

Estimación de costos de recolección selectiva y clasificación de residuos con inclusión de organizaciones de recicladores

Herramienta de cálculo y estudios de caso
en América Latina y el Caribe

Magda Correal
Andrea Laguna

División de Agua y Saneamiento

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-01433

Estimación de costos de recolección selectiva y clasificación de residuos con inclusión de organizaciones de recicladores

Herramienta de cálculo y estudios de caso en América Latina y El Caribe

Magda Correal
Andrea Laguna

Mayo 2018

Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo

Correal, Magda.

Estimación de costos de recolección selectiva y clasificación de residuos con inclusión de organizaciones de recicladores: herramienta de cálculo y estudios de caso en América Latina y El Caribe / Magda Correal, Andrea Laguna.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1433)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Refuse collection-Latin America-Costs. 2. Recycling (Waste, etc.)-Latin America-Costs. I. Laguna, Andrea. II. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Agua y Saneamiento. III. Título. IV. Serie.

IDB-TN-1433

Palabras clave : residuos sólidos, reciclaje inclusivo, recicladores de base, América Latina y el Caribe

Códigos JEL : Q25, Q53, Q58

<http://www.iadb.org>

Copyright ©2018 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0

Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



ESTIMACIÓN DE COSTOS DE RECOLECCIÓN SELECTIVA Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS CON INCLUSIÓN DE ORGANIZACIONES DE RECICLADORES

HERRAMIENTA DE CÁLCULO
Y ESTUDIOS DE CASO
EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Magda Correal
Andrea Laguna

 **IRR** Iniciativa Regional para
el Reciclaje Inclusivo



Contenido

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN | 6 |
| GLOSARIO | 10 |
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA | 12 |
| SUPUESTOS | 14 |
| MÉTODO DE CÁLCULO | 15 |
| 1. Definición de recursos | |
| 2. Dimensionamiento de la recolección y el transporte | |
| 3. Dimensionamiento de los centros de acopio | |
| 4. Estimación de costos | |
| 5. Estimación de ingresos | |
| 6. Estimación del balance entre ingresos y costos | |
| RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA | 28 |
| BIBLIOGRAFÍA | 32 |
| ANEXOS | 33 |
| Anexo 1. Cálculo de los parámetros de recolección y transporte | 34 |
| Anexo 2. Cálculo de los parámetros de clasificación y embalaje | 36 |
| Anexo 3. Aplicación de la herramienta en la Ciudad 4 | 37 |
| Anexo 4. Estudio de caso de la ciudad 1 | 52 |
| Anexo 5. Estudio de caso de la ciudad 2 | 56 |
| Anexo 6. Estudio de caso de la ciudad 3 | 60 |
| Anexo 7. Estudio de caso de la ciudad 5 | 65 |
| Anexo 8. Estudio de caso de la ciudad 6 | 71 |
| Anexo 9. Estudio de caso de la ciudad 7 | 76 |
| Anexo 10. Estudio de caso de la ciudad 8 | 81 |

Lista de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Escenarios de cálculo en la herramienta | 6 |
| Tabla 2: Características de cada uno de los estudios de caso | 8 |
| Tabla 3: Escenarios | 13 |
| Tabla 4: Información requerida en el modelo | 16 |
| Tabla 5: Escenarios de análisis | 18 |
| Tabla 6: Características de los equipos (valores de referencia) | 20 |
| Tabla 7: Valores de referencia para operación y mantenimiento | 21 |
| Tabla 8: Categorización de centros de acopio | 22 |
| Tabla 9: Parámetros de referencia para determinar cantidades de maquinaria, equipo, personal operativo y áreas por tipo de centro de acopio | 22 |
| Tabla 10: Área del centro de acopio de acuerdo con su capacidad | 23 |
| Tabla 11: Eficiencia de personal por tipo de centro de acopio | 25 |
| Tabla 12: Información de recolección y transporte | 39 |
| Tabla 13: Estimación de parámetros en la Ciudad 4. | 40 |
| Tabla 14: Datos utilizados para el dimensionamiento del centro de acopio | 41 |
| Tabla 15: Inversiones en cada centro de acopio | 44 |
| Tabla 16: Composición de los materiales reciclables | 52 |
| Tabla 17: Composición de los materiales reciclables | 56 |
| Tabla 18: Composición de los materiales reciclables | 60 |
| Tabla 19: Composición y densidad de los materiales reciclables | 66 |
| Tabla 20: Composición de los materiales reciclables | 72 |
| Tabla 21: Composición de los materiales reciclables | 77 |
| Tabla 22: Composición de los materiales reciclables | 82 |

Lista de Ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1: Procedimiento de cálculo de la herramienta | 15 |
| Ilustración 2: Centro de acopio en Colombia | 24 |
| Ilustración 3: Resultados para cada uno de los estudios de caso | 29 |
| Ilustración 4: Composición de los materiales reciclables (peso) | 37 |
| Ilustración 5: Formulario de asignación de recursos de la inversión (hoja Datos prestador) | 38 |
| Ilustración 6: Variables y parámetros | 42 |
| Ilustración 7: Formulario de asignación de costos laborales (hoja Datos recicladores) | 43 |
| Ilustración 8: Costos variables y fijos de la clasificación, acopio y embalaje | 44 |
| Ilustración 9: Gastos de administración y costo de capital del prestador | 46 |
| Ilustración 10: Precios de los materiales reciclables diligenciados en la herramienta (USD/ton) | 44 |
| Ilustración 11: Resumen de recursos de la recolección y transporte | 46 |
| Ilustración 12: Recursos para la separación, clasificación, acopio y embalaje. | 47 |
| Ilustración 13: Resultado por escenario | 47 |
| Ilustración 14: Distribución de costos | 49 |
| Ilustración 15: Resultados para la organización de recicladores USD/año | 49 |
| Ilustración 16: Resultados para el prestador de limpieza urbano | 50 |
| Ilustración 17: Comparación de resultados | 51 |
| Ilustración 18: Datos de inversiones | 51 |

Resumen

Dadas las carencias de infraestructura para la recolección y el tratamiento de los residuos sólidos domiciliarios generados en América Latina¹, la recuperación de materiales reciclables tiene una gran importancia en la disminución de residuos que se dirigen a los rellenos sanitarios y otros sitios de disposición final. Sin embargo, la recuperación de materiales reciclables se lleva a cabo mayormente en la región mediante esquemas informales y procesos carentes de tecnología.

El esquema predominante en la región consiste en la recuperación de materiales reciclables por parte de recicladores de base que, de manera independiente, recolectan materiales en la vía pública o en el sitio de disposición final y los comercializan con intermediarios, quienes, a su vez, los comercializan con intermediarios mayoristas o con la industria procesadora de material reciclable.


Ante esta situación, en el marco de la Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo (IRR), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) desarrolló una herramienta que tiene por objetivo estimar los costos de esquemas de recolección, transporte, clasificación y embalaje de materiales reciclables con diferentes niveles de inclusión de organizaciones de recicladores (en la recolección y transporte selectivo, por un lado, y en la clasificación, acopio y embalaje, por otro) e identificar los costos e ingresos de estos esquemas.

La herramienta fue diseñada para ser empleada por los municipios (como responsables de asegurar la prestación del servicio y quienes en muchos casos aportan recursos económicos y supervisan la prestación), las organizaciones de recicladores y los prestadores de servicios de limpieza urbana.

La herramienta, además, considera cuatro escenarios que varían según la participación de las organizaciones de recicladores de base. Estos escenarios consideran que la recolección y el transporte son actividades aparte de la clasificación, acopio y embalaje, y que por tanto pueden ser llevadas a cabo por actores distintos. En la tabla 1² se resume la participación de los actores de acuerdo con cada escenario.

Tabla 1: Escenarios de cálculo en la herramienta

| Actividad | Escenario | | | |
|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Línea base | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 |
| Recolección y transporte selectivo | Prestador de limpieza urbana | Organización de recicladores | Prestador de limpieza urbana | Organización de recicladores |
| Clasificación, acopio y embalaje | Prestador de limpieza urbana | Prestador de limpieza urbana | Organización de recicladores | Organización de recicladores |



MAYOR FORMALIDAD MENOR FORMALIDAD

¹ De acuerdo con BID (2015), en América Latina y el Caribe la cobertura de recolección en promedio es 89,9%, mientras que la cobertura en disposición final es de 55%.

² La situación actual en la región muestra que, a mayor grado de participación de recicladores, mayor es el grado de informalidad del esquema (de acuerdo con lo ilustrado por la dirección de la flecha bajo la tabla). Sin embargo, como se ilustrará en este documento, recientemente se han desarrollado esquemas del tipo escenario 3 que son formales, dado que los recicladores de base son remunerados por el municipio o vía tarifa por la prestación de todos los servicios (recolección y transporte selectivo, clasificación, acopio y embalaje).

En estos escenarios, el usuario tiene la opción de asignar la fuente de recursos al prestador de limpieza urbana, la organización de recicladores o el municipio. Además, puede elegir y analizar un solo escenario o varios de ellos.

Por otra parte, en la herramienta es posible estimar un esquema existente (formal o informal) o realizar la planificación de un nuevo esquema para la recolección, transporte y clasificación de materiales reciclables, considerando las particularidades de cada esquema. Para el análisis de un esquema existente, el usuario debe llevar a cabo un levantamiento de la información de su operación para completar las variables requeridas por los formularios de información de la herramienta. Dichas variables corresponden a la cantidad de materiales reciclables a manejar, el tipo de vehículos a utilizar (que pueden ser mecanizados o de tracción humana), la distancia que se debe recorrer, el tipo de separación de residuos (mecanizada o manual), entre otras.

Para cada una de estas variables, la herramienta presenta datos de referencia que fueron establecidos a partir de información aportada por organizaciones de recicladores, proveedores de tecnología y entidades estatales de 5 países de América Latina, durante el desarrollo de la herramienta de cálculo que acompaña esta nota técnica. Así, cuando el usuario no cuenta con información suficiente para realizar el cálculo, puede utilizar los datos de referencia para evaluar su esquema.

Los resultados detallan la cantidad de recursos físicos (vehículos, maquinaria y equipos) y humanos (operarios, supervisores, etc.) requeridos y el costo de los mismos, por año y por tonelada.

Adicionalmente, los resultados se presentan para el escenario general y por tipo de actor. En el escenario general, se asume que un solo actor realiza la actividad, por tanto, se suman los costos y los ingresos y se evalúa si es un esquema financieramente viable, independientemente de quién aporte los recursos. Por su parte, de acuerdo con el actor, la herramienta evalúa si los ingresos de cada uno cubren los costos que está asumiendo; excepto en el caso del municipio, ya que el mismo solo aporta recursos y no recibe ingresos, así que en su caso solo se mostrarán costos.

Para corroborar la validación de los cálculos al interior de la herramienta, su facilidad de uso y la confiabilidad de los resultados, se realizó un ejercicio piloto en 7 municipios de 5 países de América Latina (se aclara que en uno de los municipios se evaluaron 2 localidades distintas). Los resultados de estos casos de estudio se presentan en los anexos 1 a 8.

El estudio piloto permitió calcular los costos actuales de diferentes esquemas de manejo de materiales reciclables, a partir de lo cual los participantes identificaron aspectos en los que es posible realizar mejoras en la eficiencia, el rendimiento y la utilización de la capacidad instalada, teniendo en cuenta las diferencias significativas respecto a los valores de referencia. De igual forma, en aquellas ciudades donde se empleó la herramienta para evaluar los esquemas que se planean implementar, permitió verificar si las inversiones, recursos y costos proyectados son adecuados para el manejo de las cantidades de residuos a recuperar.

La herramienta permite evidenciar que establecer una remuneración por concepto de servicios de recolección selectiva y clasificación de residuos permitirá mejorar la viabilidad y sostenibilidad de la actividad para las organizaciones de recicladores que prestan el servicio. Igualmente, se concluye que en todos los casos donde existen aportes por parte del municipio o a través de la tarifa del servicio, las actividades de los recicladores pueden cubrir sus costos.

Finalmente, se concluye que la herramienta sirve como instrumento de planeación y negociación en el momento en que existan iniciativas privadas o públicas para implementar o establecer cambios en los sistemas de recolección de residuos mixtos y materiales reciclables.

Tabla 2: Características de cada uno de los estudios de caso

| Actividad | Ciudad 1 | Ciudad 2 | Ciudad 3 | Ciudad 4 |
|--|--|---|---|---|
| Población (miles) | 8.000 | 344 | 237 | 1.620 |
| Producción de residuos (ton/año) | 2.555 | 146 | 114 | 526 |
| Residuos considerados en esquema reciclaje (ton/año) | 40.405 | 360 | 1.680 | 2.280 |
| Cobertura esquema de reciclaje | 64% | 1% | 4% | 55% |
| Recolección y transporte | OR | OR | OR | PSLU |
| Clasificación, acopio y embalaje | OR | OR | OR | OR |
| Ingresos | Comercialización del material Tarifa del servicio | Comercialización del material Aportes del municipio en planta física | Comercialización del material Aportes del municipio en planta física | Comercialización del material Aportes del PSLU en planta física y salarios |

Fuente: Elaboración propia.

OR: Organización de recicladores. PSLU: Prestador del servicio de limpieza urbana.

Tabla 2: Características de cada uno de los estudios de caso (cont.)

| Actividad | Ciudad 5 | Ciudad 6 | Ciudad 7 | Ciudad 8 |
|--|--|--|--|--|
| Población (miles) | 331 | 101 | 92 | 1.336 |
| Producción de residuos (ton/año) | 172 | 22 | 18 | 432 |
| Residuos considerados en esquema reciclaje (ton/año) | 1.193 | 1.500 | 1.180 | 3.789 |
| Cobertura esquema de reciclaje | 2% | 92% | 18% | 3% |
| Recolección y transporte | PSLU | OR | OR | PSLU |
| Clasificación, acopio y embalaje | OR | OR | OR | PSLU |
| Ingresos | Comercialización del material Aportes del PSLU en planta física | Comercialización del material Aportes monetarios del municipio Aportes monetarios del estado | Comercialización del material Aportes monetarios del estado | Comercialización del material Pagos del municipio Aportes del municipio en planta física |

Fuente: Elaboración propia.

OR: Organización de recicladores. PSLU: Prestador del servicio de limpieza urbana.

GLOSARIO

Alistamiento: Procesos llevados a cabo sobre los materiales reciclados recuperados, para mejorar su aspecto, agruparlos según composición física y facilitar su transporte.

Centro de acopio: Es una instalación en la que se desarrollan labores de separación, clasificación, acopio y embalaje de materiales reciclables, mediante procesos manuales o mecanizados.

Centros de clasificación, embalaje y acopio: lugares donde se separan los residuos por tipo y calidad de material para mejorar su aspecto y agregarlo en volumen, se compacta para que ocupe menos espacio, y así poder comercializarlo a un mejor precio.

Disposición final: Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en diversos tipos de sitios e instalaciones.

Material reciclable: Son materiales que después de servir a su propósito original, tienen propiedades por las cuales pueden ser reutilizados o transformados en nuevos productos.

Organización de recicladores (o de recicladores de base o de oficio): Una organización de recicladores puede tomar varias formas:

Grupo informal: recicladores que sostienen reuniones y cuentan con líderes reconocidos, sin tener una entidad legalmente constituida, o que están en proceso de formalización.

Asociación: La constitución de una persona jurídica con un nombre, estatuto, estructura organizacional definida, funcionarios electos, cuota de membresía, etc., estructurada de varias formas (las particularidades pueden definirse mediante talleres y sesiones de capacitación donde se informa a los recicladores, quienes dialogan y eligen entre varias opciones).

Cooperativa: Una cooperativa implica una forma de trabajo de carácter colectivo, con gestión y beneficios compartidos y un enfoque en la organización del trabajo.

Cooperativa de venta: Una alternativa a la total colectivización del trabajo del reciclador; este arreglo permite la agregación y venta al por mayor de materiales reciclables recolectados, manteniendo la independencia de los recicladores en cuanto a la recuperación.

Sindicato/gremio: Asociación con un énfasis en el logro, mantenimiento o defensa de los derechos de los trabajadores. Su utilidad depende en gran medida del marco legal nacional y los beneficios comparativos que ofrece.

PyME: Pequeñas empresas con trabajo y métodos de pago no cooperativo, sea de residuos y reciclaje o en otros sectores.

Reciclador (o segregador) de base (o de oficio): Un trabajador, usualmente no reconocido como tal, que realiza la recuperación, separación, limpieza, recolección, transporte, transformación y/o venta de materiales reciclables en el flujo de residuos. Otros términos utilizados en la región incluyen: ciruja, recuperador, cartonero y excavador (Argentina); catador y chepeiro (Brasil); cartonero, cachurero, chatarrero y recolector (Chile); basuriego, costalero, zorrero, botellero (Colombia); minador y chambero (Ecuador).

Reciclaje informal: La recuperación, separación, limpieza, recolección, transporte, transformación y/o venta de materiales reciclables en el flujo de residuos sólidos, realizada de manera no reconocida por las autoridades responsables por el manejo de residuos. Generalmente realizada por actores sociales excluidos.

Reciclaje formal: La recuperación, separación, limpieza, recolección, transporte, transformación y/o venta de materiales reciclables en el flujo de residuos sólidos realizado directamente por el organismo encargado del servicio municipal de aseo urbano y/o por una empresa o institución autorizada por las autoridades responsables por el manejo de residuos, la cual recibe una remuneración por los servicios prestados.

Recolección y transporte selectivo: Actividad de recoger los residuos en cada una de las viviendas o domicilios de un municipio y su traslado hasta un centro de clasificación y acopio.

Residuos (o desechos) sólidos urbanos: Residuos sólidos o semisólidos provenientes de las actividades propias de los núcleos poblacionales en general, que incluyan los residuos de origen domiciliario, comercial, de servicios, institucional, de mercados, hospitalarios comunes o no peligrosos, los generados en las oficinas de las industrias, en el barrido y limpieza de calles y áreas públicas, en podas de plantas de calles, plazas y jardines públicos.

Saca: Recipiente generalmente de lona en el que se acopian materiales reciclables. Se le conoce también como bolsón, maxisaca o globo.

Sector formal de manejo de residuos sólidos: Conformado por actores que participan en las actividades de gestión de residuos sólidos planificadas, patrocinadas, financiadas, realizadas, reguladas y/o reconocidas por las autoridades locales formales o sus agentes, por lo general a través de contratos, licencias o concesiones.

Separación en la fuente (o separación en el origen): Acciones tomadas para mantener y almacenar ciertos materiales por separado a los residuos mezclados en el punto de generación.

Tarifa: Valor a pagar por la unidad del servicio prestado, la cual se establece con base en el costo del mismo, con o sin subsidio municipal.

INTRODUCCIÓN

En América Latina se estima que existen aproximadamente 1,5 millones de recicladores informales y solo el 2,2% de los residuos sólidos urbanos generados son recuperados en esquemas formales (BID, 2015). En general, se carece de infraestructura para el aprovechamiento y la valorización de los residuos y en algunos municipios se subutiliza la tecnología existente.

Frente a esta situación, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en el marco de la Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo (IRR), desarrolló una herramienta que permite calcular los ingresos, costos e inversiones de las actividades de recolección selectiva, clasificación y acopio de materiales reciclables, para distintos escenarios que contemplan la inclusión de los recicladores de base. De esta forma, la herramienta facilita la ejecución de las tareas de planeación, formulación y evaluación de proyectos, a cargo de las autoridades municipales, las organizaciones de recicladores y los prestadores del servicio de limpieza urbana, para la implementación o el fortalecimiento de la actividad de aprovechamiento de residuos reciclables.

Durante el año 2016 se realizó un estudio piloto de aplicación de esta herramienta en algunas ciudades de América Latina, con el fin de verificar la exactitud del cálculo y facilidad de uso de la herramienta. A partir de los resultados del estudio, se realizaron ajustes y se obtuvo la versión final de la hoja de cálculo que acompaña esta nota técnica. En este documento se describe la herramienta, los supuestos sobre los cuales se llevan a cabo los cálculos, la metodología para el dimensionamiento de recursos y la estimación de inversiones, costos e ingresos. En los anexos se presentan casos de aplicación en las ciudades que fueron objeto del piloto.

