



DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA MUNICIPIO LAS HERAS

Enero de 2018



Índice

Agradecimientos	v
Antecedentes	viii
Introducción.....	ix
1. Municipio Las Heras en cifras.....	11
2. Metodología del diagnóstico en municipios	14
3. Consumo de energía del municipio	17
3.1. Alumbrado público (AP).....	17
3.2. Residuos sólidos (RS).....	19
3.3. Agua potable y residual (APR).....	21
3.4. Transporte – Flota vehicular Municipal (TFM).....	22
3.5. Edificios públicos (EP).....	24
4. Medidas de eficiencia energética	25
4.1. Impacto energético y económico de las medidas en el municipio Las Heras	26
• Sector alumbrado público (AP).....	26
• Sector edificios públicos (EP).....	27
• Sector residuos sólidos (RS).....	29
• Sector transporte flota municipal (TFM).....	30
4.2. Priorización de las medidas.....	32
5. Conclusiones y recomendaciones.....	35
Referencias.....	38
Anexo 1. Análisis de impacto de medidas del sector alumbrado público (AP).....	39
Anexo 2. Análisis de impacto de medidas del sector edificios públicos (EP).....	42
Anexo 3. Análisis de impacto de medidas del sector residuos sólidos (RS).....	47
Anexo 4. Análisis de impacto de medidas del sector transporte - flota municipal (TFM).....	52

Índice de figuras

<i>Figura 1</i>	<i>Evolución del consumo de electricidad en el municipio Las Heras</i>	12
<i>Figura 2</i>	<i>Distribución de tecnologías para alumbrado público</i>	17
<i>Figura 3</i>	<i>Consumo de electricidad y gasto en alumbrado público</i>	18
<i>Figura 4</i>	<i>Comparativo de emisiones de CO₂ por luminaria en municipios</i>	19
<i>Figura 5</i>	<i>Composición de los residuos sólidos municipio Las Heras</i>	20
<i>Figura 6</i>	<i>Rendimiento del consumo de combustible por municipio</i>	20
<i>Figura 7</i>	<i>Impacto económico de las medidas en el alumbrado público</i>	27
<i>Figura 8</i>	<i>Impacto económico de las medidas en edificios públicos</i>	28
<i>Figura 9</i>	<i>Impacto energético y ambiental de las medidas en la flota municipal</i>	30
<i>Figura 10</i>	<i>Impacto económico de las medidas en la flota municipal</i>	31
<i>Figura 11</i>	<i>Priorización económica y energética de las medidas (EP)</i>	33

Índice de tablas

<i>Tabla 1</i>	<i>Formularios del consumo de energía del municipio Las Heras</i>	14
<i>Tabla 2</i>	<i>Indicadores utilizados para la priorización de medidas de eficiencia energética</i>	15
<i>Tabla 3</i>	<i>Localidad y operadores del servicio de agua potable y residual</i>	21
<i>Tabla 4</i>	<i>Medidas de eficiencia energética evaluadas</i>	25

Agradecimientos

Los diagnósticos de eficiencia energética son parte de las iniciativas del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para apoyar la identificación de áreas de mejora en el desarrollo sostenible de los municipios. Dentro del BID la recolección y análisis de la información la realizó el equipo de Sustainable Energy For All (SE4ALL) apoyado por la iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (CES).

El equipo SE4ALL del BID quisiera agradecer el apoyo de UNICIPIO, en particular a Graciela Marty y Humberto Mingorance, quienes con un alto dinamismo colaboraron con el seguimiento de la recolección de datos en los municipios de la Provincia de Mendoza. Además, el equipo quisiera agradecer a Bruno Papini, Facundo Armentano y Álvaro de la Iglesia por su valiosa contribución como contraparte técnica y sobre todo por su compromiso con la correcta recolección de los datos sobre los que se sustenta el diagnóstico de la municipalidad de Las Heras.

Por último agradecemos enormemente la colaboración de los distintos puntos focales que nos apoyaron técnicamente desde sus instituciones: Hugo Reos del EPRE, Laura Barnabó de EMESA, Nadia Rapali de la APOT, Erica Correa del INAHE/CONICET, Laura Fagot y Alejandro Mas de la Secretaría de Servicios Públicos, Darío Hernández de Aysam, Marcela Dávila de la DPA, José Reta y Víctor Burgos del INA. Gracias a su colaboración pudimos recabar datos reales y actuales para este estudio de alta complejidad.

