, prefactibilidad y factibilidad de los proyectos de infraestructura económica, social y gubernamental y edificaciones.

estudio de otras variables que no fueron analizadas en este trabajo y que podrían mejorar el conocimiento sobre la formulación y presentación de un proyecto de RSU tales como factores exógenos que podrían influir en los costos y que no pueden predecirse y calcularse. Entre estos factores se consideran cambios repentinos en los precios del equipamiento o de los terrenos, modificaciones en el horizonte de tiempo, quejas o desventajas que los hogares o usuarios señalan acerca del servicio en el municipio, un análisis comparativo de diferentes alternativas de evaluar el manejo de RSU con otros municipios o ciudades del estado, entre otros.

## Referencias

- Banco de México (2014). “Encuesta sobre las expectativas de los especialistas en economía del sector privado, enero de 2014”. México, 6 de febrero de 2014. URL: <http://www.banxico.org.mx/dyn/informacion-para-la-prensa/comunicados/resultados-de-encuestas/expectativas-de-los-especialistas/index.html>
- Bernache, Gerardo (2015). “La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales”. En *Sociedad y Ambiente*, 1 (7).
- Bernache, Gerardo (2006). *Cuando la basura nos alcance: el impacto de la degradación ambiental*. México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS).
- Bernache, Gerardo, Bazdresch, Miguel, Cuellar, José Luis y Moreno, Francisco (1998). *Basura y metrópoli*. México: El Colegio de Jalisco/CIESAS/ITESO.
- Buenrostro, O. y Bocco, G. (2003). Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives. *Resources Conservation & Recycling*, 39.
- Burnley, S.J. (2007). A review of municipal solid waste composition in the United Kingdom. *Waste Management*, 27.
- Cabrero, Enrique (2002). *Premio Gobierno y Gestión Local 2001. Innovación en gobiernos locales: un panorama de experiencias municipales en México*. México: Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE)/Fundación Ford (FF)/Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal (INAFED).
- Cabrero, Enrique (2003). *Premio Gobierno y Gestión Local 2002. Gobiernos locales trabajando: un recorrido a través de programas municipales que funcionan*. México: CIDE/FF/INAFED.
- Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Nación (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Diario Oficial de la Federación. México, 8 de octubre de 2003.
- Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) (2008). *Metodologías para la evaluación de proyectos de residuos sólidos urbanos*. México: Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C.

- Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2010). “Proyecciones de la población 2010-2050”. URL: <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones>
- Corral, Verdugo (2003). Situational and personal determinants of waste control practices in northern Mexico: a study of reuse and recycling behaviors. *Resources Conservation & Recycling*, 39.
- Ecología y Compromiso Empresarial (ECOCE) (2014). “DOECOCE, Aniversario”. URL: <http://ecoce.mx/pdf/Informe-Ecoce-Aniversario.pdf>
- Jiménez, Rebeca (2009) “Precios de materiales reciclables se desploman”. El Universal. México, 12 de febrero de 2009. URL: <http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad/94097.html>
- Gobierno de la República (2013). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Diario Oficial de la Federación. México, 20 de mayo de 2013. URL: <http://pnd.gob.mx>
- Guillén, Tonatiuh, López, Pilar y Rojo, Pablo (2006). *Premio Gobierno y Gestión Local 2005. Municipio y buen gobierno: experiencias del ímpetu local en México*. México: CIDE/Secretaría de Gobernación (SEGOB)/El Colegio de la Frontera Norte (COLEF).
- Gutiérrez, Víctor (2006). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). URL: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/495.pdf>
- Redacción El Herald del Bajío (2014). “La basura es un gran negocio”. Herald del Bajío. México, 1 de abril de 2014. URL: <http://heraldodelbajio.com/la-basura-es-un-gran-negocio/>
- HR Ratings (2012). *Escenarios macroeconómicos para México: una rápida visión del futuro*. México.
- Instituto Nacional de Ecología (INE) (2012). “Anexo III. Descripción y cálculo de indicadores generales”. URL: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/344/anexo3.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2013). “Estadística básica sobre medio ambiente, datos de Tabasco”. Villahermosa, Tabasco. URL: [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2013/aegpef\\_2013.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2013/aegpef_2013.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2013). “Estadísticas a propósito del día mundial del medio ambiente”. Villahermosa, Tabasco. URL: <http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2015/turismo0.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2014). “Residuos Sólidos Urbanos. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2011”. URL: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=21385>
- Jiménez, Nancy (2015). “La basura clave de Sol: instrumento de acción pública y regulación política de los residuos sólidos urbanos en México 2003-2014”. En *Sociedad y Ambiente*, 1 (7).
- López, Gaspar (2008). “La generación de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Centro, Tabasco”. URL: [http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab/ediciones/26/08\\_La%20generacion%20de%20residuos%20solidos.pdf](http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab/ediciones/26/08_La%20generacion%20de%20residuos%20solidos.pdf)

- Morales, Marta (2000). *La participación ciudadana en las nuevas administraciones municipales*. México: Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.
- Nas, Salim. y Bayram, Adem (2007). Municipal solid waste characteristics and management in Gümüşhane, Turkey. *Waste Management*. doi:10.1016/j.wasman.2007.09.039.
- Ojeda-Benitez, Sara, Armijo, Carolina y Ramírez-Barreto, M. Elizabeth (2003). Characterization and quantification of household solid wastes in a Mexican city. *Resources Conservation & Recycling*, 39.
- Ojeda-Benitez, Sara y Beraud-Lozano, José Luis (2003). The municipal solid waste cycle in Mexico: final disposal. *Resources Conservation & Recycling*, 39.
- Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Tabasco 2013-2018 (PLED) (2013). URL: <http://pled.tabasco.gob.mx/content/plan-estatal-de-desarrollo-2013-2018-0>
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) (2014). “Estimación del costo de oportunidad del capital para proyectos de inversión pública”. URL: [http://www.hacienda.gob.mx/EGRESOS/ppi/tasa\\_social\\_bibli/resumen\\_banco\\_mundial\\_soberana.pdf](http://www.hacienda.gob.mx/EGRESOS/ppi/tasa_social_bibli/resumen_banco_mundial_soberana.pdf)
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) (2012). “Lineamientos para la determinación de la información que deberá contener el mecanismo de planeación de programas y proyectos de inversión”. URL: <http://www.shcp.gob.mx/LASHCP/MARCOJURIDICO/PROGRAMASYPROYECTOSDEINVERSION/Paginas/lineamientos.aspx>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2012). “Informe de la situación del medio ambiente en México, compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave y de desempeño ambiental”. México. URL: [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/pdf/Cap0\\_docs\\_previos.pdf](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap0_docs_previos.pdf)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2014). “Informe de la infraestructura para el manejo de residuos sólidos en Tabasco”. URL: <http://saladeprensa.semarnat.gob.mx/index.php/noticias/1970-semarnat-fortalece-infraestructura-para-manejo-de-residuos-solidos-en-tabasco>

Recibido: 19 de agosto de 2015

Aceptado: 11 de febrero de 2016

Editora asociada: Griselda Escalona Segura