Se hace un especial reconocimiento a las organizaciones de recicladores que colaboraron en la construcción de esta herramienta, así como los prestadores del servicio de recolección de residuos y los ministerios y organizaciones estatales que aportaron información y conocimiento para el desarrollo de la misma.

DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA

La herramienta consiste en una hoja de cálculo de Excel que permite calcular los ingresos, costos e inversiones de las actividades de recolección, transporte, clasificación, acopio y embalaje de materiales reciclables, bajo distintos escenarios de participación de los recicladores de base. La herramienta les permite a los municipios, a las organizaciones de recicladores y a los prestadores del servicio de limpieza urbana estimar los recursos y costos de un esquema existente o proyectado (ya sea formal o informal) y compararlos de acuerdo con distintas formas de participación de los recicladores de oficio. Dentro de la herramienta se incluye una hoja con un ejemplo, el cual puede servir de orientación para el uso futuro por parte de nuevos usuarios.

En la herramienta, se considera la participación de tres actores dentro de la cadena de recolección, transporte y clasificación de materiales reciclables: las organizaciones de recicladores, los prestadores del servicio de limpieza urbana (quienes realizan la recolección, transporte y/o clasificación, embalaje y acopio de residuos reciclables) y la municipalidad, que puede asumir compromisos de aporte de recursos o financiación de las distintas actividades.

Los escenarios se diferencian según el tipo de actor que desarrolla la actividad, tal como se describen a continuación y se resumen en la tabla 3:

- En el escenario *línea base* se asume que tanto la recolección como la operación de los centros de acopio están a cargo del prestador del servicio de limpieza urbana de la ciudad, que puede ser de carácter público o privado. En los cálculos de referencia, se supone que el prestador, al tener mayor capital y capacidad de endeudamiento, adquiere mayor tecnología que le implica contratar menor cantidad de operarios.

- En el *escenario 1*, la recolección de los residuos reciclables la realizan las organizaciones de recicladores, mientras que la operación del centro de acopio está a cargo del prestador de limpieza urbana. En los cálculos de referencia de la herramienta, la organización de recicladores utiliza distintos tipos de recolección, incluida aquella que se lleva a cabo a partir de vehículos de tracción humana —como se explicará con detalle posteriormente—, mientras que en el centro de acopio se maneja mayor tecnología para los distintos procesos.
- En el *escenario 2*, la recolección de residuos es llevada a cabo por el prestador de limpieza urbana y el centro de acopio operado por la organización de recicladores. Los cálculos de referencia de la herramienta apuntan a que el prestador emplea vehículos de tracción mecanizada para la recolección, y los recicladores realizan los procesos en el centro de acopio de forma semimecanizada o manual.
- En el *escenario 3* se supone que la recolección y la operación del centro de acopio está a cargo de las organizaciones de recicladores. En el mismo sentido de los escenarios anteriores, los valores de referencia asignan a la organización de recicladores distintos tipos de vehículos, incluyendo aquellos de tracción humana y el centro de acopio manejado a través de tecnología manual o semimecanizada.

Tabla 3: Escenarios

| Actividad | Escenario | | | |
|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Línea base | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 |
| Recolección y transporte selectivo | Prestador de limpieza urbana | Organización de recicladores | Prestador de limpieza urbana | Organización de recicladores |
| Clasificación, acopio y embalaje | Prestador de limpieza urbana | Prestador de limpieza urbana | Organización de recicladores | Organización de recicladores |

Fuente: Elaboración propia.

Si bien estos escenarios suponen que cada actor invierte y opera la actividad que respectivamente realiza, la herramienta permite que el usuario asigne la financiación de distintos tipos de costos (v.gr. inversión, operación y mantenimiento, laborales y administrativos) a entidades distintas. En otras palabras, el usuario puede señalar que la inversión, por ejemplo, de una embaladora está a cargo del municipio o que los vehículos de la recolección son aportados por el prestador de limpieza urbana, lo cual impacta los resultados de cada actor.

Como se mencionó anteriormente, la herramienta cuenta con valores de referencia que facilitan su uso en dos sentidos: (i) para que el usuario compare los resultados de su proyección o esquema existente y realice ajustes sobre su información; y, (ii) dadas las dificultades de recolección de datos sobre los esquemas de reciclaje, el usuario puede utilizar los valores de referencia para

complementar la información. Al respecto, se destaca que el modelo no cuenta con valores de referencia de salarios ni precio del combustible, dada la alta dispersión de estas variables en los diferentes países de la región³.

Dichos valores de referencia fueron estimados a partir de observación de los procesos en sistemas de recolección y centros de acopio y de información otorgada por organizaciones de recicladores y prestadores del servicio de limpieza urbana. Específicamente, durante la etapa de diseño y desarrollo de la herramienta, se visitaron 5 esquemas de manejo de materiales reciclables, en los que se adelantaron actividades de observación y entrevista para identificar las capacidades de vehículos más utilizados, los tiempos demandados diferenciados entre recolección manual y mecanizada y la cantidad de personal requerido. También se verificó el tiempo que toma la clasificación y el embalaje de distintos materiales (de manera manual, mecanizada y semimecanizada) en los centros de acopio y se calculó el área necesaria para cada centro de acopio. Posteriormente, con base en los datos tomados, se solicitaron cotizaciones a diversos proveedores de tecnología para establecer los precios de referencia de la misma.

La información anterior fue posteriormente validada y ajustada con los resultados obtenidos en 8 ciudades de América Latina, donde se llevó a cabo un piloto de aplicación de la herramienta.

SUPUESTOS

La herramienta de cálculo fue construida bajo los supuestos que se describen a continuación:

- **Los materiales reciclables se recogen de forma separada de los residuos no reciclables.**

La herramienta se enfoca en el manejo de residuos reciclables, por lo que no se considera maquinaria y equipo para tratar residuos como la fracción húmeda u orgánica. En los países de América Latina debe tenerse en cuenta que los recicladores de base realizan la labor de separación en el origen y que los gobiernos locales están destinando recursos para promover la separación de los residuos en la fuente. De esta forma, la calidad de la separación en la fuente puede reflejarse en la herramienta a través del porcentaje de rechazo y el precio de venta del desecho.

- **Del total de residuos reciclables recogidos, existe una fracción que no es aprovechable y por tanto se descarta, por lo cual se denomina “rechazo”⁴.**

En la sección de datos, el usuario cuenta con un espacio para indicar el porcentaje de los residuos reciclables que no puede ser comercializado y que por tanto se rechaza. Al respecto, el usuario puede indicar en la herramienta el valor por tonelada del servicio de recolección y disposición final de la fracción de rechazo, en caso de que aplique.

- **El consumo de combustible de los vehículos motorizados en la etapa de recolección es mayor al de la etapa de transporte.**

La actividad de recolección de residuos implica mayores desgastes en los vehículos debido a la aceleración y desaceleración constante. Nguyen & Wilson (2010) encontraron que en la recolección selectiva los vehículos emplean más del 60% del combustible, sobre el total de combustible utilizado en un trayecto.

3 Véase en el anexo tercero, las imágenes para el diligenciamiento de información en la que aparece una columna con el título Ref.

4 Véase, en el anexo tercero, la ilustración 6

- El tiempo de viaje es el resultado de la sumatoria del tiempo de recolección, el tiempo de transporte de ida y regreso hasta el centro de acopio, del tiempo de alistamiento del vehículo y del tiempo de descargue de los residuos.

El equipo empleado para la recolección se detiene en cada punto de recolección hasta completar su capacidad de carga total; una vez se ha llenado completamente inicia el transporte hasta el centro de acopio.

- La cantidad de supervisores se determina en función de la cantidad requerida de operarios de recolección.

El usuario de la herramienta puede indicar la cantidad de supervisores a emplear por cada 20 operarios o recicladores. Si el usuario no indica este valor, el modelo asume un supervisor por cada 20 operarios.

Cuando la recolección selectiva la realiza un actor distinto al que realiza la clasificación y acopio, el modelo permite considerar que el operador del centro de acopio paga un *precio de compra por los materiales reciclables* al operador de recolección.

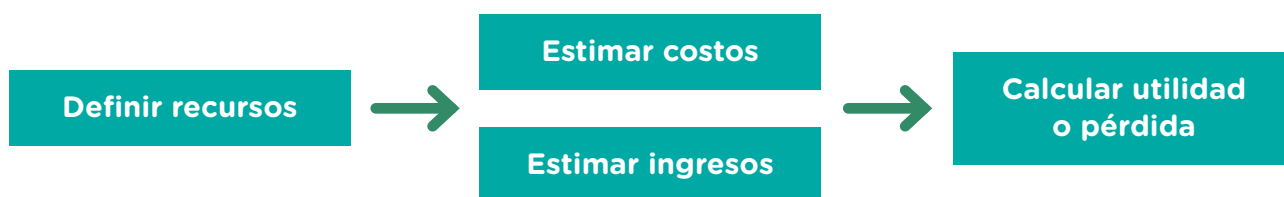
Los vehículos de tracción manual no emplean *conductor*, sino únicamente un operario por vehículo en cada turno.

En los municipios de América Latina, usualmente existen diferentes formas de recolección de los residuos; por ejemplo, a las unidades residenciales multifamiliares se les recolecta únicamente con vehículos motorizados con capacidades de 2 o 3 toneladas, mientras que a las viviendas que no están agrupadas se les recolecta con vehículos de tracción manual con vehículos con capacidad de menos de 500 kg. No obstante, en la herramienta únicamente es posible evaluar, en cada ejercicio, los costos de recolección de un solo tipo de recolección. Por lo anterior, el usuario debería seleccionar el tipo de recolección con el que más cantidad de material recoge, o hacer la estimación en distintos archivos de Excel para cada tipo de recolección.

MÉTODO DE CÁLCULO

El procedimiento que la herramienta lleva a cabo consiste en cuatro etapas, que se ilustran a continuación. En primer lugar (ver secciones 1 a 3), a partir de la cantidad de residuos reciclables a recolectar y de los valores asignados en los parámetros de entrada se determina la cantidad de recursos a emplear (v.gr. vehículos, personal, centros de clasificación y acopio, maquinaria y equipo, etc.); posteriormente (ver secciones 4 y 5) se estiman los ingresos y costos de la actividad; y, finalmente (ver sección 6), se comparan los ingresos con los costos para determinar si la actividad genera utilidad o pérdida.

Ilustración 1: Procedimiento de cálculo de la herramienta



Fuente: Elaboración propia.

Para hacer uso de la herramienta, el usuario debe diligenciar la información solicitada en las siguientes pestañas:

- **Datos generales** (hoja *datos generales*).

Información sobre la ubicación, la moneda de cálculo (dólar o local), los escenarios escogidos, la cantidad, composición y densidad de los materiales reciclables. Sobre la cantidad de residuos a recoger, el usuario tiene tres opciones: (i) indicar las cantidades a manejar; (ii) estimarla a partir de su esquema de recolección mixto; o (iii) estimarla a partir de la producción per cápita. Una vez el usuario selecciona un país, el modelo indica una composición típica de los residuos tomada de los datos del Banco Mundial (2012). Adicionalmente muestra datos de referencia de la densidad (m³/tonelada) de los materiales reciclables, que fueron tomados a partir de literatura académica.

- **Datos para organizaciones de recicladores** (hoja *datos recicladores*):

En esta hoja, el usuario diligencia la información sobre las actividades que desarrollan las organizaciones de recicladores y que será empleada como información de entrada para la modelación, según el escenario escogido y los ingresos, tal como se detalla en la tabla 4.

- **Datos para prestadores de limpieza urbana** (hoja *datos prestador*):

En esta hoja, el usuario diligencia la información sobre las actividades que desarrolla el prestador y que será empleada como información de entrada para la modelación, según el escenario escogido y los ingresos, tal como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4: Información requerida en el modelo

| Tipo | Información solicitada |
|---|--|
| Información para el cálculo de los costos de recolección y transporte selectivo | Parámetros de cálculo: variables empleadas para calcular la cantidad de operarios, conductores, supervisores, vehículos y combustible. |
| | Cantidades existentes: cantidad de operarios, conductores, supervisores, vehículos y combustible de una situación real a modelar. En este caso no debe diligenciarse la información requerida en los “Parámetros de cálculo”, es decir, es excluyente el diligenciamiento de la casilla anterior y viceversa. |
| | Costos de inversión: precio de un vehículo tipo o equipo de recolección. |
| | Costos de personal: precio por empleado de los salarios, aportes legales y extralegales, dotación, capacitación y bienestar. |
| | Costos variables: precio unitario del combustible y valor mensual del mantenimiento por vehículo. |
| | Costos fijos: valor mensual de gastos como seguros, impuestos, lavado, parqueadero y similares, correspondientes a un vehículo tipo. |

Tabla 4: Información requerida en el modelo (cont.)

| Tipo | Información solicitada |
|---|--|
| Información para el cálculo de la clasificación, acopio y embalaje. | <p>Capacidad del centro de acopio: El usuario puede indicar la cantidad de centros de acopio a emplear, con base en lo cual el modelo calculará la capacidad mínima necesaria de cada centro de acopio que permita manejar la cantidad total de residuos a modelar. Alternativamente, el usuario puede indicar la capacidad de un centro de acopio a modelar, en este caso el modelo calculará la cantidad de centros de acopio necesaria e indicará la capacidad excedente.</p> |
| | <p>Información laboral general: cantidad de operarios, que puede ser calculada por el modelo a partir de los rendimientos (cantidad de residuos que un operario o reciclador clasifica y embala en su turno de trabajo). Alternativamente, el usuario puede indicar la cantidad total de operarios o recicladores que trabajarán en un centro de acopio. Igualmente, debe indicar los turnos y días en que se labora.</p> |
| | <p>Costos de inversión: cantidad de maquinaria y equipo necesaria para un centro de acopio y el precio unitario de la misma.</p> |
| | <p>Costos de personal: precio de los salarios, aportes legales y extralegales, dotación, capacitación y bienestar de un trabajador.</p> |
| | <p>Costos variables: valor para la operación por cada tonelada (alambre de tensión, costo de la energía eléctrica, entre otros); y valor unitario del mantenimiento por equipo.</p> |
| | <p>Costos fijos: valor mensual de arriendo y gastos como seguros, impuestos (movilidad de los vehículos, impuesto al valor agregado, predial, entre otros), lavado, parqueadero y similares, para un centro de acopio.</p> |
| Información para el cálculo de los gastos de administración y capital de trabajo | <p>Gastos de administración: Porcentaje de los costos totales de ambas actividades que es considerado para llevar a cabo las tareas administrativas como la contabilidad, compras e inventario, manejo de recursos humanos, control de calidad, gerencia y similares.</p> |
| | <p>Costo de capital: tasa que representan los costos de financiación de las actividades, por lo cual incluye tanto la tasa a la cual un tercero (v.gr. banco) le presta dinero a quien realiza la actividad de reciclaje como la tasa de retorno o rentabilidad esperada por el inversionista (en aquellos casos diferentes a entidades sin ánimo de lucro). En términos financieros, se emplea el WACC, por sus siglas en inglés, que significa el costo promedio ponderado del capital.</p> |
| | <p>Ciclo de efectivo: los días que transcurren entre el momento en que se realiza incurre en el pago de obligaciones, proveedores y empleados y el momento en que se recibe los ingresos de la actividad.</p> |

Tabla 4: Información requerida en el modelo (cont.)

| Tipo | Información solicitada |
|---|--|
| Información para el cálculo de los ingresos | Precios de venta del material: los valores se diferencian entre el precio que paga el centro de acopio y el precio que paga la industria cuando le compra al centro de acopio. Cuando se lleva a cabo la actividad por un mismo actor, únicamente se diligenciará los precios que paga la industria, mientras que los precios que paga el centro se consideran igual a 0. |
| | Tarifa por manejo de residuos: en aquellas ciudades donde la población o el municipio pagan por la prestación de la actividad de recolección selectiva o la recolección que realizan los recicladores, se registra el precio por tonelada, el cual puede diferenciarse entre el precio por la recolección y transporte y el precio por la clasificación, acopio y embalaje; de acuerdo con esta diferenciación, cada actor recibe el precio por tonelada según la actividad que lleve a cabo, en el escenario escogido. |
| | Remuneración adicional: En aquellos casos donde el municipio, con cargo a su presupuesto, otorga una remuneración a los recicladores de base por su labor, este valor se registra en esta sección del modelo. |

Fuente: Elaboración propia.

1. Definición de recursos

Se entiende por recursos la cantidad de vehículos, personal (operarios, recicladores, conductores, supervisores, coordinadores), equipos y maquinaria, área de terreno para los centros de acopio e insumos necesarios para desarrollar cada actividad.

Los recursos se determinan con base en los datos de entrada (*Datos recicladores* y *Datos prestador*), tales como la cantidad de materiales reciclables a recoger y los parámetros que indique el usuario. Alternativamente, si el usuario de la herramienta conoce previamente la cantidad de recursos a emplear, puede diligenciarla para modelar un escenario en funcionamiento. De esta forma, la herramienta permite evaluar tres posibles escenarios de análisis, a saber: una situación real donde se conoce la cantidad total de recursos empleados (“esquema existente”), un escenario teórico o de planificación (“esquema teórico”) y un escenario que se ha denominado “de referencia”, el cual se obtiene de utilizar los valores de referencia del modelo.

Tabla 5: Escenarios de análisis

| Tipo de esquema | Información solicitada |
|-----------------------|--|
| Esquema existente | El usuario puede ingresar las cantidades del equipo, maquinaria y personal que presenta en su esquema actual de manejo de residuos reciclables, en la sección <i>Información operativa</i> de la hoja <i>Datos recicladores</i> y <i>Datos prestador</i> . |
| Esquema teórico | El usuario indica el valor de los parámetros solicitados en la hoja <i>Datos recicladores</i> y <i>Datos prestador</i> con el fin de que la herramienta calcule la cantidad de recursos necesarios. |
| Esquema de referencia | El usuario utiliza los valores de referencia para los parámetros específicos y con base en los mismos el modelo calcula la cantidad de recursos necesaria, estimada según las visitas. |

Fuente: Elaboración propia.

2. Dimensionamiento de la recolección y el transporte

Componente de inversión

En este componente, la inversión corresponde a los vehículos que se utilizan para la recolección y el transporte de materiales hasta el centro de acopio. En la herramienta se consideran tres tipos de recolección, con distintos tipos de vehículos:

- **Vehículo motorizado mediano o pequeño** (opciones distintas); Se supone que un vehículo de entre 0,5 y 3 toneladas de capacidad.
- **Equipo de tracción manual**: Se refiere a vehículos sin motor, tales como triciclos, contenedores móviles, costales, fundas o similares.
- **Combinación de equipo de tracción manual con camión**. Un operario recolecta los residuos reciclables vivienda por vivienda, y los traslada hasta un punto en el cual un vehículo motorizado de mayor capacidad los recoge para transportarlos hasta el centro de acopio.

En las visitas piloto se hizo un estudio de métodos y tiempos. Se acompañaron las rutas, verificando el tiempo y la distancia que le tomaba a un vehículo llenar su capacidad, teniendo en cuenta la cantidad de operarios con que contaba y verificando cuánto combustible se gastaba el vehículo desde la salida hasta la llegada. Posteriormente, en el centro de acopio se levantó la información del tiempo de descarga de un vehículo. Esta información fue validada con ocho organizaciones de recicladores a las que se les remitió un cuestionario. Por último, con la información recabada, se solicitó cotizaciones a distintos proveedores de camiones y vehículos de tracción humana, para obtener un valor promedio del costo. Los datos recolectados son los siguientes:

Tabla 6: Características de los equipos (valores de referencia)

| Aspecto | Vehículo motorizado pequeño | Vehículo motorizado mediano | Equipo de tracción manual |
|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Capacidad efectiva (ton) | 0,50 | 3,50 | 0,25 |
| Capacidad efectiva (m ³) | 6,25 | 43,00 | 3,12 |
| Tiempo de recolección (horas)* | 0,48 | 3,45 | 2,00 |
| Tiempo de alistamiento (horas)* | 0,33 | 0,33 | 0,17 |
| Tiempo en sitio de descarga (horas) | 0,25 | 0,33 | 0,17 |
| Porcentaje de equipos de respaldo | 10% | 10% | 10% |
| Vida útil de los equipos (años) | 1 | 12 | 2 |
| Velocidad (km/hr) de recolección | 6,00 | 8,00 | 4,00 |
| Velocidad (km/hr) de transporte | 42,00 | 42,00 | 10,00 |
| Valor (USD) por vehículo | 7.300 | 29.200 | 360 |

* El tiempo de recolección y alistamiento se diferencia por vehículo, ya que entre mayor es la capacidad, y dependiendo de la velocidad, requiere mayor tiempo para su llenado. En la herramienta se asume que los vehículos sólo van hasta el centro de acopio una vez se ha llenado su carga total.