DIAGNÓSTICO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS HERAS



Enmarcado en la iniciativa mundial “Energía Sostenible para Todos” que promueve:

- Innovación energética
- Formación en consumo sostenible en América Latina y el Caribe

1. DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO

Se categorizaron **400 Variables**, organizadas en las secciones de: **infraestructura, consumo de energía y propietarios.**

Los sectores analizados corresponden a las áreas en las que el municipio controla el gasto y gestión de la energía:



2. EVALUACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

1. ★★★★★ Priorización de medidas a ser implementadas en el municipio
2. ★★★★★
3. ★★★★★

Basado en la valoración y comparación del costo beneficio de:

-  Ahorro de energía
-  Reducción de la contaminación
-  Rentabilidad

Las medidas se evaluaron en un horizonte de 10 años tomando en cuenta dos escenarios de precios de electricidad y combustibles, que valoran la sensibilidad de las rentabilidades al incremento de las tarifas de energía y del precio del dólar. El primer escenario considera precios de 2015, año base de recolección de la información y el segundo escenario los precios de 2017.

Sector Alumbrado Público

- Está entre los cinco municipios con menor consumo de energía y gasto en alumbrado público.



Alumbrado público.



- Sistema inteligente de gestión de operación



21 %



1.979 t/año



Escenario 2017: TIR = 93% & PRI = 2 años



Recambio de luminarias

Ajuste de los postes del alumbrado público

Sector Edificios Públicos

- Cuenta con 64 edificios públicos
- Consumo promedio: 552 kWh/m²



Sistema fotovoltaico



19%



40 t/año



Escenario 2017 TIR = 84,7% & PRI < 2 años



Programa de recambio de luminarias



Incandescentes.

- Programa de estándares mínimos de eficiencia

Sector Residuos Sólidos

- Genera 81.225 t/año de residuos sólidos
- Posee 12 camiones como flota de recolección
- Rendimiento promedio: 2,12 km/l



Capacitación para la conducción eficiente



6%



74 t/año



Escenario 2017: TIR 1.860% & PRI < 1



año



Reciclaje de residuos

Sector Flota Municipal

- Posee 70 unidades
- La flota recorre en promedio 6.181 km/día



Capacitación para la conducción eficiente



7%



172 t/año



Escenario 2017: TIR= 891% & PRI <1 años



Mejora de la eficiencia de operación de vehículos



usados

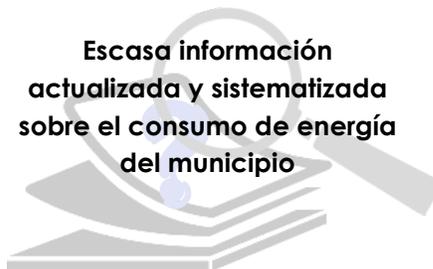
Recambio de la flota por vehículos eléctricos

BARRERAS



Largos procedimientos internos para la toma de decisiones y desarrollo de procesos de licitación

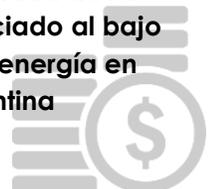
INSTITUCIONALES



Escasa información actualizada y sistematizada sobre el consumo de energía del municipio

TÉCNICAS

Baja rentabilidad de las medidas asociado al bajo costo de la energía en Argentina



ECONÓMICAS

Antecedentes

Los diagnósticos de eficiencia energética a nivel municipal se enmarcan en las iniciativas del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para promover la innovación energética y mejorar el conocimiento sobre el consumo de energía en América Latina y el Caribe (ALC). En particular, los diagnósticos de eficiencia energética son parte de las líneas de acción del BID para apoyar la iniciativa mundial “Energía Sostenible para Todos” (SE4All por sus siglas en inglés) que impulsa la Organización de las Naciones Unidas (ONU), y que tiene por objetivos globales al año 2030: i) asegurar el acceso universal a los servicios energéticos modernos; ii) duplicar la tasa global de mejora en eficiencia energética; y iii) duplicar la participación de las energías renovables en la matriz energética de los países.