Fuente: Elaboración propia.

La herramienta estima los recursos para la recolección y el transporte con base en la cantidad de materiales reciclables, la capacidad de los vehículos, el tiempo que toma realizar una ruta de recolección y la distancia al centro de acopio, el detalle de estos cálculos puede observarse en el Anexo 1.

Componente de inversión

En este componente, la inversión corresponde a los vehículos que se utilizan para la recolección y el transporte de materiales hasta el centro de acopio. En la herramienta se consideran tres tipos de recolección, con distintos tipos de vehículos:

Componente de operación y mantenimiento, costos fijos y personal

En la herramienta se consideran dentro de los costos de operación el consumo de combustible, calculado a partir de la cantidad de viajes que realiza el vehículo y el costo de mantenimiento. Por otra parte, los costos fijos se estiman como un porcentaje de la inversión y por último, costos de personal. Los valores de referencia para cada tipo de vehículo son los de la Tabla 7:

Tabla 7: Valores de referencia para operación y mantenimiento

| Aspecto | Vehículo motorizado pequeño | Vehículo motorizado mediano | Equipo de tracción manual |
|---|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Número de operarios de recolección por vehículo | 1 | 2 | 1 |
| Número de conductores por vehículo | 1 | 1 | - |
| Consumo (gal/km) | 0,05 | 0,08 | - |
| Consumo (gal/hr) | 2,10 | 3,36 | - |
| Factor consumo de combustible en recolección* | 1,30 | 1,40 | - |
| Costo fijo | 1% | 1% | 1% |
| Mantenimiento | 8% | 8% | 2% |

* Se considera un factor sobre el consumo del transporte, ya que la aceleración y desaceleración del vehículo genera mayor consumo.

Fuente: Elaboración propia.

Al valor del personal, es importante anotar, que se contabiliza un supervisor por cada 20 operarios o recicladores.

3. Dimensionamiento de los centros de acopio

Para el centro de acopio, se adoptan tres categorías: manual, semimecanizado y mecanizado, que se diferencian en el grado de tecnificación. En la siguiente tabla se resumen las características de cada categoría de centro y en la tabla 9 se explica la integración de las tecnologías.

Tabla 8: Categorización de centros de acopio

| Cantidad de materiales por centro | Tipo de centro | Cantidad de turnos/día |
|-----------------------------------|----------------|------------------------|
| 1.500 ton/año o menos | Manual | 1 |
| Entre 1.501 y 40.000 ton/año | Semimecanizado | 2 |
| 40.001 ton/año o más | Mecanizado | 3 |

Fuente: Elaboración propia.

Componente de inversión:

- **Maquinaria y equipo en centros de acopio**

En la herramienta se establece una eficiencia y necesidad de implementación de tecnología para cada centro. Según lo observado durante las visitas de dimensionamiento y los ejercicios piloto, los recicladores llevan a cabo sus actividades en centros de acopio manuales o semimecanizados; en cambio, los prestadores de limpieza urbana operan en cualquiera de las tres categorías. Lo anterior obedece a que los centros mecanizados son intensivos en recursos de capital y requieren poca participación de personal, por lo que no es una opción asequible a las organizaciones de recicladores.

A partir de la toma de tiempos y solicitud de cotizaciones a proveedores de tecnología, se estimaron las necesidades de maquinaria y equipos de acuerdo con la cantidad de material a manejar. Estas estimaciones constituyen los valores de referencia para cada centro de acopio.

Tabla 9: Parámetros de referencia para determinar cantidades de maquinaria, equipo, personal operativo y áreas por tipo de centro de acopio

| Aspecto | Manual | Semimecanizado | Mecanizado |
|--|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Área mesa de clasificación (ton/día por m ²) | 0,20 | 0,80 | No aplica |
| Báscula manual | 1 por cada 3 ton/turno | 1 por cada 10 ton/turno | 0 |
| Báscula camionera | 0 | 1 por cada 40.000 ton/año | 1 por cada 40.000 ton/año |
| Rendimiento tolva de recepción (ton/turno por tolva)* | No aplica | 75 | 150 |
| Rendimiento embaladora/compactadora Manual (ton/turno por equipo)* | 6,80 | 6,80 | No aplica |

Tabla 9: Parámetros de referencia para determinar cantidades de maquinaria, equipo, personal operativo y áreas por tipo de centro de acopio (cont.)

| Aspecto | Manual | Semimecanizado | Mecanizado |
|---|-----------|--|--|
| Rendimiento minicargador (ton/turno por equipo) | No aplica | 50 | 50 |
| Longitud banda transportadora (1.2 m de ancho) | No aplica | 0,9 metros por cada operario de separación por turno | 10 metros por equipo más 4,2 metros por ton/hora |
| Capacidad de contenedores móviles (ton) | 0,25 | 0,25 | 0,50 |

* La eficiencia es mayor en el centro de acopio mecanizado, debido a que en el mismo hay maquinaria de separación que procesa el material más rápido que de forma manual.

Los valores de toneladas se refieren a la cantidad total que ingresa al centro de acopio.

El usuario puede usar estos valores de referencia o indicar las cantidades netas deseadas; sin embargo, debe tener en cuenta que estos cambios impactan en los costos.

● Área del centro de acopio

El área del centro de acopio depende de la cantidad de materiales reciclables y el grado de tecnificación, por lo que el valor de referencia se estima en función del espacio requerido para la maquinaria y equipos, los operarios y su área de movilidad. Así, a partir del método de mínimos cuadrados ordinarios, se determinó una ecuación que relaciona el área con la cantidad de toneladas diarias de material, de acuerdo con el tipo de centro de acopio.

Tabla 10: Área del centro de acopio de acuerdo con su capacidad

| Capacidad del centro | Áreas operativas | Áreas administrativas |
|--|--------------------------------|-------------------------|
| Manual | $Aa_p = 1,3 * ton_{mes}$ | $Ao_p = 10 + 2% * Aa_p$ |
| Semimecanizado | $Aa_m = 215 + 6,9 * ton_{día}$ | $Ao_m = 2% * Aa_m$ |
| Mecanizado menor o igual a 499.200 ton/año | $Aa_g = 317 + 6 * ton_{día}$ | $Ao_g = 2% * Aa_g$ |

Fuente: Elaboración propia.

Donde...

Aa_p : Área administrativa del centro de acopio manual.

Ao_p : Área operativa del centro de acopio manual.

Aa_m : Área administrativa del centro de acopio semimecanizado.

Aa_m : Área operativa del centro de acopio semimecanizado.

Aa_g : Área administrativa del centro de acopio mecanizado.

Ao_g : Área operativa del centro de acopio mecanizado.

Ilustración 2: Centro de acopio en Colombia

Como ejemplo, en este centro de acopio se tienen 218 m² de área para actividades administrativas, y 2.187 de área para acopio y separación de materiales m² para el manejo de 2.000 toneladas mensuales. Las actividades son principalmente manuales.

Componente de operación y mantenimiento, costos fijos y personal

El personal calculado depende del tipo de centro de acopio (tecnificación) y la cantidad de material. En la siguiente tabla se establece la eficiencia del personal para cada tipo de centro de acopio y en el Anexo 2 se detalla el método de cálculo.

Tabla 11: Eficiencia de personal por tipo de centro de acopio

| Aspecto | Manual | Semimecanizado | Mecanizado |
|--|-------------------|--|-------------------------|
| Rendimiento de clasificación (ton/turno) | 0,22 por operario | 2,43 + 1 por cada equipo de separación | 7,43 por línea |
| Cantidad de coordinadores por centro | 0 | 1 | 1 |
| Supervisor | 1 | 1 por cada 20 operarios | 1 por cada 20 operarios |

Con base en la cantidad de maquinaria, se asigna un operario para cada turno para su operación. Por su parte, los costos de mantenimiento se estiman a partir de un porcentaje de la inversión que corresponde a 5% mensual para el mantenimiento de la maquinaria y 2% mensual para el mantenimiento de las instalaciones. El costo de operación se estima en 1,82 USD/ton, para los tres tipos de centro de acopio, ya que básicamente estos costos están representados en el uso de las maxisacas y el alambre para el embalaje de las pacas.

4. Estimación de costos

Una vez el usuario ha diligenciado la información necesaria para determinar los recursos, el modelo estima los costos, por tonelada y por año. Para el cálculo de los costos por año el modelo emplea la siguiente ecuación:

$$C_{\text{año}} = \sum_{j=1}^J p_j * q_j + \sum_{j=1}^J w_j * l_j$$

Donde...

$C_{\text{año}}$: Costos totales por año

p_j : costo anual equivalente del equipo, maquinaria y otras inversiones y de los costos fijos y variables de operación, mantenimiento y administración e impuestos, del tipo j.

q_j : cantidad del equipo, maquinaria y demás insumos del tipo j.

w_j : salario de cada trabajador tipo j.

l_j : cantidad de trabajadores del tipo j.

Las inversiones en vehículos, maquinaria y equipo se anualizan a través de la función costo anual equivalente, que toma en cuenta el valor de la inversión, el plazo y la tasa de descuento (costo de capital) —que se solicita en las hojas *Datos recicladores* y *Datos prestador*— y la vida útil de cada uno de los respectivos vehículos, equipos o maquinaria.

El valor por tonelada se obtiene de dividir el costo total anual por la cantidad de residuos que se manejará durante todo el año, de la siguiente forma:

$$C_{\text{ton}} = \frac{C_{\text{año}}}{\text{Ton}_{\text{año}}}$$

Donde...

C_{ton} : costo por tonelada

$\text{Ton}_{\text{año}}$: toneladas manejadas en el año

Los gastos de administración y costos de capital son tasas que afectan a los costos calculados anteriormente, por lo cual la herramienta considera un porcentaje de gastos de administración respecto a los costos directos, el cual se emplea para ambas actividades.

5. Estimación de ingresos

Según la tabla 4, los ingresos pueden provenir de distintas fuentes: (i) por la venta del material, (ii) por la prestación del servicio y/o (iii) una remuneración adicional (solo para recicladores). Así, los ingresos se calculan de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$I_{\text{año}} = \left(\sum_{r=1}^R p_r * q_r \right) + \left(\sum_{s=1}^2 p_s * \text{Ton}_{\text{año}} \right) + \{ (p_t * \text{Ton}_{\text{año}}) + (p_p * l) \}$$

Donde...

$I_{\text{año}}$: Ingresos por año.

Los ingresos, como se mencionó anteriormente, se clasifican en:

Venta del material reciclable:

p_r : precio por tonelada del material de tipo r.

q_r : cantidades en toneladas del material de tipo r.

Remuneración por el servicio de manejo de residuos:

p_s : precio por tonelada del servicio (recolección y transporte o separación y clasificación)

Aportes adicionales:

por entes como el municipio, que pueden ser calculados como fijos (por reciclador) o variables (por tonelada).

p_t : precio por tonelada de la remuneración adicional.

p_p : remuneración adicional por reciclador laborando en el esquema de manejo de residuos reciclables.

l : cantidad de recicladores laborando en el esquema de manejo de residuos reciclables.

Los ingresos por tonelada se calculan en el mismo sentido que los costos por año, como la relación de los ingresos anuales divididos por la cantidad de residuos recogidos por año:

$$I_{ton} = \frac{I_{año}}{Ton_{año}}$$

De acuerdo con lo explicado anteriormente, el usuario tiene la posibilidad de indicar distintas fuentes de ingreso.

6. Estimación del balance entre ingresos y costos

El balance indica si los ingresos son suficientes para cubrir los costos de cada escenario y para cada actor. En el caso de cada escenario, la ecuación de cálculo es la siguiente:

$$\pi_{w_{año}} = I_{w_{año}} - C_{w_{año}}$$

Donde...

$\pi_{w_{año}}$: Utilidad o pérdida del escenario w al año. Donde w es 1, 2, 3 o 4; los ingresos corresponden a la suma de los obtenidos por todos los actores participantes en el modelo, de igual forma los costos.

Por su parte, el balance por tipo de actor se calcula de la siguiente forma:

$$\pi_{i_{año}} = I_{i_{año}} - C_{i_{año}}$$

Donde...

$\pi_{i_{año}}$: Utilidad o pérdida del actor i al año. Donde i: organización de recicladores

Los ingresos de acuerdo con el tipo de actor dependen de la actividad que desempeña. Así, quien lleva a cabo la recolección y el transporte recibe el pago de la tarifa por este servicio; el actor que se desempeña en el centro de acopio recibe los ingresos por la venta de material y la tarifa por este servicio; por último, los recicladores reciben la remuneración adicional. El balance del municipio será siempre negativo, toda vez que no recibe ingresos.

En los anexos 3 al 10 de este documento, se presentan los resultados de cada uno de los casos objeto de estudio. Se destaca que en el anexo 3 se incluye el estudio de caso de la ciudad 4 de forma detallada, y se incluyen algunas imágenes o pantallazos (v.gr. 'print screens') extraídos de la hoja de cálculo adjunta.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA

La herramienta fue aplicada en 7 ciudades de Latinoamérica y en 8 casos distintos en desarrollo del estudio piloto. En general, se observa que estos municipios y entidades públicas han hecho esfuerzos para integrar a la población recicladora a los esquemas de manejo de materiales reciclables, bien sea fortaleciendo con capital o recursos en especie a las organizaciones de recicladores, facilitando el acceso al material o generando puestos de trabajo. Sin embargo, en la mayoría de las ciudades de la muestra, las organizaciones de recicladores de base prestan el servicio de manera informal, ya que, a pesar de que los municipios colaboran de una u otra forma con estas organizaciones, no en todos los casos existen contratos o tarifas que garanticen un pago a las organizaciones o a sus miembros por los servicios prestados.

Se observó que los recicladores tienen permitido llevar a cabo la recuperación de materiales reciclables en la vía pública, excepto en una de las ciudades en la que el gobierno prohibió esta actividad, pero a cambio generó puestos de trabajo en centros de acopio (ciudad 8). Adicionalmente, se observó que en las ciudades de la muestra las actividades se llevan a cabo a través de organizaciones, lo que les permite mejorar sus condiciones de trabajo, ya que los líderes de las mismas negocian con entidades estatales o consiguen recursos a través de ONG y similares. No obstante, se evidencia que aún existen recuperadores que llevan a cabo la actividad de manera independiente, en condiciones precarias.

En la mayoría de los casos, los municipios, directamente o a través de sus empresas de recolección de residuos municipales, aportan a las organizaciones de recicladores espacios para la localización de centros de acopio y les dotan con alguna maquinaria (principalmente embaladoras). También, contribuyen entregándoles equipos motorizados para que la recolección se lleve a cabo de manera más eficiente, o incluso asignan jornadas a los vehículos y operarios que se emplean en la recolección de residuos mixtos. En todos los casos se observa que el municipio lleva a cabo campañas (aún precarias) para fomentar la separación en la fuente, de modo que los recicladores puedan captar mayores cantidades de materiales reciclables y de mejor calidad.

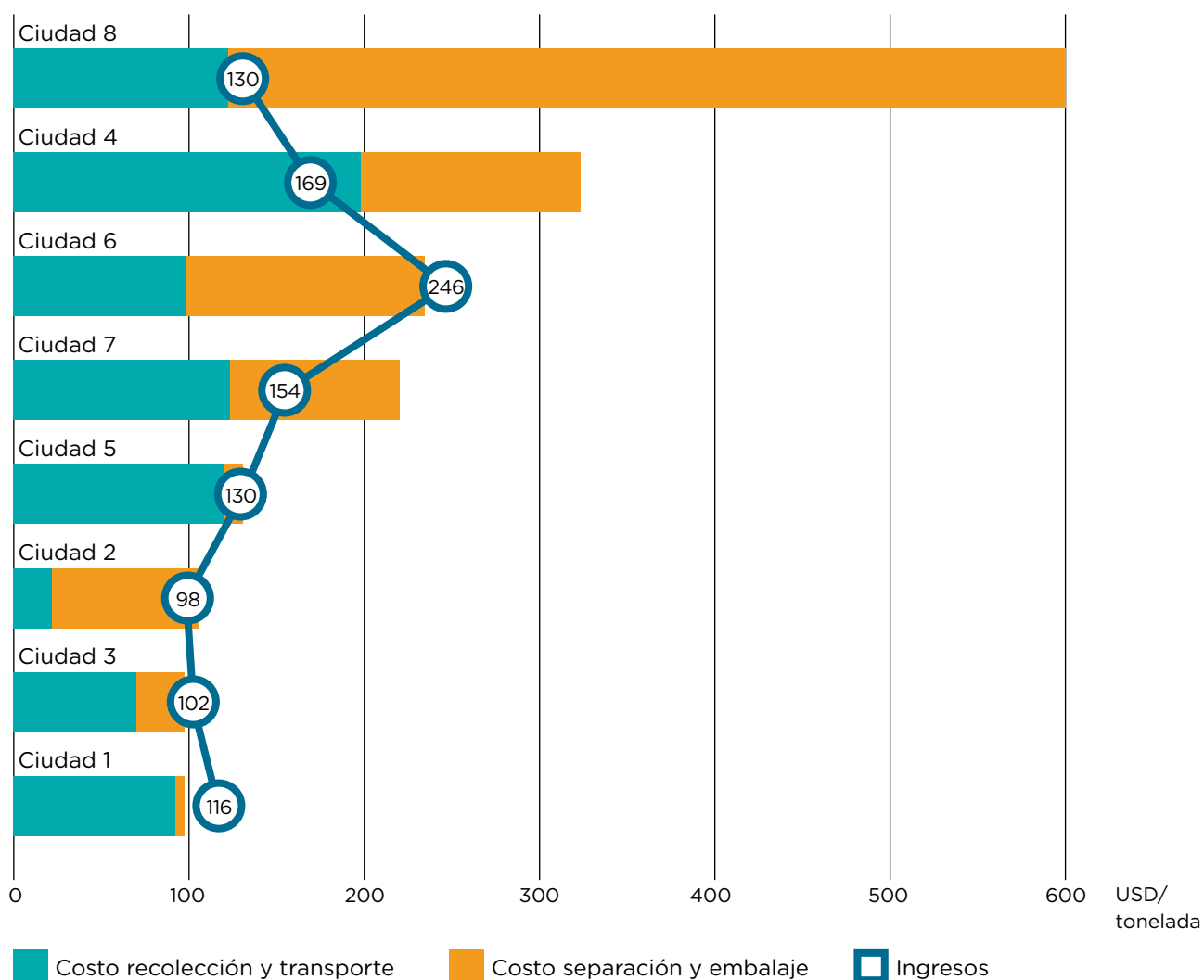
Los gobiernos federales o nacionales en la mayoría de los casos estudiados apoyan a los recicladores emitiendo normativa para que los municipios fortalezcan la actividad de los recicladores de base, o incluso requieren que se considere como una actividad de un servicio público y que, como tal, se remunere por parte de los habitantes. Dicha remuneración ha sido fundamental para mejorar la sostenibilidad financiera de las organizaciones de recicladores.

Se observó que las organizaciones de recicladores se han consolidado en el tiempo; aquellas con mayor antigüedad llevan a cabo una mejor gestión administrativa. Por otra parte, algunas tienden a especializarse en ciertos materiales, lo que les permite conseguir mayores eficiencias. Además, en la mayoría se observa que tienen una posición consolidada en el mercado, lo que les permite una alta rotación del material.

En las ciudades de la muestra, el escenario más usual fue el escenario tres, donde los recicladores se encargan de todas las actividades (recolección, transporte, clasificación, acopio y empaque). En la práctica, los esquemas de prestación de estos servicios en las ciudades se componen de diversas combinaciones de los escenarios propuestos por la herramienta. En algunos casos, la herramienta permitió modelar escenarios intermedios (como el caso de la ciudad 4, donde los recicladores realizan una primera recolección manual puerta a puerta, para después entregarle el material en puntos definidos a vehículos motorizados de la empresa municipal, que finalmente los lleva al centro de acopio). En otros casos se requiere que la herramienta se utilice de forma independiente para los diversos esquemas dentro de la misma ciudad (como es el caso donde la recolección se complementa con lo recibido en puntos verdes).

Con relación a la remuneración de la población recicladora, en cinco de los ocho casos estudiados, los recicladores reciben un salario o remuneración, que se deriva de los ingresos por la venta del material. En la ciudad 4 se paga un salario fijo a través de la empresa municipal de recolección de residuos mixtos. En la ciudad 8, los recicladores fueron empleados directamente (y no bajo la figura de una organización de recicladores) por las empresas privadas que tienen a cargo los centros de acopio del municipio. En otros dos casos (ciudades 6 y 7), las organizaciones reciben una remuneración del estado basada en la cantidad de material comercializado. Adicionalmente, en la ciudad 6 el municipio paga por el servicio que presta la organización, con base en el mismo precio por tonelada del servicio de recolección y transporte de residuos mixtos. Finalmente, en la ciudad 1 se paga una tarifa individual a los recicladores de base por la recolección, el transporte y la clasificación de los materiales en el centro de acopio, la cual proviene de la tarifa del servicio público de aseo que paga la población. En los demás casos, los recicladores establecen su salario como una distribución equitativa o por tonelada aportada de las ganancias por la comercialización del material.

Ilustración 3: Resultados para cada uno de los estudios de caso⁵



Fuente: Elaboración propia.

⁵ Las tasas de cambio utilizadas corresponden al promedio de la observada durante el año 2016.

Los resultados para cada uno de los estudios de caso se muestran en la ilustración 1. Los estudios de caso de las ciudades piloto consideran cantidades de desechos reciclables que fluctúan entre 360 y 40.405 toneladas por año. Los costos de recolección y transporte selectivo varían entre 22 USD y 197 USD⁶ por tonelada, y el costo de la clasificación y embalaje varía entre 5 USD y 474 USD. Esta alta dispersión de los resultados se explica principalmente por los costos laborales y la cantidad de personas empleadas en cada esquema, así como en las inversiones, el nivel de tecnificación y la cantidad de materiales de rechazo (no reciclables), entre otras. No se evidenció una correlación entre el tipo de escenario (y por ende sobre el grado de participación de los recicladores de base en los esquemas) y el nivel de cobertura de los costos.

Por ejemplo, en la ciudad 1, el esquema maneja una alta cantidad de metales ferrosos, los cuales requieren poco espacio de almacenamiento, lo que implica menores desplazamientos de transporte para la recolección de grandes volúmenes y menor área de almacenamiento en centros de acopio, lo que se traduce en menores costos de la actividad. Estos materiales tampoco requieren procesos de clasificación y embalaje, por lo que se requiere menor personal, factor que también reduce los costos finales. En contraste, en la ciudad 8, la recolección se realiza de manera mecanizada a partir de contenedores en los que los habitantes deben disponer los materiales reciclables. Sin embargo, se observó que los residentes depositan cualquier tipo de material que consideren reciclable, lo que genera que en los centros de acopio haya más de 50% de rechazo, lo que encarece significativamente el esquema.

En las ciudades 2 y 3, que corresponden a prediseños, se observa que los costos son bajos, ya que se plantean bajas inversiones y poca participación de personal, y los ingresos permitirían cubrir dichos costos. Sin embargo, en comparación con los datos de referencia, la cantidad de personal que se asume es muy baja, teniendo en cuenta que no se plantea la compra de tecnología para mecanizar los procesos. En las ciudades 4, 6 y 7 se observa que el costo es mayor a USD 200 por tonelada, ya que hay una alta participación de personal.

Se observa que a excepción de las ciudades 2, 4, 7 y 8, los demás casos tienen ingresos que les permiten cubrir el costo de los esquemas. Igualmente, se observa que los costos laborales tienen una alta participación dentro de los costos totales de la actividad. Si se suma la totalidad de los costos de los 8 estudios de caso, los costos laborales serían el 57% del total. Esta situación fue evidente en las ciudades 1, 4, 7 y 8.

La herramienta permitió identificar oportunidades de mejora en las ciudades estudiadas. En los estudios de caso de esquemas en operación se observa un alto grado de subutilización de la capacidad instalada en los centros de acopio, de los equipos y además una mayor cantidad de personal en la recolección a la requerida de acuerdo con las cantidades de residuos recuperados. La herramienta permitió evidenciar que con los recursos físicos y de personal actual, es posible incrementar las cantidades de material recuperado, con lo cual se optimizaría el uso de la capacidad instalada, se generarían mayores ingresos y en consecuencia se incrementaría la eficiencia y los resultados financieros del esquema.

Por otra parte, se observa que no hay una adecuada planificación con relación a la reposición de las inversiones, pues se utilizan durante periodos más largos que su vida útil y no se llevan a cabo provisiones para adquirir y reponer los equipos, lo que implica altos costos de mantenimiento. Por lo anterior se recomienda que, a través de fiducias o figuras similares, se recauden y provisionen estos dineros.

La principal fuente de ingresos de los esquemas proviene de la venta de los materiales reciclables, salvo en las ciudades donde se remuneran las actividades de reciclaje por vía de tarifa o mediante contrato con la municipalidad y en los dos municipios que cuentan con una bolsa de reciclaje, a

6 Las tasas de cambio, en valor por dólar, utilizadas fueron: Colombia 3.100 pesos, Uruguay 30 pesos, Brasil 3,38 reales y Chile 610 pesos. Estos valores corresponden a el promedio del año 2016.

través de la cual se da un pago adicional a los recicladores, con recursos provenientes del presupuesto estatal. No obstante, hay que destacar que en las ciudades donde no se remunera este servicio, los municipios directamente o a través de sus empresas prestadoras municipales han realizado aportes importantes en infraestructura, equipos, maquinaria, terrenos y mano de obra, que permiten a las organizaciones de recicladores obtener beneficios que distribuyen entre sus asociados. La herramienta permite evidenciar que establecer una remuneración por concepto de servicios de recolección selectiva y clasificación de residuos permite mejorar la viabilidad y sostenibilidad de la actividad.

El estudio piloto permitió calcular los costos actuales de diferentes esquemas de manejo de materiales reciclables. También permitió a los participantes identificar aquellos aspectos en los cuales hay diferencias significativas respecto a valores de referencia y en los cuales es posible realizar mejoras en las eficiencias, rendimientos y utilización de la capacidad instalada. De igual forma, en aquellas ciudades donde se empleó la herramienta para evaluar los esquemas que se planean implementar, permitió verificar si las inversiones, recursos y costos proyectados son adecuados para el manejo de las cantidades de residuos a recuperar.

Ahora bien, con relación a cada actor se observa en todos los casos que cuando existen aportes por parte del municipio o a través de la tarifa del servicio, las actividades de los recicladores pueden cubrir sus costos y obtener utilidades.

La herramienta sirve como instrumento de planeación y negociación en el momento en que existan iniciativas privadas o públicas para implementar o establecer cambios en los sistemas de recolección de residuos mixtos y materiales reciclables.

Se recomienda continuar desarrollando la herramienta de manera que permita emplear los resultados obtenidos para la evaluación financiera de los proyectos. Igualmente, en la medida en que se extienda su uso, podrá considerarse la posibilidad de adaptarla para simular, en un mismo ejercicio, combinaciones de esquemas de prestación.

BIBLIOGRAFÍA

- ASIAN DEVELOPMENT BANK (2013). Materials recovery facility Tool Kit
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (2015). Situación de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe.
- EUROPEAN COMMISSION (2004). Methodology for evaluating the overall efficiency of sorting in Europe, comparable data and suggestion for improving process efficiency analyzed within the project.
- FUNDACIÓN COHERENCIA (2011). Informe de gestión 2011.
- ILLINOIS RECYCLING ASSOCIATION (2010). Best operational practices manual for materials recovery facilities and recycling drop-off facilities.
- SUSTAINABLE LEARNING. Waste Materials – Density data.
- PAULRAJ, HAIT & THAKUR (2016). A review on automated sorting of source-separated municipal solid waste for recycling.
- PRESSLEY, ANDERS, MORTON & DECAROLIS (2014). Analysis of material recovery facilities for use in life-cycle assessment.
- RAMIREZ, PAREDES & GUERRERO (2014). Sostenibilidad financiera y económica de plantas de manejo de residuos sólidos urbanos en Colombia.
- RETHINK EDUCATION CENTRE (2015). Material recovery facility (MRF).
- WASTE AND RESOURCES ACTION PROGRAMME (2006). MRFs Comparison of efficiency and quality.
- WASTE AND RESOURCES ACTION PROGRAMME (2010). Material bulk densities.
- WORLD BANK (2012). What a Waste. A Global Review of Solid Waste Management.



ANEXOS

Anexo 1: Cálculo de los parámetros de recolección y transporte

A continuación, se presenta el método de cálculo de cada uno de los parámetros indicados en la gráfica anterior.

Cantidad de viajes por mes

$$Viajes_{mes} = \frac{Ton_{mes}}{Capacidad}$$

Donde...

$Viajes_{mes}$: Cantidad de viajes (2 trayectos) en el mes que son necesarios para recolectar y transportar los materiales reciclables hasta el (los) centro(s) de acopio.

Ton_{mes} : Cantidad de materiales reciclables que se recolectan en el mes.

Capacidad: Cantidad máxima que tiene un vehículo de referencia, medido en toneladas, para recolectar y transportar materiales reciclables.

Cantidad de viajes por turno

$$Viajes_{turno} = \frac{Horas_{turno}}{Horas_{viaje}}$$

Donde...

$Viajes_{turno}$: Cantidad de viajes que puede hacer un vehículo en un turno laboral.

$Horas_{turno}$: Tiempo de una jornada laboral; en general equivale a 8 horas.

$Horas_{viaje}$: Tiempo que toma desde que inicia la recolección de materiales reciclables hasta que se entregan en el centro de acopio.

Cantidad de vehículos

$$Vehículos = \frac{Viajes_{mes}}{Días_{mes}} \div Turnos_{día} * Viajes_{turno}$$

Donde...

$Vehículos$: Cantidad de vehículos necesarios para recolectar y transportar los materiales reciclables.

$Días_{mes}$: Cantidad de días laborales durante el mes.

$Turnos_{día}$: Cantidad de turnos posibles a llevar a cabo en un día.

Componente de operación y mantenimiento

De acuerdo con la cantidad de vehículos calculada, se estima la cantidad de personal que requiere cada vehículo, según los turnos definidos y el consumo de los insumos que requieren.

Cantidad de cuadrillas

$$Cuadrillas = * Turnos_{\text{día}}$$

Donde...

Cuadrillas: Cantidad de grupos de operarios y conductores necesarios para la operación.

Consumo de combustible

El consumo de combustible se calcula para cada tramo de actividad: recolección o transporte, y posteriormente se suman. La diferencia entre uno y otro radica en que en la recolección se requiere mayor cantidad de combustible y por tanto en este caso se considera un factor que disminuye la eficiencia en el consumo de combustible. El usuario en la herramienta tiene la posibilidad de calcular la cantidad de combustible a partir de dos opciones:

Indicando la distancia de recolección y el transporte.

$$Galones_{\text{mes}} = Consumo_{\text{gal/km}} * km_{\text{mes}}$$

Donde...

Galones_{mes}: Cantidad de galones en el mes necesarios para recolectar y transportar los materiales reciclables.

Consumo_{gal/km}: Eficiencia del consumo de combustible de un vehículo medido como la cantidad de combustible en galones que consume por cada kilómetro.

km_{mes}: Distancia recorrida en la recolección y transporte durante el mes, calculado de la siguiente forma:

Indicando el tiempo de viaje

$$Galones_{\text{mes}} = Consumo_{\text{gal/hora}} * Horas_{\text{viaje/mes}}$$

Donde...

Consumo_{gal/hora}: Eficiencia del consumo de combustible de un vehículo medido como la cantidad de combustible en galones que consume por cada hora transitada.

Horas_{viaje/mes}: Corresponde al tiempo total en que transitan los vehículos en la recolección y transporte, calculado de la siguiente forma: $Horas_{\text{viaje/mes}} = Viajes_{\text{mes}} * Horas_{\text{viaje}}$

Personal requerido

Operarios de recolección:

$$Operarios_{RT} = Operarios_{\text{vehículo}} * Cuadrillas$$

Donde...

Operarios_{RT}: Cantidad total de operarios requeridos.

Operarios_{vehículo}: Cantidad de operarios requeridos por cada vehículo (generalmente 2).

Conductores

$$Conductores_{RT} = 1 * Cuadrillas$$

Donde...

$Conductores_{RT}$: Cantidad total de conductores requeridos.

Supervisores

$$Supervisores_{RT} = \frac{Operarios_{RT}}{20}$$

Donde...

$Supervisores_{RT}$: Cantidad de personal necesario para la supervisión de la recolección y transporte.

Anexo 2: Cálculo de los parámetros de clasificación y embalaje

Personal requerido

Operarios de separación y embalaje

$$Operarios_{SE} = \left[\frac{Ton_{turno}}{(Ton_{oper-turno})} + Emb \right] * Turnos_{día}$$

Donde...

$Operarios_{SE}$: Cantidad de operarios de separación y embalaje.

reciclables que en promedio un operario separa en un turno.

Ton_{turno} : Toneladas gestionadas por turno.

Emb : Cantidad de embaladoras.

$(Ton_{oper-turno})$: Rendimiento en la clasificación del material, medido como la cantidad de residuos

$Turnos_{día}$: Cantidad de turnos por día

Operarios de báscula y minicargador

$$Operarios_{BM} = [BC + \frac{BM}{2} + MC] * Turnos_{día}$$

Donde...

$Operarios_{BM}$: Cantidad de operarios de báscula y minicargador.

BM : Cantidad de básculas manuales.

MC : Cantidad de minicargadores.

BC : Cantidad de básculas camioneras.

$Turnos_{día}$: Cantidad de turnos por día.

Supervisor

Según el dato ingresado por el usuario, se calcula el número de supervisores requeridos por cada 20 operarios:

$$Supervisor_{CA} = \frac{Operarios_{SE} + Operarios_{BM}}{20}$$

Donde...

$Supervisor_{CA}$: Cantidad de supervisores del centro de acopio.

En el centro de acopio operado por prestadores se considera como mínimo un supervisor. En los demás centros de acopio puede ser cero o fracción.

Anexo 3: Aplicación de la herramienta en la ciudad 4

El objetivo de la estimación en la ciudad 4 fue comparar los costos estimados por la herramienta con los costos que el esquema presenta actualmente, según la contabilidad de la empresa y a partir de lo anterior, identificar oportunidades de mejora para optimizar los recursos.

Descripción del esquema y definición del escenario

La ciudad 4 tiene una población de 1.619.146 habitantes en el área urbana y rural, los cuales equivalen aproximadamente a 501.859 hogares, de los cuales el 98% tiene servicio de recolección de residuos. Del total de hogares, aproximadamente 277.000 cuenta con cobertura de recolección selectiva; no obstante, solo el 10% lleva a cabo la separación en la fuente.

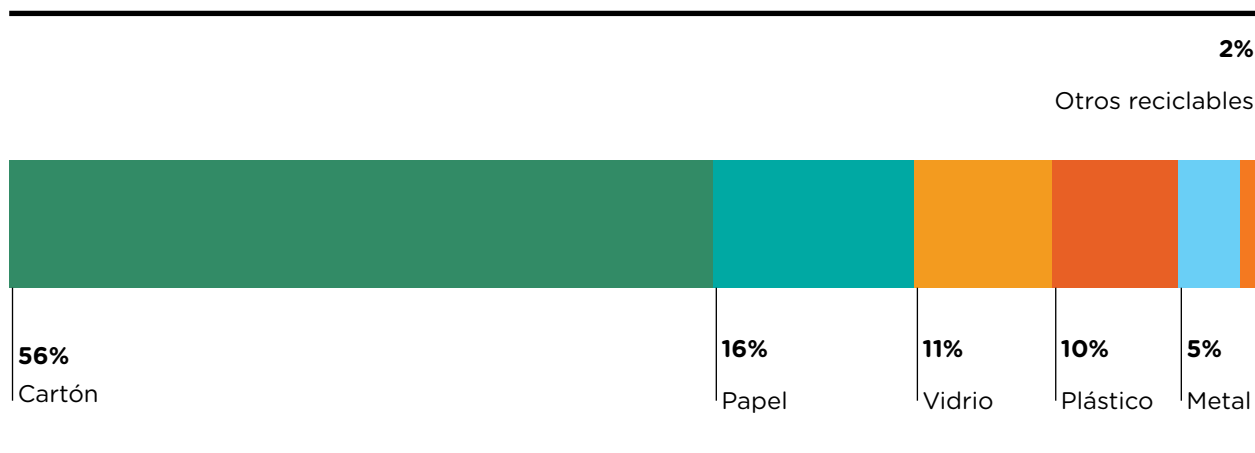
En la recolección selectiva participa tanto la empresa municipal como los recicladores; los recicladores realizan la recolección puerta a puerta de los materiales en costales (fundas) de su propiedad y los llevan hasta determinados puntos, donde posteriormente son recogidos en vehículos motorizados de la empresa municipal. Así, la empresa aporta los vehículos motorizados y conductores y la gestión administrativa de la actividad. Los residuos transportados por la empresa municipal se entregan en cuatro centros de acopio en los cuales se realiza la separación y clasificación de los materiales reciclables por parte de los recicladores asignados al centro.

En total laboran 110 recicladores de base, que trabajan la mitad del tiempo en la recolección y la mitad del tiempo en el centro de acopio; su remuneración son los ingresos por la venta del material reciclable y un salario, cubierto con recursos de la empresa municipal. En el centro de acopio los equipos y el terreno son aportados por la empresa.

Teniendo en cuenta lo anterior, el escenario más acertado para la modelación de la ciudad 4 corresponde al número 2, ya que el prestador es quien lleva a cabo la actividad de recolección y transporte, y el centro de acopio es manejado por la organización de recicladores. Los aportes de los recicladores en la recolección y los aportes de la empresa municipal serán tenidos en cuenta en la modelación, posteriormente se explicará cómo se lleva a cabo esta apreciación en la herramienta y cómo se interpretan los resultados.

En el esquema se manejan en total 2.280 toneladas anuales de materiales reciclables, cuya composición, según el tipo de material, es la siguiente:

Ilustración 4: Composición de los materiales reciclables (peso)



Fuente: Empresa municipal, 2016.

a. Recolección y transporte

Dado que se ha seleccionado el escenario 2, el prestador es quien tiene a cargo la recolección y el transporte. Sin embargo, esta actividad cuenta con la participación de los recicladores, por lo que en la herramienta deberá indicarse que estos costos han sido aportados por la “organización de recicladores”. El equipo a utilizar corresponde a una combinación de equipo manual (costal, al que no se le asigna precio) con equipo mecanizado.

Ilustración 5: Formulario de asignación de recursos de la inversión
(hoja *Datos prestador*)

| Tipo de vehículo | Valor/ unitario \$ | Ref. \$ | Organización de recicladores | Municipio | Prestador del servicio de limpieza urbana |
|--------------------------------|-----------------------|------------|------------------------------------|-----------------------|--|
| Vehículo motorizado pequeño | 0 | 7.290 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Vehículo motorizado mediano | 45.000 | 29.161 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Equipo de tracción manual | 0 | 365 | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Contenedores | 0 | 320 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |

Fuente: Herramienta.