Los países de ALC enfrentan importantes barreras relacionadas a su rápido crecimiento al nivel de ciudades, que tienen relación con la provisión de servicios y en particular con la expansión y mejoramiento de la capacidad instalada de sectores como salud, educación y energía, entre otros. Para superar estas barreras, las ciudades buscan analizar sus prácticas de consumo de energía para generar una planificación de desarrollo bajo un enfoque sostenible y al mismo tiempo mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos. A fin de contribuir con el manejo sostenible de los recursos energéticos, la planificación urbana y la sostenibilidad fiscal de las ciudades en ALC, el BID creó la iniciativa de Ciudades Emergentes Sostenibles (CES).

Dada la oportunidad que existe para combinar los esfuerzos en materia de eficiencia energética emprendidos por las iniciativas de SE4All y CES, el BID solicitó la elaboración del diagnóstico del potencial de eficiencia energética en los sectores prioritarios de ciudades, para apoyar la identificación de las medidas de ahorro de energía y mejoramiento de los servicios públicos que prestan los municipios.

Introducción

El uso eficiente de la energía en Latinoamérica está ganando importancia dentro de los planes estratégicos de los países. En general, se observa la inclusión del uso racional de la energía y la implementación de medidas de eficiencia energética como parte de las actividades para impulsar el crecimiento económico, fortalecer la seguridad energética y disminuir la dependencia de la importación de combustibles.

La eficiencia energética consiste en el uso de tecnologías e implementación de prácticas y acciones enfocadas a reducir el consumo de energía manteniendo el nivel de calidad para elaborar productos o prestar servicios. En este sentido, la eficiencia energética no representa una contradicción al crecimiento de los principales sectores que conforman la economía de los países, por el contrario, representa una oportunidad para mejorar la competitividad del sector público y privado, que además reduce costos e impactos ambientales.

Para la política energética, la eficiencia en el uso de energía representa un importante motor para el desarrollo. Su promoción, además de mejorar la competitividad de los países, apoya las acciones para reducir las de emisiones contaminantes y dependencia energética. En la medida que la sociedad en su conjunto consuma menos energía para satisfacer sus necesidades productivas y de actividad económica, más competitiva será la economía. Por su parte las acciones para reducir el impacto ambiental se apoyan en la modernización de tecnologías y desarrollo de procedimientos que cumplan con estándares mínimos de calidad y desempeño energético. Con la introducción de tecnologías eficientes se podría facilitar la diversificación del consumo de fuentes alternativas a los combustibles líquidos y del gas natural.

A pesar de la existencia de un cierto consenso sobre los beneficios de la eficiencia energética, su inclusión en los planes estratégicos de empresas e instituciones enfrenta barreras de información, económicas y técnicas que dificultan su ejecución. En este sentido, la obtención de información de calidad sobre el funcionamiento de las empresas e instituciones es esencial para identificar los sectores con mayor potencial de reducción de consumo de energía.

En consideración de lo anterior se justifica la preparación de diagnósticos de eficiencia energética en los municipios de Argentina a fin de evaluar e identificar las oportunidades de ahorro que resulten de la implementación de medidas, que disminuyan el gasto municipal, reduzcan el consumo de energía y de emisiones contaminantes. El presente diagnóstico de Las Heras se compone de cinco secciones. La primera sección describe los aspectos más relevantes de su territorio, población, economía y consumo de energía. Las secciones siguientes (segunda y tercera) explican la metodología empleada para caracterizar el consumo de energía y los principales resultados obtenidos. Por último, la cuarta y quinta sección priorizan las medidas de eficiencia energética en base a su impacto económico, energético y medio ambiental, además de presentar las conclusiones y recomendaciones.

Esperamos que este producto de conocimiento vaya en beneficio de los municipios y del país.

- Roberto Aiello
- Julio López
- Fernando Anaya

Municipio Las Heras en cifras

Con una superficie de 10.035 km², el municipio se caracteriza por tener condiciones de clima árido - templado, con precipitaciones promedio anuales de 168 mm y temperatura promedio que oscila entre 8°C y 42°C según la estación del año (DEIE, 2012). El municipio se localiza en la Provincia de Mendoza a unos cinco kilómetros de la capital y limita al norte con la provincia de San Juan, al oeste con la República de Chile, al sur con el departamento de Luján y al este con los departamentos de Lavalle, Guaymallén, Capital y Godoy Cruz.