Para el caso, dado que se trata de una operación existente y la empresa tiene seguimiento de cuántos vehículos, operarios, recicladores e insumos que utiliza para esta actividad, la información se diligenció en valores netos y no fue necesario que fuera estimada por la herramienta. Así, la información utilizada para el cálculo de este costo fue la siguiente:

Tabla 12: Información de recolección y transporte

| Tipo | Parámetro | Unidad | Valor para vehículo motorizado (prestador) | Valor para equipo de tracción manual (recicladores) |
|---------------------|---|---------------------------|--|---|
| Costos de inversión | Cantidad | Unidad | 4 | 55* |
| | Vida útil | Años | 7 | 0,25 (Funda) |
| | Precio de los vehículos motorizados | USD por vehículo | 45.000 | 0 |
| Costos laborales | Cantidad de operarios de recolección/vehículo por turno | Unidad | 2 | 1 |
| | Cantidad de conductores/vehículo por turno | Unidad | 1 | 0 |
| | Cantidad de supervisores/ turno | Unidad | 0 | |
| | Salario de los operarios de recolección | USD por operario por mes | 366 | 504 |
| | Salario del conductor | USD por conductor por mes | 698 | No aplica |
| | Aportes legales | Porcentaje (%) | 67 | 11 |
| | Aportes extralegales | Porcentaje (%) | 20 | 0 |
| | Valor de dotación operarios de recolección | USD por empleado al mes | 9 | 9 |
| | Valor de dotación conductor | USD por empleado al mes | 47 | No aplica |

Tabla 12: Información de recolección y transporte (cont.)

| Tipo | Parámetro | Unidad | Valor para vehículo motorizado (prestador) | Valor para equipo de tracción manual (recicladores) |
|------------------|-----------------------------------|---|--|---|
| Costos variables | Cantidad de combustible consumido | Galones al mes (para todos los vehículos) | 683 | No aplica |
| | Costo de combustible | USD por galón | 2 | No aplica |
| | Costo del mantenimiento | USD por vehículo al mes | 19 | 0 |
| Costos variables | Costos fijos | USD por vehículo al mes | 3 | 0 |

* Se modela esta actividad con 55 personas, teniendo en cuenta que las 110 tienen tiempo compartido entre el centro de acopio y la recolección.

La información del consumo de combustible, los costos fijos y el costo de mantenimiento fueron estimados a partir de la contabilidad de la empresa, ya que no contaban con el dato puntual que se requiere en la herramienta. Para los escenarios existentes es recomendable que diligencien datos estimados o recolectados a partir de información primaria, de modo que haya concordancia entre la maquinaria y equipo utilizado y los insumos que consumen los mismos. A continuación se presenta la forma de cálculo de los parámetros de estos costos, que el usuario puede utilizar como ejemplo para su modelación propia.

Tabla 13: Estimación de parámetros en la ciudad 4

| Aspecto | Unidad | Forma de cálculo |
|-------------------------|----------------------|---|
| Consumo de combustible | Galones por mes | $\frac{\text{Gasto total en combustible}_{\text{año}}}{\text{precio por galón}} \div 12 \text{ meses}$ |
| Costos fijos | USD/vehículo por mes | $\frac{\text{Matricula}_{\text{año}} + \text{Revisión}_{\text{año}} + \text{Seguro}_{\text{año}} + \text{Parqueadero}_{\text{año}} + \text{Lavado}_{\text{año}}}{\text{Cantidad de vehículos}} \div 12 \text{ meses}$ |
| Costo del mantenimiento | USD/vehículo por mes | $\frac{\text{Calibración}_{\text{año}} + \text{Afilada}_{\text{año}}}{\text{Cantidad de vehículos}} \div 12 \text{ meses}$ |

Fuente: Elaboración propia.

b. Clasificación, acopio y embalaje

Al igual que en la recolección y el transporte, la información sobre la clasificación, separación y embalaje es conocida por la empresa, que llevó a cabo una recolección de datos en campo. Los valores para cada uno de los parámetros son los siguientes:

Tabla 14: Datos utilizados para el dimensionamiento del centro de acopio

| Tipo | Parámetro | Unidad | Valor |
|---------------------|--|---|---------|
| Costos de inversión | Cantidad de centros de acopio | Unidad | 4 |
| | Área promedio de cada centro de acopio | m ² | 293* |
| | Rechazo de material | Porcentaje | 20 |
| Costos laborales | Cantidad de operarios de separación por centro | Unidad | 13** |
| | Cantidad de coordinadores por centro de acopio | Unidad | 0 |
| | Salario de los operarios de separación | USD por empleado al mes | 366 |
| | Aportes legales | Porcentaje | 11 |
| | Valor de la dotación | USD por empleado al mes | 9 |
| | Costo variable | Costo de mantenimiento de la maquinaria | USD/ton |
| | Costos de operación | USD/mes | 1.185 |
| | Costo de mantenimiento de las instalaciones | USD/mes | 18 |
| Costo fijo | Arrendamiento | USD/mes | 0 |
| | Costo fijo mensual | USD/mes | 1.429 |

* El área se calculó sumando el área total de los centros de acopio y dividiéndolo entre la cantidad de centros.

** Este valor se calcula al dividir la cantidad de recicladores que participan en el esquema, entre los dos turnos (debido a que en el primero llevan a cabo actividades de recolección) y entre la cantidad de centros de acopio.

Fuente: Empresa municipal.

Los datos operacionales del centro de acopio se diligencian en la sección Variables y parámetros para centros de acopio de materiales reciclables, como se puede observar en la siguiente imagen:

Ilustración 6: Variables y parámetros

Variables y parámetros para centros de acopio de materiales reciclables

| | | |
|--|---|--|
| Capacidad del centro de acopio | Indique la cantidad de centros | 4 |
| <u>Elija una opción</u> <input checked="" type="radio"/> Indicar cantidad de centros de acopio | <input type="radio"/> Establecer capacidad de centros de acopio (Ton/año) | Capacidad de los centros (ton/año) 570 |
| | | Capacidad total de los centros (ton/año) 2.280 |
| | | Capacidad excedente anual (ton/año) 0 |

| Definición de parámetros | Digite el valor | Valor de referencia |
|---|-----------------|---------------------|
| Área de cada uno de los centros de acopio (m ²) | 293 | 239 |
| Capacidad de contenedores móviles (Ton) | 0 | 0,00 |
| Porcentaje de rechazo en centro de acopio (%) | 20,0% | 0% |
| Vida útil de maquinaria y equipos (años) | 20 | 20 |

Información laboral general

Elija una opción para la cantidad de operarios de separación

Indicar cantidad de operarios Indicar los rendimientos de separación

| | Digite el valor | Valor de referencia |
|--|-----------------|---------------------|
| Cantidad de operarios de separación por centro | 13 | 11,0 |
| Cantidad de operarios de báscula y minicargador por centro | 0 | 0 |
| Cantidad de supervisores por centro | 0 | 1 |
| Cantidad de coordinadores por centro de acopio | | 1 |
| Número de días laborales | | 26 |
| Número de turnos laborales al día | | 1 |
| Número de horas por turno | | 8 |

Costo del servicio para la recolección y disposición final del material de rechazo

Costo de la recolección y transporte

Disposición final

Dado que se está trabajando en el escenario 2, los recicladores tienen a cargo el centro de acopio y todos sus costos. Sin embargo, dado que los salarios son aportados por la empresa municipal, estos valores deben cargarse al “Prestador del servicio de limpieza urbana”, como puede observarse en la siguiente ilustración. Nótese que, dado que no se consideran coordinadores en el centro de acopio, no es necesario asignar fuente de financiación, puesto que al ser 0, no impactará en los costos.

Ilustración 7: Formulario de asignación de costos laborales (hoja *Datos recicladores*)

| Cargo | Organización de recicladores | Municipio | Prestador de servicio de limpieza urbana |
|--|----------------------------------|-----------------------|--|
| Operario de separación | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Supervisión | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Coordinador operativo del centro de acopio | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Fuente: Herramienta.

Para los costos de inversión, se requiere tanto de los datos de dimensionamiento que se plasmaron en la tabla anterior como también la cantidad de maquinaria y equipo que se encuentra en el centro de acopio y su costo. Esta información se resume en la tabla 15 de la próxima página.

Los costos de operación se calcularon con base en la contabilidad de la empresa. Dentro de los mismos se tuvo en cuenta el valor del alambre para el embalaje de las pacas, el costo de los bolsones y los aros para los bolsones. La suma de estos valores dividido entre la cantidad de toneladas que ingresan al centro de acopio equivale a 0,4 USD/ton. Este valor es asumido por los recicladores.

Tabla 15: Inversiones en cada centro de acopio

| Aspecto | Unidad | Cantidad | USD/unidad | Total |
|------------------------------------|----------------|----------|------------|--------|
| Costo de estudios y diseños | Global | 1 | 7.000 | 7.000 |
| Terreno | m ² | 1.171 | 3 | 3.513 |
| Báscula manual | Unidad | 1 | 400 | 400 |
| Embaladora / compactadora / prensa | Unidad | 1 | 14.700 | 14.700 |
| Mesa de clasificación | Unidad | 2 | 100 | 200 |
| Prevención y control incendios | Unidad | 2 | 40 | 80 |
| Carretilla manual de carga | Unidad | 1 | 1.813 | 1.813 |

Fuente: Empresa municipal.

Por otra parte, se consideran los costos de mantenimiento e insumos que requiere la maquinaria para funcionar; se estimaron en 98,75 USD/mes, los cuales son cubiertos por la empresa municipal. En algunos casos, se considera dentro de este costo el consumo de energía, debido a que el mismo depende de la cantidad de materiales reciclables que se procesen.

Mientras tanto, el mantenimiento de las instalaciones en general se calculó como el valor mensual del costo de los artículos de aseo requeridos para los mismos que equivalen a 18 USD/mes, valor que es asumido por los recicladores.

Por otra parte, como costos fijos se consideraron los gastos de servicios públicos y el impuesto del inmueble que se estima en 119 USD/mes. Este valor es asumido por la organización de recicladores.

Ilustración 8: Costos variables y fijos de la clasificación, acopio y embalaje

Información de Costos Variables

Diligencie la información requerida sobre los costos de operación y mantenimiento de la maquinaria, equipo e instalaciones y seleccione la fuente de los recursos (sólo es válida una opción)

| Descripción | Unidad | Indique el valor | Referencia | Organización de recicladores | Municipio | Prestador del servicio de limpieza urbana |
|---|--------|------------------|------------|----------------------------------|-----------------------|---|
| Costo de operación | \$/ton | \$0,40 | \$1,82 | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Costo del mantenimiento de maquinaria y equipo por centro de acopio | \$/mes | \$0,40 | \$753 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Costo del mantenimiento de instalaciones por centro de axopio | \$/mes | \$18,00 | \$301 | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Ilustración 8: Costos variables y fijos de la clasificación, acopio y embalaje (cont.)

Información de Costos Fijos

Diligencie la información sobre los costos de arrendamiento y demás costos fijos. Seleccione la fuente de los recursos (sólo es válida una opción)

| Descripción | Unidad | Indique el valor | Referencia | Organización de recicladores | Municipio | Prestador del servicio de limpieza urbana |
|---|--------------------------|------------------|------------|------------------------------|-----------|---|
| Arrendamiento (alquiler) de bodega | \$/m ² al mes | \$0,00 | \$4,05 | ● | ○ | ○ |
| Costo fijo mensual por centro de acopio | \$/mes | \$119 | \$301 | ● | ○ | ○ |

Fuente: Herramienta

c. Gastos financieros y de administración

Los gastos administrativos y financieros se calculan como un porcentaje sobre el total de los costos directos mensuales de inversión, variables, laborales y fijos que se calcularon anteriormente. En este rubro se consideran los costos de las actividades que se requieren para llevar a cabo los procesos, pero no corresponden a la misión de la empresa. Los costos del personal que lleva a cabo la contabilidad y los insumos utilizados para la misma son un ejemplo de gastos de administración.

Para el caso de la clasificación, acopio y embalaje no se consideraron gastos de administración, toda vez que los mismos están asociados al manejo de los materiales no reciclables, por tanto, este valor se consideró como 0%. Por lo anterior, los gastos administrativos se asociaron al prestador (hoja Datos prestador). Estos se calcularon con base en la contabilidad como el 0,43% de los costos directos mensuales. En el mismo sentido, no se consideraron costos de capital para la clasificación, acopio y embalaje.

En cambio, para el prestador se consideró costos de capital calculados mediante el método WACC, de la siguiente forma:

$$\text{Costo de capital} = \frac{K_{ajeno}}{K_{total}} * R_a + \frac{K_{propio}}{K_{total}} * R_p$$

$$\text{Costo de capital} = 66\% * 7.7\% + 34\% * 0\%$$

$$\text{Costo de capital} = 5,12\%$$

Donde...

K_{deuda} : Corresponde al valor de activos que fueron adquiridos mediante deuda o préstamos.

K_{propio} : Corresponde al valor de activos que fueron aportados por los accionistas de la empresa.

R_a : Costo de deuda, medido como la tasa efectiva anual que se paga por el mismo. Para el caso se tuvo en cuenta el valor promedio de la tasa de interés de Ecuador.

R_p : Costo del capital propio, medido como la tasa efectiva anual del costo de oportunidad sobre otras inversiones. Para el caso se considera como 0.

Con información de contabilidad de la empresa se estimó que los gastos de administración para el estudio de costo de la ciudad 4 son 0,43% del total de los gastos directos, es decir de aquellos calculados en las secciones Recolección y transporte y Clasificación, acopio y embalaje; por otra parte, se consideró que el costo del capital equivale a una tasa de 5,12% efectivo anual.

Si el usuario no posee esta información, puede utilizar el dato de referencia de la herramienta, que equivale a 12,70%, o utilizar los datos de tasas de descuento publicadas por Damodaran⁷.

Ilustración 9: Gastos de administración y costo de capital del prestador

Información de Costos de Administración

Indique el porcentaje sobre los costos directos de los gastos de administración y señale la fuente de los recursos (sólo es válida una opción)

| Descripción | Unidad | Indique el valor | Referencia | Organización de recicladores | Municipio | Prestador del servicio de limpieza urbana |
|--------------------------|---|------------------|------------|------------------------------|-----------------------|---|
| Gastos de administración | % de los costos directos (de ambas actividades) | 0,43% | 14\$ | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |

Información del Costo del Capital

Diligencie la información sobre el costo de capital y el ciclo de efectivo

| Descripción | Unidad | Indique el valor | Referencia |
|-------------------------------------|--------|------------------|------------|
| Costo promedio ponderado de capital | % EA | 5% | 12,70% |
| Ciclo de Efectivo | días | 30 | 45 |

Fuente: Herramienta

d. Ingresos

Los ingresos del esquema de la ciudad 4 corresponden principalmente a la venta del material reciclable. Según la composición de los materiales, las cantidades de residuos descritas anteriormente y los precios que maneja el centro de acopio, se calculan los ingresos totales, que se muestran en los resultados.

⁷ Consultar el sector de manejo de residuos sólidos y servicios ambientales para países emergentes en http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/data.html

Ilustración 10: Precios de los materiales reciclables diligenciados en la herramienta (USD/ton)

Precio que paga la industria al centro de acopio

| Tipos de material | Valor (\$) | Referencia (\$) |
|-------------------|------------|-----------------|
| Papel | 245 | 73 |
| Cartón | 130 | 26 |
| Vidrio | 60 | 29 |
| Plástico | 270 | 46 |
| Metal | 125 | 62 |
| Otros reciclables | 730 | 13 |

Fuente: Herramienta

Resultados

Recursos empleados

De acuerdo con la información diligenciada, la herramienta presenta en la hoja Resultados los recursos utilizados en cada una de las actividades. En el caso de la recolección y transporte, muestra los resultados separados para vehículo motorizado y de tracción manual:

Ilustración 11: Resumen de recursos de la recolección y transporte

RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

| Aspecto | Vehículo motorizado mediano | Equipo de tracción manual |
|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Capacidad de los vehículos | | |
| Número de vehículos totales | 4 | 55 |
| Número de vehículos de respaldo | - | - |
| Operarios de recolección | 8 | 55 |
| Conductores | 4 | - |
| Supervisores | - | - |

Fuente: Herramienta

Para el caso del centro de acopio, los recursos físicos y humanos que se consideran para la estimación del costo son los siguientes:

Ilustración 12: Recursos para la separación, clasificación, acopio y embalaje

CENTRO DE ACOPIO

| | |
|--|-----|
| Cantidad de centros de acopio | 4 |
| Toneladas gestionadas en cada centro de acopio por mes | 190 |
| Trabajadores totales en todos los centros | 56 |
| <i>Trabajadores por centro</i> | 56 |
| <i>Operario de separación, báscula embalaje y minicargador</i> | 52 |
| <i>Supervisor</i> | - |
| <i>Coordinador operativo</i> | 4 |

Fuente: Herramienta

Los resultados corresponden con el esquema actual de la ciudad 4. El usuario puede verificar en esta sección (filas 29 a 51 de la hoja Resultados) si el dimensionamiento corresponde a lo deseado o es necesario modificarlo a partir de la información diligenciada en la herramienta.

Resultado general por escenario

El resultado de ingresos y costos para cada escenario se presenta en las filas 54 a 68 de la hoja *Resultados*. Este resultado refleja el escenario en general como si un solo actor dispusiera de la totalidad de los recursos y recibiera los ingresos totales.

Ilustración 13: Resultado por escenario

RESULTADO GENERAL POR ESCENARIO (no tiene en cuenta la fuente de los recursos)

| | |
|--|------------------------|
| Ingresos (\$/ton) | \$169 |
| Venta de material reciclable | \$169 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| Remuneración adicional | \$0 |
| Costos (\$/ton) | \$321 |
| Recolección y transporte | \$197 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$124 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| Utilidad o pérdida (\$/ton) | -\$152 |
| Resultados para el prestador | No cubre costos |

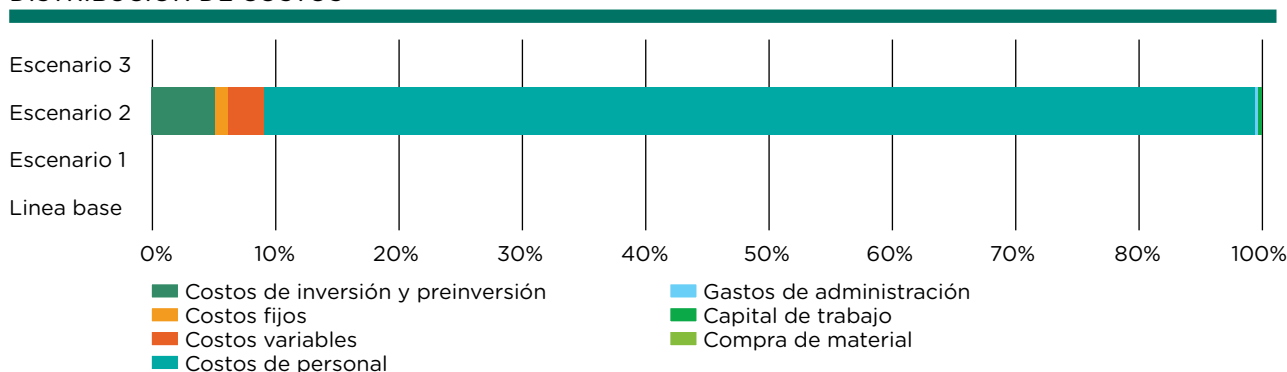
Fuente: Herramienta

De acuerdo con esta información, los ingresos del esquema manejado en la ciudad 4 no cubren los costos y, por el contrario, se genera pérdida que equivale a 152 USD/ton. Sin embargo, como se podrá apreciar posteriormente, este resultado es distinto para cada tipo de actor, toda vez que cada uno aporta recursos diferentemente.

En la hoja *Res. escenario*, el usuario puede visualizar una comparación de los escenarios de costos y la distribución de costos de acuerdo con distintos componentes. Dado que en este caso no se comparan costos, se mostrará los resultados de la distribución únicamente en la siguiente gráfica:

Ilustración 14: Distribución de costos

DISTRIBUCIÓN DE COSTOS



Fuente: Herramienta

Para el caso de la ciudad 4, el principal componente de costos está relacionado con el personal, seguido de la inversión y preinversión como se puede observar en la ilustración.

Resultado general por fuente de recursos

Debido a que cada uno de los agentes aporta distintos recursos el resultado es diferente para cada uno. En el caso de la organización de recicladores los resultados son los siguientes:

Ilustración 15: Resultados para la organización de recicladores USD/año

| | |
|--|---------------------|
| INGRESOS (\$/año) | \$348.647 |
| Venta de material reciclable | \$348.647 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| Remuneración adicional variable | \$0 |
| Remuneración adicional fija | \$0 |
| COSTOS DEL SERVICIO (\$/año) | \$67.982 |
| Recolección y transporte | \$40 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$12.232 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$55.710 |
| UTILIDAD O PÉRDIDA (\$/año) | \$316.665 |
| Resultado | Cubre costos |

Fuente: Herramienta

Nótese que debido a que la mayoría de las inversiones y los salarios están siendo adoptadas por el prestador, la organización de recicladores obtiene favorabilidad en el escenario, con utilidad de **USD 316 mil por año**.

Por el contrario, el prestador del servicio de limpieza urbana, en tanto realiza la mayoría de los aportes y no recibe ingresos en el centro de acopio, presenta pérdidas en el esquema por valor de 719 mil USD/año. No obstante, en la estimación no se tiene en cuenta los ingresos de empresa municipal por las tarifas cobradas a los usuarios y los aportes que le realiza el municipio, lo cual podría cambiar el resultado que se muestra a continuación.

Ilustración 16: Resultados para el prestador de limpieza urbano

PRESTADOR DEL SERVICIO DE LIMPIEZA URBANA

| | |
|--|------------------------|
| INGRESOS (\$/año) | \$0 |
| Venta de material reciclable | \$0 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| COSTOS DEL SERVICIO (\$/año) | \$719.034 |
| Recolección y transporte | \$449.540 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$269.493 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| UTILIDAD O PÉRDIDA (\$/ton) | -\$719.034 |
| Resultado | No cubre costos |

Fuente: Herramienta

Al igual que en este caso, el usuario que esté llevando a cabo un pre-dimensionamiento, puede asignar distintas fuentes de financiación para modificar los resultados de cada uno de los actores del esquema de manejo de materiales reciclables.

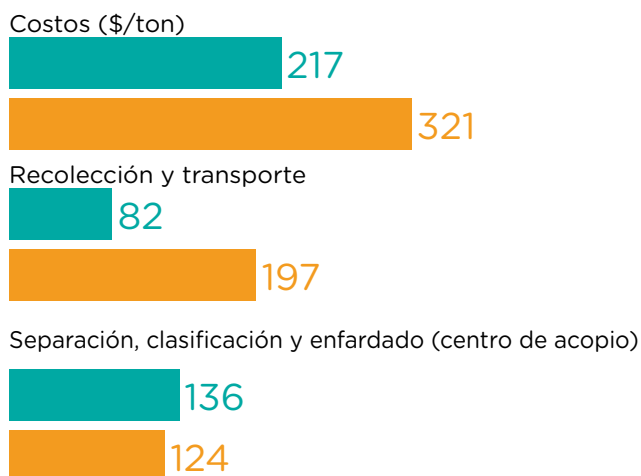
Comparación con el escenario de referencia

En la herramienta se presenta una comparación de los resultados de referencia (Hoja comparación ref.) con los resultados del escenario elaborado por el usuario. Para el caso de la ciudad 4, la comparación tiene el resultado mostrado en la siguiente página, Ilustración 17.

De acuerdo con los resultados, la cantidad de vehículos y trabajadores en la recolección y transporte empleada en el esquema actual de manejo de materiales de la ciudad 4 es superior a la cantidad requerida según el escenario de referencia, debido a que se emplea un mecanismo de recolección manual a partir de bolsones que tienen menor eficiencia, que los vehículos considerados en los datos de referencia. En otras palabras, dado que los recicladores utilizan empaques que no cuentan con sistemas como, por ejemplo, ruedas, requieren mayor esfuerzo y tardan más tiempo recolectando materiales. Por tanto, es recomendable que los recicladores puedan tener vehículos de tracción manual con rodamiento para que puedan movilizarse mejor y así captar más material. Esta razón es consecuente con la cantidad de trabajadores que se compara. Igualmente, se recomienda incrementar los turnos por día de operación, para optimizar el uso de los vehículos motorizados.

Ilustración 17: Comparación de resultados

CENTRO DE ACOPIO



■ Resultados Referencias ■ Resultados Usuario

Fuente: Herramienta

Las inversiones en el centro de acopio presentan una diferencia de aproximadamente USD 40.000, el usuario puede verificar en la hoja Datos recicladores las diferencias entre las inversiones que se están observando. Por ejemplo, el usuario puede observar que el área del centro de acopio es mayor a la utilizada actualmente.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS

| Aspecto | Usuario | Referencia |
|---------------------------------|------------|------------|
| Recolección y transporte | | |
| Vehículos | 59 | 8 |
| Trabajadores | 67 | 15 |
| Centro de acopio | | |
| Tipo de centro | | Manual |
| Valor inversión | \$ 100.285 | \$ 60.214 |
| Trabajadores | 56 | 52 |

Ilustración 18: Datos de inversiones

| Descripción | Unidad | Digite el valor | | Valor de referencia | |
|--------------------------------|-------------------|-----------------|----------------|---------------------|----------------|
| | | Cantidad | Valor unitario | Cantidad | Valor unitario |
| Costos de estudios y diseños | \$/global | 1 | \$7.000 | 1 | \$1.200 |
| Instalaciones generales | | | | | |
| Administrativas | \$/m ² | 0 | | 15 | \$4 |
| Operativas | \$/m ² | 293 | \$3 | 62 | \$4 |

Fuente: Herramienta

De conformidad con los resultados del modelo, se encontró que, en lugar de adquirir nuevos terrenos, hay espacio disponible en los centros de acopio existentes y que este puede optimizarse mediante la adquisición de algunos equipos, tales como bandas transportadoras, que permitan incrementar la eficiencia.

Anexo 4: Estudio de caso de la ciudad 1

Durante el año 2016 el Gobierno nacional emitió reglamentaciones en las que define el régimen de progresividad que deben llevar a cabo las organizaciones de recicladores para constituirse como prestadores formales de manejo de residuos del servicio público de aseo.

La asociación de recicladores participante del piloto es una de las 120 organizaciones de recicladores que llevan a cabo la recolección, transporte y clasificación de materiales reciclables en la ciudad 1. La asociación inició el proceso de formalización y consideró útil la herramienta para cumplir con uno de los requerimientos de dichas normas relacionado con el cálculo de los costos y la implementación de acciones de mejora.

Al año 2016, la asociación cuenta con 1.824 recicladores de oficio y 30 centros de acopio asociados, de los cuales 9 son de su propiedad. Los recicladores llevan a cabo la recolección de distintas formas dependiendo de su capacidad económica: (i) de manera manual en costales, (ii) ayudados con carretillas de tracción humana y, (iii) con vehículos de tracción motor los cuales son pequeños o medianos. Sin embargo, dado que el modelo no permite llevar a cabo modelaciones con diferentes tipos de equipos, se modelará con el tipo (iii), ya que es con el cual se moviliza la mayor cantidad de material que llega al centro de acopio.

Los recicladores (asociados o independientes) venden a los centros de acopio de propiedad de la asociación o de sus miembros los materiales con una separación primaria. Luego en algunos de los centros de acopio se lleva a cabo una separación más especializada (retiro de tapas y etiquetas, clasificación por colores, otros) y en otros se acopia en la misma forma fueron recibidos por los recicladores, luego son comercializados con intermediarios o industrias.

Información general

La modelación se llevó a cabo con base en los centros de acopio que son propiedad de la asociación, es decir de los 9 centros, mientras que la recolección se modeló con base en la información que aportaron los socios que cuentan con camión mediano. Como se explicó en la descripción de la herramienta, si bien los socios cuentan con distintos esquemas de recolección, a través del mecanismo de camión mediano se recolecta la mayor cantidad de material que se maneja en los centros de acopio.

Los centros de acopio manejaron en total 40.405 toneladas de materiales reciclables durante el año 2015, las cuales se componen de la siguiente forma:

Tabla 16: Composición de los materiales reciclables

| Material | Composición % |
|-------------------|----------------|
| Papel | 15,00% |
| Cartón | 20,00% |
| Vidrio | 10,00% |
| Plástico | 2,00% |
| Metal | 45,00% |
| Otros reciclables | 8,00% |
| Total | 100,00% |

Fuente: Asociación.

Se modela con base en el escenario 3 asumiendo que los recicladores asociados actúan como un prestador, en tanto venden sus materiales al centro de acopio; mientras que el centro de acopio es de propiedad de la organización de recicladores, la asociación y por tanto la operación y administración es su responsabilidad.

Resultados

Recursos empleados:

RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

| Aspecto | Vehículo motorizado pequeño |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Capacidad de los vehículos | 2,5 Ton |
| Número de vehículos totales | 66 |
| Número de vehículos de respaldo | - |
| Operarios de recolección | 198 |
| Conductores | 66 |
| Supervisores | - |

CENTRO DE ACOPIO

| | |
|---|-------|
| Cantidad de centros de acopio | 9 |
| Toneladas gestionadas en cada centro de acopio por mes | 3.367 |
| Trabajadores totales en todos los centros | 36 |
| <i>Trabajadores por centro</i> | 36 |
| <i>Operario de separación, báscula embalaje y minicargador</i> | 36 |
| <i>Supervisor</i> | - |
| <i>Coordinador operativo</i> | - |
| Número total de recicladores (Incluyendo personal en actividades de Recolección, Transporte, Separación y Clasificación) | 300 |

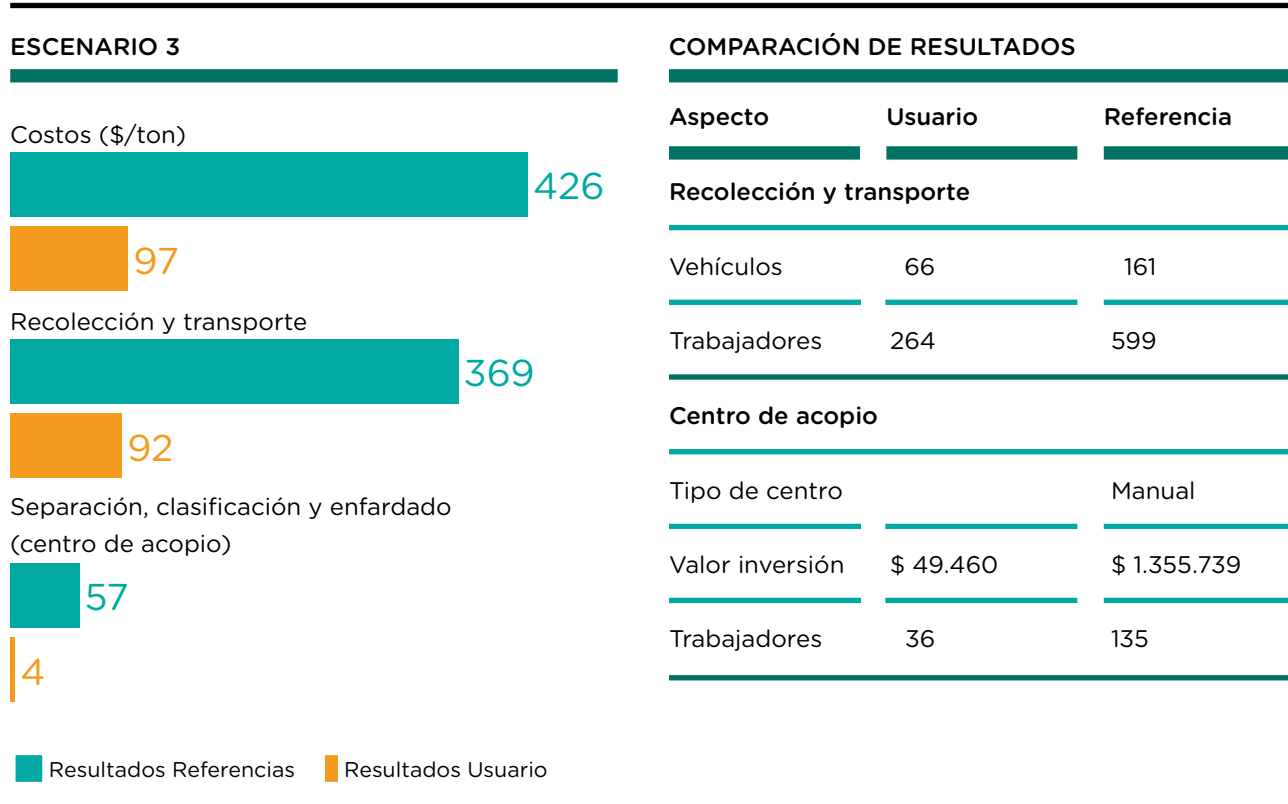
Resultado general del escenario

| | |
|--|---------------------|
| Ingresos (\$/ton) | \$116 |
| Venta de material reciclable | \$109 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$7 |
| Remuneración adicional | \$0 |
| Costos (\$/ton) | \$97 |
| Recolección y transporte | \$92 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$4 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| Utilidad o pérdida (\$/ton) | \$19 |
| Resultados para el prestador | Cubre costos |

Resultado de la organización de recicladores

| | |
|--|---------------------|
| ORGANIZACIÓN DE RECICLADORES | |
| INGRESOS (\$/año) | \$4.668.054 |
| Venta de material reciclable | \$4.385.219 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$282.835 |
| Remuneración adicional variable | \$0 |
| Remuneración adicional fija | \$0 |
| COSTOS DEL SERVICIO (\$/año) | \$3.902.371 |
| Recolección y transporte | \$3.731.975 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$170.396 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| UTILIDAD O PÉRDIDA (\$/año) | \$765.684 |
| Resultado | Cubre costos |

Comparación de los resultados con el escenario de referencia



Recomendaciones

De acuerdo con la modelación y los resultados obtenidos con la herramienta se recomienda a la asociación:

- 1.** El excedente para los recicladores es positivo; sin embargo, los mismos no llevan una contabilidad para tener en cuenta la depreciación de los vehículos. De la misma forma, no llevan a cabo una valoración de cómo se incrementan sus costos de mantenimiento a medida que incrementa la antigüedad del vehículo.
- 2.** Es importante que en el plan de fortalecimiento se incluya una actividad relacionada con la captura de información de los costos fijos, administración, mantenimiento y operación.

Anexo 5: Estudios de caso de la ciudad 2

La comuna de la ciudad 2 cuenta con una población de 344.711 personas, que generan aproximadamente 145.644 toneladas en el año. La recolección de residuos es llevada a cabo por un operador privado que los dirige a tres rellenos sanitarios.

El municipio, al igual que en la ciudad 3, desea construir un centro de reciclaje en el que se recojan residuos provenientes de puntos limpios, recolección puerta a puerta de hogares y recolección de grandes generadores. Lo anterior, bajo un modelo que considera que la administración municipal aporta los costos de capital y que la administración y operación de los mismos sea a cargo de los recicladores de oficio, quienes reciben la totalidad de los ingresos. Adicionalmente, la administración municipal colaborará con mobiliario de recolección selectiva que pueda ser gestionado por los recicladores de base.

En el municipio se realiza la recolección con triciclos eléctricos; esta actividad aún no se ha proyectado por parte del municipio, pero se modelará con el ánimo de estimar cuántos operarios y vehículos se requieren para captar las cantidades proyectadas y su costo.

Información general

Teniendo en cuenta que las organizaciones de recicladores estarán encargadas tanto del transporte como del centro de acopio, la modelación para este caso se realizará con el *escenario 3*. El análisis de costos se basa en un esquema en el cual se recolectan 360 toneladas al año, es decir, 30 ton/mes. La composición de los materiales reciclables está dada por los siguientes porcentajes:

Tabla 17: Composición de los materiales reciclables

| Material | Composición % |
|-------------------|----------------|
| Papel | 41,00% |
| Cartón | 20,00% |
| Vidrio | 23,20% |
| Plástico | 8,00% |
| Metal | 7,00% |
| Otros reciclables | 0,80% |
| Total | 100,00% |

Fuente: Casa de La Paz.

A continuación, se realiza el análisis de costos según la información suministrada por el municipio de la ciudad 2, para la actividad de recolección y el centro de acopio.

Resultados

Recursos empleados

RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

| Aspecto | Vehículo motorizado pequeño |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Capacidad de los vehículos | 0,3 Ton |
| Número de vehículos totales | 2 |
| Número de vehículos de respaldo | - |
| Operarios de recolección | - |
| Conductores | 2 |
| Supervisores | - |

CENTRO DE ACOPIO

| | |
|---|----------|
| Cantidad de centros de acopio | 1 |
| Toneladas gestionadas en cada centro de acopio por mes | 30 |
| Trabajadores totales en todos los centros | 3 |
| <i>Trabajadores por centro</i> | <i>3</i> |
| <i>Operario de separación, báscula embalaje y minicargador</i> | <i>1</i> |
| <i>Supervisor</i> | <i>1</i> |
| <i>Coordinador operativo</i> | <i>1</i> |
| Número total de recicladores | 5 |
| (Incluyendo personal en actividades de Recolección, Transporte, Separación y Clasificación) | |

Resultado general por escenario

| | |
|--|------------------------|
| Ingresos (\$/ton) | \$98 |
| Venta de material reciclable | \$98 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| Remuneración adicional | \$0 |
| Costos (\$/ton) | \$105 |
| Recolección y transporte | \$22 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$83 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| Utilidad o pérdida (\$/ton) | -\$7 |
| Resultados para el prestador | No cubre costos |

Resultado de la organización de recicladores

| ORGANIZACIÓN DE RECICLADORES | |
|--|---------------------|
| INGRESOS (\$/año) | \$35.328 |
| Venta de material reciclable | \$35.328 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| Remuneración adicional variable | \$0 |
| Remuneración adicional fija | \$0 |
| COSTOS DEL SERVICIO (\$/año) | \$22.623 |
| Recolección y transporte | \$7.582 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$15.041 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| UTILIDAD O PÉRDIDA (\$/año) | \$12.704 |
| Resultado | Cubre costos |

Resultado del municipio

MUNICIPIO

| | |
|--|--------------------|
| COSTOS DEL SERVICIO (\$/año) | \$21.725,00 |
| Recolección y transporte | \$365,00 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$21.360,00 |

Comparación de los resultados con el escenario de referencia

ESCENARIO 3

Costos (\$/ton)



Recolección y transporte



Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio)



Resultados Referencias Resultados Usuario

COMPARACIÓN DE RESULTADOS

| Aspecto | Usuario | Referencia |
|---------|---------|------------|
|---------|---------|------------|

Recolección y transporte

| | | |
|-----------|---|---|
| Vehículos | 2 | 2 |
|-----------|---|---|

| | | |
|--------------|---|---|
| Trabajadores | 2 | 5 |
|--------------|---|---|

Centro de acopio

| | | |
|----------------|--|--------|
| Tipo de centro | | Manual |
|----------------|--|--------|

| | | |
|-----------------|-----------|----------|
| Valor inversión | \$275.869 | \$14.160 |
|-----------------|-----------|----------|

| | | |
|--------------|---|----|
| Trabajadores | 3 | 10 |
|--------------|---|----|

Recomendaciones

De acuerdo con lo observado en la visita y los resultados de la modelación, se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

1. Incrementar la cantidad de material recuperado de modo que se aproveche mejor el espacio disponible en el centro de acopio.
2. Las maxisacas deben considerarse como un costo operacional variable ya que se desgastan en la medida que se usan para acopiar más material. Igualmente sucede con el costo de consumo eléctrico ya que el mismo depende de la cantidad de veces que se utiliza la prensa.
3. El personal estimado por la comuna para el centro de acopio es consecuente con lo estimado en el modelo.

Cabe señalar que en el caso de la recolección y el transporte no se ha estimado la cantidad de recicladores que participaran en el esquema; el modelo arroja un requerimiento de dos personas.

Anexo 6: Estudio de caso de la ciudad 3

La ciudad 3 cuenta con 237.862 habitantes, los cuales generan aproximadamente 114.000 toneladas de residuos anualmente, de los cuales se reciclan 500 toneladas. La recolección de residuos mezclados se lleva a cabo con frecuencia de tres veces a la semana, por parte de un operador privado contratado por el municipio.

El esquema de reciclaje actual considera la recolección de residuos en siete (7) “Puntos Limpios” que consisten en sitios con sistemas de almacenamiento selectivo en los cuales los usuarios depositan los materiales reciclables. Adicionalmente, existen recicladores de oficio que cuentan con vehículos motorizados que recolectan en las viviendas de la comuna materiales reciclables y otros enceres, para posteriormente comercializarlos a intermediarios.

La comuna desea que en los procesos de reciclaje se incluya a la población recicladora con el ánimo de dignificar y profesionalizar su labor. Para el efecto, se planea una inversión en un “centro de reciclaje”, esto es un sitio de almacenamiento con capacidad mayor a los puntos limpios donde se llevará a cabo recepción, compra y comercialización de materiales reciclables, además de su presupuesto dispondrá de personal administrativo y operativo. En los centros de reciclaje se comprará a los recicladores de oficio los materiales al mismo precio que es vendido a la industria o intermediarios, con el fin de mejorar sus ingresos.