Para el año 2016 Las Heras alcanzó una población de 219.248 habitantes (INDEC, 2017a) y la densidad poblacional alcanza 21,8 personas por km². Sus habitantes están distribuidos en 53.743 hogares con un promedio de 3,45 personas por hogar. De las 49.332 viviendas registradas en el municipio, el 94,6% se ubican en el área urbana y el resto en zonas rurales.

• **Economía**

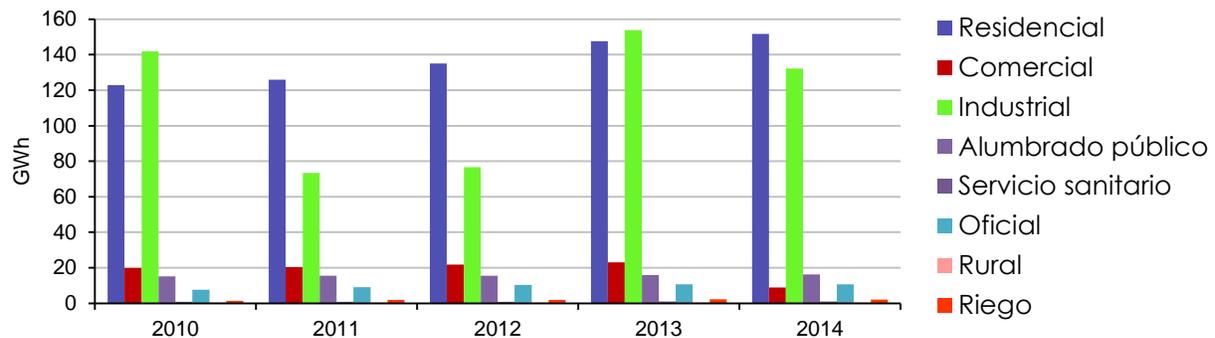
Para el año 2014, el municipio generó un producto bruto geográfico¹ (PBG) de 7.070 millones de pesos, que representó el 5% del PBG provincial (UN Cuyo). La municipalidad de Las Heras, a cargo de la prestación de servicios a la comunidad, contó con un presupuesto de 913 millones de pesos para el año 2016.

El desarrollo económico de Las Heras se fundamenta en los sectores de servicios, finanzas y comercio. En 2014 la producción de servicios alcanzó un PBG de 2.026 millones de pesos (29% del total), la actividad comercial generó 1.757 millones de pesos, aportando 25% del PBG; mientras que la actividad financiera agrupó el 18% del PBG, con 1.247 pesos.

• **Consumo de energía**

En el año 2014 el consumo de electricidad del municipio alcanzó 391,2 GWh, lo que significó un crecimiento cercano al 20% respecto al consumo facturado el año 2010 (MEM, 2017a). La figura siguiente muestra la evolución y distribución del consumo de energía para el periodo 2010 - 2014.

¹“El PBG es un indicador sintético del esfuerzo productivo realizado en una región geográfica en un determinado período de tiempo que, a nivel del país en su conjunto, equivale al PIB aunque hasta ahora la suma de los PBGs de cada una de las provincias no resulta exactamente igual al PIB” Universidad de Cuyo 2016

Figura 1**Evolución del consumo de electricidad en el municipio Las Heras**

Fuente: (MEM, 2017a).

Del gráfico anterior se identifica que el alumbrado público y los edificios públicos (consumo “Oficial”) son los sectores que agrupan la mayor demanda de electricidad que se encuentra bajo la responsabilidad de la municipalidad de Las Heras.

- **Eficiencia energética**

El municipio carece de ordenanzas orientadas al uso eficiente de energía. No obstante se conoce que Las Heras está trabajando en un proyecto de eficiencia energética orientado a reducir el consumo de energía en el sector público. A nivel nacional y provincial se han aplicado algunas iniciativas legales y estratégicas en esta materia.