Información general

El centro de acopio será administrado y operado por la comuna de la ciudad 3, mientras que la recolección será llevada a cabo por los recicladores de oficio. Lo anterior nos ubica en un *escenario 1*, asumiendo que el prestador es el municipio. Se modelará el centro de acopio con las características que define la Ficha técnica suministrada por la comuna; sin embargo, se modificará lo siguiente:

No se modela el tamaño total del centro de acopio; por el contrario, se tiene en cuenta 750 m², tomando en consideración que parte del espacio de construcción considera un parque y una sala de capacitaciones.

Los rendimientos de clasificación en un turno por cada operario corresponden al dato de referencia (0,83 toneladas), lo cual significará que la cantidad de operarios estimada por la municipalidad será distinta a la obtenida.

El escenario considera modelación de un esquema en el cual se recolectan 1.680 toneladas anuales (140 mensuales), la composición de estos residuos está dada por las siguientes proporciones:

Tabla 18: Composición de los materiales reciclables

| Material | Composición % |
|--------------|----------------|
| Papel | 45,00% |
| Cartón | 23,00% |
| Vidrio | 15,00% |
| Plástico | 9,00% |
| Metal | 8,00% |
| Total | 100,00% |

Fuente: Casa de La Paz.

Resultados

Recursos empleados

RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

| Aspecto | Vehículo motorizado pequeño |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Capacidad de los vehículos | 0,3 Ton |
| Número de vehículos totales | 17 |
| Número de vehículos de respaldo | - |
| Operarios de recolección | - |
| Conductores | 17 |
| Supervisores | - |

CENTRO DE ACOPIO

| | |
|---|----------|
| Cantidad de centros de acopio | 1 |
| Toneladas gestionadas en cada centro de acopio por mes | 148 |
| Trabajadores totales en todos los centros | 4 |
| <i>Trabajadores por centro</i> | <i>3</i> |
| <i>Operario de separación, báscula embalaje y minicargador</i> | <i>-</i> |
| <i>Supervisor</i> | <i>1</i> |
| <i>Coordinador operativo</i> | <i>-</i> |
| Número total de recicladores (Incluyendo personal en actividades de Recolección, Transporte, Separación y Clasificación) | 21 |

Resultado general del escenario

| | |
|--|---------------------|
| Ingresos (\$/ton) | \$102 |
| Venta de material reciclable | \$102 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| Remuneración adicional | \$0 |
| Costos (\$/ton) | \$97 |
| Recolección y transporte | \$70 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$27 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| Utilidad o pérdida (\$/ton) | \$5 |
| Resultados para el prestador | Cubre costos |

Resultado de la organización de recicladores

ORGANIZACIÓN DE RECICLADORES

| | |
|--|---------------------|
| INGRESOS (\$/año) | \$181.488 |
| Venta de material reciclable | \$181.488 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| Remuneración adicional variable | \$0 |
| Remuneración adicional fija | \$0 |
| COSTOS DEL SERVICIO (\$/año) | \$161.579 |
| Recolección y transporte | \$124.838 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$36.741 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| UTILIDAD O PÉRDIDA (\$/año) | \$19.909 |
| Resultado | Cubre costos |

Resultado del municipio (Comuna)

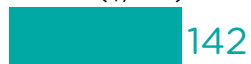
MUNICIPIO

| | |
|--|--------------------|
| COSTOS DEL SERVICIO (\$/año) | \$10.814,05 |
| Recolección y transporte | \$0,00 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$10.814,05 |

Comparación de los resultados con el escenario de referencia

ESCENARIO 3

Costos (\$/ton)



Recolección y transporte



Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio)



■ Resultados Referencias ■ Resultados Usuario

COMPARACIÓN DE RESULTADOS

| Aspecto | Usuario | Referencia |
|---------|---------|------------|
|---------|---------|------------|

Recolección y transporte

| | | |
|--------------|----|----|
| Vehículos | 17 | 6 |
| Trabajadores | 17 | 21 |

Centro de acopio

| | | |
|-----------------|-----------|-----------|
| Tipo de centro | | Manual |
| Valor inversión | \$216.281 | \$124.950 |
| Trabajadores | 4 | 11 |

Recomendaciones

De acuerdo con lo observado en la visita y los resultados de la modelación, se tienen las siguientes recomendaciones a los participantes:

1. La modelación se realiza con una proyección de 140 toneladas mensuales de materiales reciclables; si desde el inicio se recolecta una cantidad menor, los costos van a ser superiores. Por lo anterior, es conveniente que la comuna tenga además en cuenta los costos y recursos necesarios para la captación de material y su recolección y transporte.
2. Es conveniente que se verifique la cantidad de personal proyectado, pues de acuerdo con los resultados del análisis se requerirá mayor cantidad. Lo anterior teniendo en cuenta que: (i) cada una de las 2 básculas requiere que se asigne un operario por turno, (ii) la modelación indica que se requieren 7 operarios para que cada uno procese diariamente 830 kilos de material.

3. Según los cálculos desarrollados por la comuna, las maxisacas se consideran como una inversión, cuando en realidad este costo debe tratarse como un costo operacional variable, ya que se desgastan en la medida que se usan para acopiar más material. De la misma forma, el consumo eléctrico se está considerando como un costo fijo, pese a que el mismo depende de la cantidad de veces que se utiliza la prensa.

4. Utilizar el modelo nuevamente para estimar el impacto sobre los costos como resultado de recuperar menores cantidades de materiales reciclables.

Anexo 7: Estudio de caso de la ciudad 5

La ciudad 5 cuenta con una población de 331.000 habitantes en las áreas urbana y rural, ubicada en aproximadamente 112.000 inmuebles (residenciales y no residenciales) que reciben el servicio público de aseo prestado por la empresa de limpieza urbana.

Durante el año 2015, la empresa municipal recogió 172.000 toneladas de residuos, de las cuales 1.193 toneladas fueron recolectadas por la ruta de recolección selectiva de la empresa municipal y posteriormente entregadas sin costo a cinco organizaciones de recicladores con las cuales la empresa tiene convenios. Esta ruta se realiza conjuntamente con la ruta de residuos mixtos o mezclados en vehículos de doble tolva. Además de las rutas selectivas que realiza la empresa municipal, los recicladores realizan la recolección de algunos materiales que se programan a solicitud de los generadores. Los usuarios deben entregar los materiales reciclables en una bolsa azul celeste y los residuos en bolsas negras.

En el cantón de la ciudad 5, de acuerdo con el reglamento municipal, el manejo de materiales reciclables debe contar con una autorización emitida por la empresa municipal. La autorización se puede dar de acuerdo con la forma en que se lleva a cabo la actividad⁸, a los recicladores autorizados se les hace entrega de uniformes y elementos de protección personal.

No obstante, en la recolección existen además otros recicladores de base, organizados o independientes, quienes comercializan el material con organizaciones o bodegas y que no tienen autorización de la empresa municipal. Las cantidades manejadas por este grupo no se cuentan dentro de lo recolectado por la empresa municipal. La empresa estima que existen en la ciudad alrededor de 600 personas que realizan la actividad de recolección y clasificación de residuos reciclables, de los cuales, al año 2016, solo 237 se encuentran acreditados ante la empresa municipal. Las cantidades de material presentadas en este estudio corresponden únicamente a las recolectadas por parte de la empresa municipal.

Los residuos entregados en los centros de acopio son separados, clasificados y embalados para su comercialización. La motivación principal de la empresa municipal para desarrollar esta actividad es disminuir la cantidad de residuos que se disponen en el relleno sanitario y realizar una labor social de apoyo a los recicladores de base.

La empresa municipal se encuentra evaluando la alternativa de establecer más centros de acopio a gran escala en diferentes puntos de la ciudad, así como una planta mecanizada con capacidad para 50 a 80 ton/día, para recuperar materiales que actualmente se están depositando en la bolsa negra.

Información general

La modelación se llevó a cabo con información que recopiló la empresa municipal, por lo cual se estimaron los costos de recolección y transporte en camión mediano, es decir los de propiedad de la empresa municipal⁹. Por lo anterior, se asimila el *escenario 2*: recolección con camión mediano a cargo de la empresa municipal (prestador) y el centro de acopio por parte de la organización recicladores.

Se realizó la estimación de los costos actuales de las actividades de recolección y transporte selectivo y clasificación de materiales en los respectivos centros de acopio. Esta estimación se realizó con base en las cantidades manejadas las cuales corresponden a *1.193 toneladas de materiales reciclables en el año*, los cuales están en su mayoría compuestos por cartón y su densidad promedio es 0,08 toneladas/m³:

⁸ Los recicladores primarios son considerados como las personas que realizan la recolección de materiales reciclables de manera artesanal en vehículos de tracción humana; los recicladores secundarios son considerados como las personas que realizan la recolección de materiales reciclables con vehículos de tracción motor; se consideran centros de reciclaje los locales en los que se ejecutan labores de acopio, clasificación, embalaje, comercialización y/o transformación de materiales inorgánicos reciclables.

⁹ No se cuenta con información sobre la recolección en vehículos distintos a aquellos de propiedad de la empresa municipal.

Tabla 19: Composición y densidad de los materiales reciclables

| Tipos de residuos | Composición % | Densidad m³/ton |
|--------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Papel | 7,00% | 0,08 |
| Cartón | 56,00% | 0,06 |
| Vidrio | 2,00% | 0,25 |
| Plástico | 5,00% | 0,04 |
| Metal | 4,00% | 0,13 |
| Otros reciclables | 26,00% | 0,11 |
| Total | 100,00% | 0,08 |

Fuente: Empresa municipal.

Resultados

Recursos empleados

Características del escenario

| | |
|--------------------------|------------------------------|
| Recolección y transporte | Prestador |
| Centro de acopio | Organización de Recicladores |

DATOS MODELADOS

| | | Material | Total (ton/año) |
|------------------------------|-----------|-------------------|------------------------|
| País | Ecuador | Papel | 84 |
| | | Cartón | 668 |
| Ciudad | Cuenca | Vidrio | 24 |
| | | Plástico | 60 |
| Fecha de cálculo | 0/01/1900 | Metal | 48 |
| Generación anual de residuos | 1.193,00 | Otros reciclables | 310 |

RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

| Aspecto | Vehículo motorizado pequeño |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Capacidad de los vehículos | |
| Número de vehículos totales | 11 |
| Número de vehículos de respaldo | - |
| Operarios de recolección | 11 |
| Conductores | 11 |
| Supervisores | 1 |

CENTRO DE ACOPIO

| | |
|---|----|
| Cantidad de centros de acopio | 3 |
| Toneladas gestionadas en cada centro de acopio por mes | 99 |
| Trabajadores totales en todos los centros | 74 |
| <i>Trabajadores por centro</i> | 74 |
| <i>Operario de separación, báscula embalaje y minicargador</i> | 71 |
| <i>Supervisor</i> | - |
| <i>Coordinador operativo</i> | 3 |
| Número total de recicladores | 74 |
| (Incluyendo personal en actividades de Recolección, Transporte, Separación y Clasificación) | |

Resultado general del escenario

| | |
|--|------------------------|
| Ingresos (\$/ton) | \$102 |
| Venta de material reciclable | \$102 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| Remuneración adicional | \$0 |
| Costos (\$/ton) | \$129 |
| Recolección y transporte | \$119 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$10 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| Utilidad o pérdida (\$/ton) | -\$27 |
| Resultados para el prestador | No cubre costos |

Resultado de la organización de recicladores

| | |
|--|---------------------|
| ORGANIZACIÓN DE RECICLADORES | |
| INGRESOS (\$/año) | \$121.447 |
| Venta de material reciclable | \$121.447 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| Remuneración adicional variable | \$0 |
| Remuneración adicional fija | \$0 |
| COSTOS DEL SERVICIO (\$/año) | \$35.176 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$11.910 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$23.265 |
| UTILIDAD O PÉRDIDA (\$/año) | \$86.272 |
| Resultado | Cubre costos |

Resultado del prestador de limpieza urbana

PRESTADOR DEL SERVICIO DE LIMPIEZA URBANA

| | |
|--|------------------------|
| INGRESOS (\$/año) | \$0 |
| Venta de material reciclable | \$0 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| COSTOS DEL SERVICIO (\$/año) | \$142.102 |
| Recolección y transporte | \$142.102 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| UTILIDAD O PÉRDIDA (\$/año) | -\$142.102 |
| Resultado | No cubre costos |

Comparación de resultados con el escenario de referencia

ESCENARIO 2

Costos (\$/ton)

105

129

Recolección y transporte

89

119

Separación, clasificación y enfardado
(centro de acopio)

15

10

Resultados Referencias

Resultados Usuario

COMPARACIÓN DE RESULTADOS

| Aspecto | Usuario | Referencia |
|---------|---------|------------|
|---------|---------|------------|

Recolección y transporte

| | | |
|-----------|----|---|
| Vehículos | 11 | 2 |
|-----------|----|---|

| | | |
|--------------|----|---|
| Trabajadores | 23 | 7 |
|--------------|----|---|

Centro de acopio

| | | |
|----------------|--|--------|
| Tipo de centro | | Manual |
|----------------|--|--------|

| | | |
|-----------------|----------|-----|
| Valor inversión | \$38.712 | \$0 |
|-----------------|----------|-----|

| | | |
|--------------|----|----|
| Trabajadores | 74 | 30 |
|--------------|----|----|

Recomendaciones

- 1.** Es conveniente que se recolecte una mayor cantidad de materiales reciclables para hacer más eficiente el esquema e incrementar los ingresos.
- 2.** Verificar la proporción del uso de los vehículos y el consumo de insumos en la recolección de residuos mixtos, con el ánimo de contar con un costo de recolección más acertado.
- 3.** Consolidar la información de los costos de dotaciones, elementos de protección personal y demás beneficios entregados a los recicladores; los costos de capacitación y sensibilización a los usuarios y los costos unitarios del mantenimiento para definir un costo más certero de la recolección y transporte de materiales reciclables.
- 4.** Recomendar a las organizaciones estimar los costos en los centros de acopio y medir la productividad de los operarios de separación y clasificación, con el ánimo de definir mejoras en la eficiencia.

Anexo 8. Estudio de caso de la ciudad 6

La población de esta ciudad estimada para 2016 según el censo de 2010 es de 101.208 habitantes. Según la alcaldía, se estima que diariamente en el municipio se generan 60 toneladas de residuos sólidos provenientes de domicilios residenciales, actividades comerciales, empresas, limpieza urbana y algunas áreas rurales. La recolección, transporte y disposición final de residuos se realiza a través de empresas privadas con las cuales el municipio tiene un contrato. Los residuos son trasladados a una estación de transferencia localizada en la periferia del municipio.

La recolección selectiva es realizada por una asociación de recicladores, fundada en 1999 por iniciativa de una Universidad del municipio. La asociación utiliza vehículos de tracción motor del 92% de los inmuebles del municipio y se encarga de la administración y operación del centro de acopio para separación, manejo y comercialización de los residuos reciclables. Adicionalmente, la asociación fabrica y comercializa escobas, muebles y artesanías elaboradas con la madera recolectada. Esta actividad es realizada en otra sede diferente al centro de acopio. El material de rechazo del centro de acopio es llevado por la asociación a la Estación de Transferencia del municipio, pero los costos por la disposición final de estos residuos son asumidos por la alcaldía municipal. Así que, en el valor de la prestación por la actividad de disposición final, ya se encuentran incluidas las toneladas de rechazo de la asociación de recicladores.

La asociación está conformada por 40 asociados, que se dividen la ejecución de las actividades operacionales, administrativas y comerciales y quienes eligen de forma democrática los miembros de la junta. La junta está constituida por un presidente, un vicepresidente, una secretaria, un fiscal y una tesorera. Aunque cada asociado tiene diferentes responsabilidades, todos obtienen el mismo pago por hora trabajada. Este proviene de las toneladas de material reciclable comercializadas, las cuales son en promedio 100 al mes. Adicionalmente, por la comercialización de los residuos asociación recibe dos incentivos financieros. El primero, otorgado por el Gobierno del estado; y el segundo, por la Alcaldía municipal de la ciudad 6.

El programa estatal es un recurso económico otorgado trimestralmente y es proporcional a la productividad (en peso) de los materiales considerados para el incentivo (papel, cartón, metal, plástico y vidrio). Para el pago, la asociación debe estar constituida y registrada correctamente, como también, debe comprobar con recibos o comprobantes la venta del material recuperado, donde se incluya el material, el peso, el precio y la fecha de venta. Es condición del programa que el 90% del valor transferido sea trasladado a los asociados.

El segundo incentivo de la asociación es el contrato que posee con la alcaldía de la ciudad 6, donde el municipio paga mensualmente por tonelada comercializada. De la misma forma que el programa del estado, la asociación le debe reportar mensualmente a la alcaldía por medio de recibos el total de toneladas efectivamente comercializadas. Este contrato es de renovación anual.

Ninguno de estos ingresos está siendo pagado a asociación desde hace 6 meses, debido a la falta de fondos de los dos entes gubernamentales. El Secretario de Ambiente municipal indicó que una vez se normalice la situación estos pagos se harán efectivos. Con este incentivo asociación esperaba cubrir parte de los costos para la operación y manutención del centro de acopio.

Información general

De acuerdo con el esquema actual de manejo de la fracción reciclable, se concluye que se asimila al *escenario 3* del modelo de cálculo de costos, puesto que la recolección, el transporte y la separación y clasificación de residuos para la comercialización es realizada por la Asociación de recicladores en un centro de acopio que es manual.

Se realizó la estimación de los costos actuales de las actividades de recolección y transporte selectivo y clasificación de materiales en el centro de acopio. Esta estimación se realizó con base en las cantidades manejadas, que corresponden a *1.500 toneladas de materiales reciclables en el año*, los cuales están en su mayoría compuestos por cartón y madera, esta última incluida en el modelo como “otros reciclables”.

Tabla 20: Composición de los materiales reciclables

| Material | Composición % |
|-------------------|---------------|
| Papel | 17,67 |
| Cartón | 34,90 |
| Vidrio | 3,30 |
| Plástico | 16,30 |
| Metal | 3,37 |
| Otros reciclables | 22,4 |
| Total | 97,94 |

Fuentes: Asociación, BID/CMMR

Resultados

Recursos empleados

RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

| Aspecto | Vehículo motorizado pequeño |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Capacidad de los vehículos | |
| Número de vehículos totales | 6 |
| Número de vehículos de respaldo | - |
| Operarios de recolección | 16 |
| Conductores | 6 |
| Supervisores | - |

CENTRO DE ACOPIO

| | |
|--|-----------|
| Cantidad de centros de acopio | 1 |
| Toneladas gestionadas en cada centro de acopio por mes | 125 |
| Trabajadores totales en todos los centros | 24 |
| <i>Trabajadores por centro</i> | <i>24</i> |
| <i>Operario de separación, báscula embalaje y minicargador</i> | <i>24</i> |
| <i>Supervisor</i> | <i>-</i> |
| <i>Coordinador operativo</i> | <i>-</i> |
| Número total de recicladores (Incluyendo personal en actividades de Recolección, Transporte, Separación y Clasificación) | 42 |

Resultado general del escenario

| | |
|--|---------------------|
| Ingresos (\$/ton) | \$267 |
| Venta de material reciclable | \$131 |
| Recolección y transporte | \$90 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$25 |
| Remuneración adicional | \$21 |
| Costos (\$/ton) | \$233 |
| Recolección y transporte | \$98 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$135 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| Utilidad o pérdida (\$/ton) | \$34 |
| Resultados para el prestador | Cubre costos |

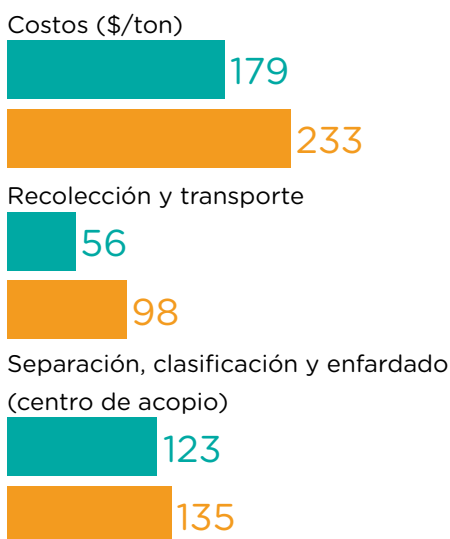
Resultado de la organización de recicladores

ORGANIZACIÓN DE RECICLADORES

| | |
|--|---------------------|
| INGRESOS (\$/año) | \$401.091 |
| Venta de material reciclable | \$197.091 |
| Recolección y transporte | \$135.000 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$37.500 |
| Remuneración adicional variable | \$31.500 |
| Remuneración adicional fija | \$0 |
| COSTOS DEL SERVICIO (\$/año) | \$349.462 |
| Recolección y transporte | \$147.502 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$201.961 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| UTILIDAD O PÉRDIDA (\$/año) | \$51.629 |
| Resultado | Cubre costos |

Comparación con el escenario de referencia

ESCENARIO 3



COMPARACIÓN DE RESULTADOS

| Aspecto | Usuario | Referencia |
|---------------------------------|-----------|------------|
| Recolección y transporte | | |
| Vehículos | 6 | 2 |
| Trabajadores | 18 | 7 |
| Centro de acopio | | |
| Tipo de centro | | Manual |
| Valor inversión | \$128.516 | \$17.379 |
| Trabajadores | 24 | 30 |

■ Resultados Referencias ■ Resultados Usuario

Recomendaciones

- 1.** Incrementar la cantidad de material reciclable recogido, con el ánimo optimizar las inversiones realizadas en los equipos de recolección y transporte así como en el centro de acopio.
- 2.** La asociación necesita evaluar la necesidad que tiene de tener 6 vehículos operando, ya que con la cantidad que recolecta actualmente el modelo señala que se requerirían solo dos. Se evidencia que la flota actual no es eficiente, realiza solo 2 rutas por día, a pesar de que el tiempo de cada viaje es corto y requiere de mantenimiento por lo menos de un vehículo al mes. Lo anterior puede lograrse a través de la definición de nuevas rutas en las que se destine mayor tiempo de recolección al vehículo y/o incrementando la cobertura de recolección para captar mayor material; además, contar con recolección de datos sobre los horarios, tiempos y cantidades de materiales recolectados.
- 3.** Se sugiere en el centro de acopio organizar las secciones de las diferentes actividades (recibo, separación, compactación, entrega etc.) para optimizar los tiempos de trabajo y mejorar los esfuerzos. Se recomienda, además, evaluar la logística de la descarga del material y el alistamiento de ruta, para disminuir los tiempos.
- 4.** Es importante mejorar las condiciones de los operadores de separación, ya que no se cuenta con espacio suficiente para separar los materiales reciclables y se evidencian pérdidas del mismo.
- 5.** Aunque el rendimiento por operario en la separación de material es aceptable (0,33 ton/operario por turno), el centro de acopio cuenta con una banda transportadora que no se encuentra en uso pero que podría mejorar el rendimiento de operación.
- 6.** La asociación está teniendo un alto costo por el pago de los impuestos del lote nuevo que no está usando para separación del material.
- 7.** Es necesario que en el centro de acopio se pesen los residuos enviados a la estación de transferencia, para mantener un control sobre el costo por este transporte.
- 8.** Aunque la actividad de registrar en hojas de cálculo ayuda a tener un control operativo y financiero sobre el centro de acopio, se sugiere aprovechar los recursos actuales, como el software adquirido. Este permite mantener registros de todas las actividades no solo para control de ventas y horas trabajadas como se usa actualmente, sino también otras variables de gastos y costos que le permitirían a los asociados trazar indicadores de las actividades actuales y desarrollar una mejor planeación y mejora de las mismas.
- 9.** Se recomienda asignar un responsable para la generación, análisis y divulgación de la información. Esta persona debería estar a cargo de solicitar el informe trimestral al contador y verificar la información que el mismo le entrega.
- 10.** Es importante que la asociación minimice sus costos y optimice los ingresos, así como recaudar los recursos que adeuda el Estado para la sostenibilidad de su actividad.

Anexo 9. Estudio de caso de la ciudad 7

La población estimada de esta ciudad para 2016 según el censo de 2010 es de 91.969 habitantes, de los cuales el 94% de se localiza en área urbana.

Se estima que diariamente en el municipio se generan 50 toneladas de residuos sólidos provenientes de domicilios residenciales, actividades comerciales, empresas y limpieza urbana. La recolección y el transporte de los residuos convencionales es realizada por una empresa privada contratada por la alcaldía; esta empresa traslada los residuos al relleno sanitario de la ciudad.

La recolección selectiva es realizada por una asociación de recicladores, constituida desde 2002; actualmente la asociación tiene una cobertura del 62% de barrios atendidos, lo que significa atención en 34 barrios y 4 distritos rurales.

La asociación recoge y transporta los residuos reciclables en 3 camiones, uno que fue donado por una ONG, otro cedido por la alcaldía municipal y un último alquilado con recursos de la alcaldía. La separación, manejo y comercialización de los residuos es realizada en un centro de acopio localizado dentro del municipio. Esta área del centro fue cedida por la alcaldía municipal desde su constitución y la asociación es quien asume los costos por operación y mantenimiento.

El material de rechazo del centro de acopio es llevado por la asociación al relleno sanitario del municipio. Los costos por la disposición final de estos residuos son asumidos por la alcaldía municipal.

La ONG, de la cual la asociación hace parte, promueve las condiciones de vida y el trabajo de los recicladores. Para esto busca alternativas para viabilizar los ingresos, la educación y formación de los cooperados y apoya con maquinaria, equipos e infraestructura.

La asociación está conformada por 25 asociados, que se distribuyen las actividades de recolección, transporte, separación y selección del material. Aunque cada asociado tiene diferentes responsabilidades, todos obtienen el mismo pago por hora trabajada. Beneficio que proviene de las toneladas comercializadas del material reciclable.

Como la actividad de recolección y transporte se realiza en conjunto con la alcaldía, entonces con relación a los costos laborales, la alcaldía se encarga de los dos conductores de los vehículos que es responsable y la asociación del conductor del camión que es propietaria y de los ayudantes de reciclaje de los tres camiones.

Actualmente, se comercializan aproximadamente 80 toneladas de residuos por mes. Sin embargo, esta cantidad ha disminuido debido a la pérdida de algunos clientes y la captura de material ya separado en bags por recicladores no asociados a asociación.

Adicionalmente, por la comercialización de los residuos asociación recibe un incentivo financiero otorgado por el Gobierno del Estado.

Información general

De acuerdo con el esquema actual de manejo de la fracción reciclable, se concluye que se asimilaría al *escenario 3* del modelo de cálculo de costos, puesto que la recolección es conjunta entre la asociación y la alcaldía y la clasificación la realizan la asociación de recicladores en el centro de acopio que es manual.

Se realizó la estimación de los costos actuales de las actividades de recolección y transporte selectivo y clasificación de materiales en el centro de acopio. Esta estimación se realizó con base en las cantidades manejadas las cuales corresponden a *1.180 toneladas de materiales reciclables en el año*, los cuales están en su mayoría compuestos por papel y cartón.

Tabla 21: Composición de los materiales reciclables

| Material | Composición % |
|-------------------|----------------|
| Papel | 41,30% |
| Cartón | 33,30% |
| Vidrio | 0,00% |
| Plástico | 18,80% |
| Metal | 0,00% |
| Otros reciclables | 6,60% |
| Total | 100,00% |

Fuente: Asociación.

Resultados

Recursos empleados

RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

| Aspecto | Vehículo motorizado pequeño |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Capacidad de los vehículos | |
| Número de vehículos totales | 3 |
| Número de vehículos de respaldo | - |
| Operarios de recolección | 6 |
| Conductores | 3 |
| Supervisores | - |

CENTRO DE ACOPIO

| | |
|--|-----------|
| Cantidad de centros de acopio | 1 |
| Toneladas gestionadas en cada centro de acopio por mes | 98 |
| Trabajadores totales en todos los centros | 17 |
| <i>Trabajadores por centro</i> | <i>17</i> |
| <i>Operario de separación, báscula embalaje y minicargador</i> | <i>16</i> |
| <i>Supervisor</i> | <i>-</i> |
| <i>Coordinador operativo</i> | <i>1</i> |
| Número total de recicladores | 26 |

(Incluyendo personal en actividades de Recolección, Transporte, Separación y Clasificación)

Resultado general por escenario

| | |
|--|------------------------|
| Ingresos (\$/ton) | \$150 |
| Venta de material reciclable | \$135 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| Remuneración adicional | \$15 |
| Costos (\$/ton) | \$209 |
| Recolección y transporte | \$123 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$86 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| Utilidad o pérdida (\$/ton) | -\$59 |
| Resultados para el prestador | No cubre costos |

Resultado de la organización de recicladores

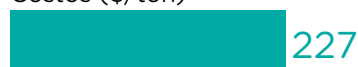
ORGANIZACIÓN DE RECICLADORES

| | |
|--|------------------------|
| INGRESOS (\$/año) | \$177.026 |
| Venta de material reciclable | \$159.763 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| Remuneración adicional variable | \$17.263 |
| Remuneración adicional fija | \$0 |
| COSTOS DEL SERVICIO (\$/año) | \$246.679 |
| Recolección y transporte | \$145.118 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$101.561 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| UTILIDAD O PÉRDIDA (\$/año) | -\$69.653 |
| Resultado | No cubre costos |

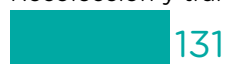
Comparación con el escenario de referencia

ESCENARIO 3

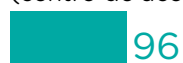
Costos (\$/ton)



Recolección y transporte



Separación, clasificación y enfardado
(centro de acopio)



Resultados Referencias

Resultados Usuario

COMPARACIÓN DE RESULTADOS

| Aspecto | Usuario | Referencia |
|---------|---------|------------|
|---------|---------|------------|

Recolección y transporte

| | | |
|-----------|---|---|
| Vehículos | 3 | 2 |
|-----------|---|---|

| | | |
|--------------|---|---|
| Trabajadores | 9 | 7 |
|--------------|---|---|

Centro de acopio

| | |
|----------------|--------|
| Tipo de centro | Manual |
|----------------|--------|

| | | |
|-----------------|----------|----------|
| Valor inversión | \$30.295 | \$16.446 |
|-----------------|----------|----------|

| | | |
|--------------|----|----|
| Trabajadores | 17 | 22 |
|--------------|----|----|

Recomendaciones

1. Incrementar la cantidad de material reciclable para optimizar las inversiones de recolección, transporte y del centro de acopio.
2. Evaluar la cantidad de rutas que están realizando los vehículos de recolección, ya que el modelo sugiere únicamente el uso de 2 vehículos. Para el efecto, se recomienda utilizar planillas en las cuales se lleve a cabo un control de las distancias recorridas, la cantidad de materiales reciclables recolectados y el tiempo que toma llevar a cabo estas actividades.
3. Distribuir mejor el personal entre las actividades de recolección y clasificación de residuos. La actividad de recolección hoy emplea a 11 personas, cuando el modelo indica que un total de 6 personas es suficiente para la cantidad de residuos recogidos.
4. Hay material reciclado que se pierde a causa de la exposición a la lluvia, lo que ocasiona pérdida de ingresos y esfuerzos. Por lo tanto, se sugiere organizar el espacio de acopio para liberar espacio de los bags que se van a disponer en el relleno o aquellos que necesitan ser clasificados. Así mismo, informar al personal de la recolección que la descarga del material nuevo se realice en las áreas cubiertas durante los días de lluvia.
5. Es necesario que el centro de acopio pese los residuos que lleva al relleno sanitario para mantener un control sobre la actividad de transporte.
6. Exigir y revisar las facturas de compra de material por las empresas con convenios para que no haya duplicidad en la información. Adicionalmente, es conveniente que exista un responsable de la información en el centro de acopio.

7. Tener un sistema digital de información organizado, de manera que se conozcan los ingresos, los costos del centro de acopio y demás informaciones de la actividad de reciclaje para conseguir estudiar la situación y proyectar mejoras.

8. Es indispensable, solicitar al contador los informes contables trimestralmente, para tener información confiable que permita una planeación acertada.

9. Aunque es interesante la iniciativa y el apoyo por parte de la alcaldía al desarrollo de esta actividad, es importante considerar escenarios de sostenibilidad de la propia actividad, que permitan recuperar los costos y que no dependan de la voluntad política. Por esto se recomienda buscar otras fuentes adicionales de ingreso, por ejemplo realizar más convenios con empresas, colegios, supermercados para recolectar más material.

Anexo 10: Estudio de caso de la ciudad 8

El Ministerio rector del sector se encuentra desarrollando la Ley de Residuos, que tiene por objetivo principal establecer las directrices para la gestión y valorización de residuos. Para lo cual, dentro de los objetivos específicos de la ley se encuentra el desarrollo de fuentes de recursos para financiar las actividades de recolección, transporte, separación, clasificación y embalaje de materiales reciclables.

Por lo anterior, a partir las actividades en el marco de esta actividad el ministerio desea conocer los costos que actualmente se están causando, en la capital, con el ánimo de tener referentes para identificar el impuesto a cobrar a los habitantes, por el manejo de los materiales reciclables.

La ciudad 8 es la ciudad más poblada del país, tiene una población aproximada de 1.335.960 personas, diariamente ingresan al relleno sanitario de la ciudad 1.184 toneladas de residuos de las cuales se estima que 304 son potencialmente reciclables. La Intendencia de la ciudad 8 tiene un contrato con una empresa privada que realiza la recolección a partir de contenedores que permiten la presentación diferenciada de los residuos (v.gr. materiales reciclables y no reciclables).

La recolección de los materiales reciclables se realiza con vehículos motorizados, los cuales tienen capacidad de 16 m³ y 21 m³ (propiedad de la intendencia y propiedad del prestador privado de aseo, a partir de: i) puntos voluntarios en supermercado, cuya recolección realiza la intendencia, la cantidad recogida es baja, pero el material es de alta calidad; ii) recolección en la acera, en la cual los usuarios tienen dos contenedores para disponer los residuo, uno verde para ordinarios no reciclables y uno naranja para materiales reciclables, estos residuos son recogidos por prestador privado con vehículos mecanizados de carga lateral; y iii) recolección en complejos habitacionales, los multifamiliares son recolectados por la intendencia con sus propios vehículos. Todos los materiales reciclables son trasladados a 4 centros de acopio ubicados en la ciudad en los cuales se lleva a cabo la clasificación, acopio y embalaje de los materiales. Estos centros de acopio son operados por recicladores de oficio. La operación y administración de estos centros de acopio es concesionada a cooperativas de recicladores.

Actualmente, el esquema es financiado con recursos de las industrias a las cuales se les requirió financiar esquemas de recolección inversa por solicitud de la Ley de Envases; adicionalmente existen aportes de las intendencias, el Ministerio de Desarrollo Social y el Ministerio sectorial. Si bien cada parte aporta recursos, el destino de los mismos no se ajusta a un proceso riguroso de planificación y seguimiento que garantice resultados eficientes.

Información general

En el *escenario de línea base* la recolección y el transporte es llevado a cabo por un prestador privado, así como la administración y operación de los centros de acopio, en donde el prestador privado ha contratado a los antiguos recicladores de oficio. Se considera en el primer caso un vehículo mediano y en el segundo cuatro centros de acopio manuales.

Los centros de acopio reciben actualmente en promedio 3,7 toneladas diarias de residuos y operan 256 días al mes, es decir que en total se manejan 3.789 en el año en los cuatro centros de acopio. Esta cantidad será la utilizada para estimar el costo. La composición de estos residuos es la siguiente:

Tabla 22: Composición de los materiales reciclables

| Material | Composición % |
|-------------------|----------------------|
| Papel | 41,00% |
| Cartón | 24,00% |
| Vidrio | 2,00% |
| Plástico | 26,50% |
| Metal | 6,00% |
| Otros reciclables | 0,50% |
| Total | 100,00% |

Fuentes: Ministerio.

Resultados

Recursos empleados

RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

| Aspecto | Vehículo motorizado pequeño |
|---------------------------------|------------------------------------|
| Capacidad de los vehículos | 3,2 Ton |
| Número de vehículos totales | 3 |
| Número de vehículos de respaldo | 1 |
| Operarios de recolección | 8 |
| Conductores | 4 |
| Supervisores | 1 |

CENTRO DE ACOPIO

| | |
|--|----------|
| Cantidad de centros de acopio | 4 |
| Toneladas gestionadas en cada centro de acopio por mes | 316 |
| Trabajadores totales en todos los centros | 132 |
| <i>Trabajadores por centro</i> | <i>4</i> |
| <i>Operario de separación, báscula embalaje y minicargador</i> | <i>-</i> |
| <i>Supervisor</i> | <i>4</i> |
| <i>Coordinador operativo</i> | <i>-</i> |

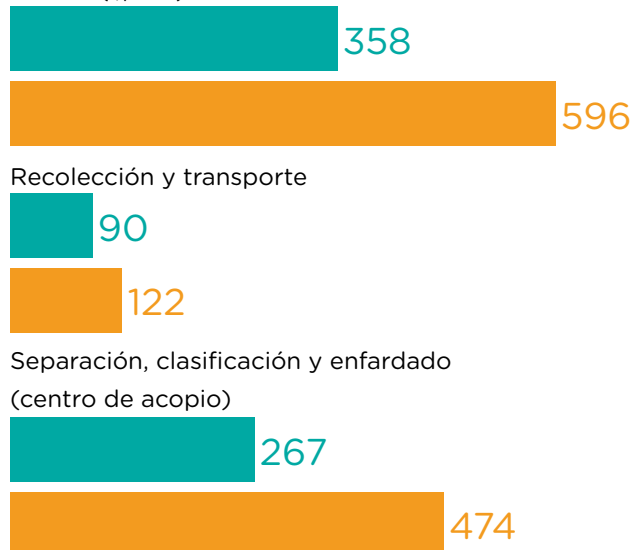
Resultado general del escenario y el prestador del servicio (agrupado por lo que solo participa un actor)

| | |
|--|------------------------|
| Ingresos (\$/ton) | \$130 |
| Venta de material reciclable | \$130 |
| Recolección y transporte | \$0 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$0 |
| Remuneración adicional | \$0 |
| Costos (\$/ton) | \$596 |
| Recolección y transporte | \$122 |
| Separación, clasificación y enfardado (centro de acopio) | \$474 |
| Compra de materiales reciclables (en centro de acopio) | \$0 |
| Utilidad o pérdida (\$/ton) | -\$467 |
| Resultados para el prestador | No cubre costos |

Comparación con el escenario de referencia

LÍNEA BASE

Costos (\$/ton)



■ Resultados Referencias ■ Resultados Usuario

COMPARACIÓN DE RESULTADOS

| Aspecto | Usuario | Referencia |
|---------|---------|------------|
|---------|---------|------------|

Recolección y transporte

| | | |
|--------------|----|---|
| Vehículos | 3 | 2 |
| Trabajadores | 13 | 7 |

Centro de acopio

| | | |
|-----------------|-------------|----------|
| Tipo de centro | | Manual |
| Valor inversión | \$1.662.632 | \$62.916 |
| Trabajadores | 132 | 80 |

Recomendaciones

De acuerdo con lo observado en la visita y los resultados de la modelación se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

1. Incluir en la modelación, en la sección de las inversiones de los vehículos recolectores, un valor por los contenedores, ya que los mismos hacen parte de la recolección.
2. El costo por tonelada calculado corresponde al total de residuos que ingresan en el centro, es decir incluye el 60% de material de rechazo. Por lo anterior, si se tuviera en cuenta únicamente el costo de cada tonelada efectivamente aprovechada, este valor sería muy superior.
3. Incluir el costo del centro de acopio para tener mayor claridad sobre los costos totales de la actividad.
4. El valor estimado en el centro de acopio es elevado en relación con las estimaciones realizadas en otros municipios. Lo anterior se debe principalmente a la cantidad de rechazo que se genera en el centro de acopio, la productividad de los operarios y la subutilización de los equipos. Por lo anterior, se recomienda tomar medidas para que la operación sea más eficiente, las cuales comprenden la sensibilización a los usuarios para que entreguen los residuos separados en la fuente y remuneración por resultados a los operarios y supervisores.