En referencia a proyectos de eficiencia energética, actualmente se desarrollan programas nacionales que ofrecen líneas de crédito para la inversión en eficiencia energética y certificación de sistemas de gestión de la energía (Proyecto ISO 50001). En paralelo se evalúan programas que tienen como objetivo promover el uso eficiente de la energía en los sectores de alumbrado y edificios públicos. En el marco de estos programas, la Provincia de Mendoza desarrolla cursos dirigidos a las empresas con el objetivo de generar conocimientos para la aplicación de mejoras tecnológicas y de gestión en sus procesos que concentran un alto consumo de energía. Además, se presta apoyo técnico para incluir criterios de eficiencia energética en los procesos de licitación de construcción de edificios públicos como bibliotecas y hospitales (Gobierno de Mendoza, 2017).

Metodología del diagnóstico en municipios

La caracterización del consumo de energía en el municipio se basó en la recolección de datos suministrados por los puntos focales del municipio e investigación de información pública. La recolección de datos inició en agosto de 2016 y culminó en febrero de 2017 e incluyó actividades como entrevistas a puntos focales en municipios y expertos, consulta de bases de datos oficiales y dos visitas al municipio para la verificación de la información.

La recolección de datos se consolidó en los formularios preparados para cada sector. Dichos formularios se compusieron por cinco hojas de cálculo que incorporaron los valores de las 400 variables recolectadas, y que fueron agrupadas según se indica en la tabla a continuación. El levantamiento de información excluyó el sector agua potable y residual por estar fuera del control del municipio, además de su escasa injerencia en la implementación de medidas de eficiencia energética.

Tabla 1

Formularios del consumo de energía del municipio Las Heras

Planilla	Síntesis de información
1. Información básica	A.- Datos generales a nivel nacional. B.- Datos generales del municipio. C.- Consumo y gastos de energía del municipio.
2. Alumbrado público	A.- Infraestructura de alumbrado público y servicios. B.- Consumo de electricidad, gastos y presupuesto. C.- Propietario o responsable.
3. Edificios públicos	A.- Infraestructura de servicios. B.- Consumo de electricidad, gastos y presupuesto. C.- Propietario o responsable. D.- Potencial para la instalación de paneles solares.
4. Residuos sólidos	A.- Generación de residuos. B.- Recolección y gestión de residuos. C.- Propietario o responsable.
5.- Flota vehicular municipal	A.- Información general de la flota. B.- Consumo de energía, gastos y presupuesto.

Una vez completada la caracterización del consumo de energía en los sectores mencionados, se evaluó el impacto de la implementación de medidas de eficiencia energética. En particular, se evaluó el impacto económico (rentabilidad), energético (ahorro de energía) y ambiental (reducción de CO₂) de un grupo de medidas seleccionadas en base a la experiencia internacional.

El análisis de las medidas incluye la estimación del costo-efectividad del ahorro en el presupuesto municipal, consumo de energía, y la reducción de emisiones de CO₂ para un horizonte de diez años.

Esta estimación evalúa la rentabilidad para cada medida de eficiencia energética mediante el cálculo del valor actual neto (VAN) al 18%, la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión. Para la estimación del costo-efectividad del ahorro en pesos se calculó el valor actual (VA) del flujo de caja de la inversión, asumiendo la misma tasa de interés del VAN (18%). Por otra parte, el cálculo del costo - efectividad del ahorro de energía y reducción de CO₂ provienen de la relación entre el costo de la medida y el ahorro de energía o reducción de CO₂ acumulado durante los diez años de vida del proyecto.

La construcción de los flujos financieros de cada medida es el resultado de la comparación de las condiciones ex ante y ex post de su implementación. En particular se considera que los ingresos generados por la aplicación de la medida corresponden con el ahorro en pesos alcanzado respecto a la situación previa a su implementación, por lo tanto, no se consideran ingresos distintos a los ahorros en pesos, como el valor comercial de las reducciones de emisiones de CO₂. Por último, a estos ahorros se les descontaron los costos de inversión los gastos de operación y mantenimiento de cada medida.

El análisis del impacto económico se basa en dos escenarios de precios de electricidad y combustibles. Estos escenarios buscan evaluar la sensibilidad de las rentabilidades ante el incremento de tarifas de energía, incluido el incremento del dólar. Por una parte, el primer escenario toma las condiciones de 2015 por corresponder con el año en el que se recolectó la información; mientras que, el segundo escenario evalúa los resultados en base a precios ajustados de la electricidad y combustibles anunciados para 2017. Para este último año se consideran incrementos de 117% en electricidad, 60% en gas doméstico y un promedio de 24% en combustibles líquidos como el diésel y la gasolina.

A partir del análisis del impacto económico y ambiental, se valoraron las medidas para su priorización. Dicha priorización se basa en la combinación de indicadores y criterios para su interpretación. La tabla siguiente resume los indicadores y criterios utilizados para la priorización de las medidas de eficiencia energética.



Indicadores utilizados para la priorización de medidas de eficiencia energética

Indicadores energéticos y ambientales	Definición	Interpretación
Ahorro de energía (Ahe)	Reducción del consumo de energía producto de la aplicación de la medida	A mayor Ahe mayor prioridad
Reducción de CO₂ (RCO₂)	Abatimiento del CO ₂ producto de la aplicación de la medida	A mayor RCO ₂ mayor prioridad

Indicadores económicos	Definición	Interpretación
------------------------	------------	----------------

Indicadores económicos	Definición	Interpretación
Costo - efectividad (CE)	Costo de inversión por unidad de beneficio producto de la aplicación de la medida	La medida que genera el mismo beneficio al menor costo tendrá mayor prioridad
Valor actual neto (VAN)	Comparación de los costos con los beneficios de todos los flujos de recursos descontados a una tasa elegida.	A mayor VAN mayor rentabilidad y mayor prioridad
Tasa interna de retorno (TIR)	Tasa de interés a la que el valor actual neto de los costos de la inversión es igual al valor presente neto de los beneficios de la inversión	A mayor TIR mayor prioridad
Periodo de recuperación de la inversión (PRI)	Tiempo que se requiere para recuperar la Inversión inicial de un proyecto	A menor PRI mayor prioridad
$PE_i = PCE_i + PVAN_i + PTIR_i + PPRI_i$ $PEA_i = PAhe_i + PRCO_{2i}$ <p>Donde: PE = prioridad económica de la medida i; PEA = prioridad energética ambiental de la medida i; P = orden de prioridad</p>		

Los indicadores se evaluaron con una puntuación entre 1 y “n”, siendo “n” el total de medidas consideradas para el sector estudiado. Dicha puntuación se estableció en función del orden de prioridad de cada indicador dentro del conjunto de medidas del sector, siendo 1 la mayor prioridad y “n” la menor. Finalmente, cada medida se priorizó aplicando las ecuaciones indicadas en la tabla anterior, resultando de mayor prioridad la de menor valor total.

Consumo de energía del municipio

3.1. Alumbrado público (AP)

La municipalidad de Las Heras cuenta con 89% de cobertura de alumbrado en sus vías de tránsito y espacios públicos. El parque instalado de luminarias se compone por 23.500 puntos de iluminación, que se encuentran distanciados en promedio a 30 metros. En referencia al monitoreo del consumo por punto de iluminación, el 96% cuenta con medidor.

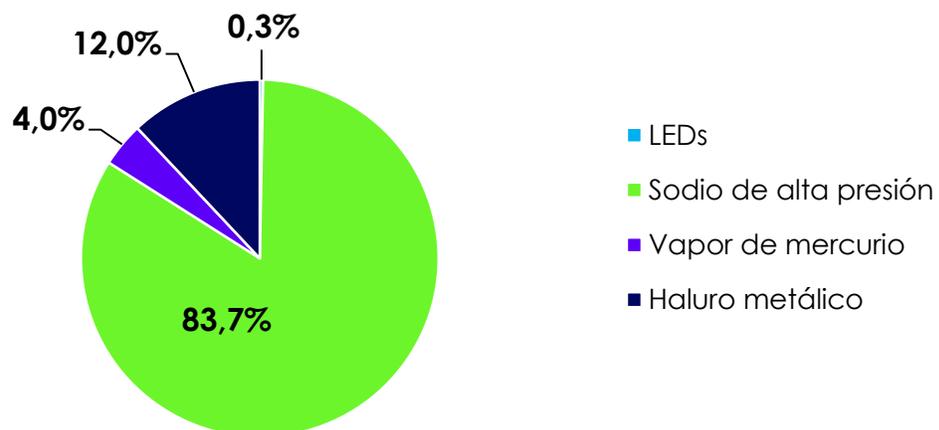


Instalaciones del alumbrado público del municipio.

Del total de luminarias cerca del 91,7% están destinadas a la iluminación de caminos, calles y carreteras, 8% se encuentra instalado en zonas recreacionales como parques y plazas y el restante 0,3% en túneles.

Figura 2

Distribución de tecnologías para alumbrado público



Fuente: Elaboración propia.

La figura anterior destaca la participación de la tecnología de sodio de alta presión en el parque instalado de alumbrado público, con 83,7% del total y una potencia instalada promedio de 185 Watts. Las luminarias de haluro metálico tienen una participación del 12% y una potencia de 350 Watts, seguida por las de vapor de mercurio, con 4% y una potencia promedio de 160 Watts. En último lugar se ubica la tecnología LED, con una potencia promedio de 120 Watts. A continuación se indican algunos indicadores de importancia para el sector

- Consumo anual de electricidad por km de calles iluminadas: 23.591 kWh/km
- Porcentaje de calles iluminadas en el municipio: 90%
- Consumo anual de electricidad por poste de iluminación: 715 kWh/poste

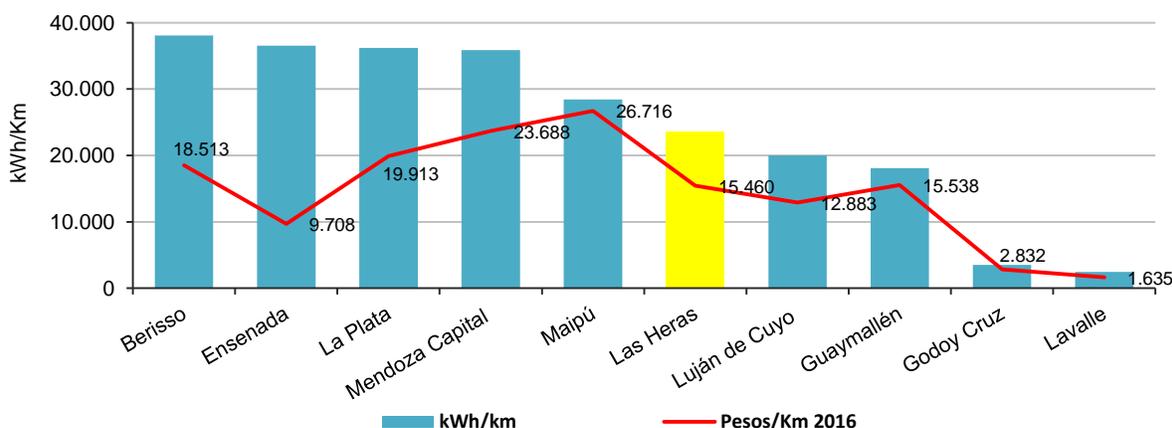
Los datos recolectados indican que el alumbrado público de todo el municipio funciona en promedio 12 horas diarias en caminos, calles, carreteras, parques y monumentos; mientras que en los túneles funcionan 24 horas. Este factor de uso del sistema de alumbrado corresponde con 4.380 horas de funcionamiento al año. El municipio cuenta con un sistema de gestión inteligente de luminarias que permite regular la cantidad de luminosidad de cada poste en base a la hora del día o la luz natural disponible.

En general el parque de iluminación presenta un alto número de averías. El municipio registra que anualmente las averías afectan al 12% del total de puntos de iluminación, siendo la antigüedad de las luminarias la causa principal de su mal funcionamiento. Respecto a su antigüedad, el 48% de los puntos de iluminación tienen más de 6 años, 32% entre 3 a 6 años y el restante 20% tiene 2 años o menos.

Al comparar al municipio Las Heras con el resto de municipios analizados (ver figura siguiente), se identifica que es el quinto con menor consumo de energía por kilómetro de iluminación.

Figura 3

Consumo de electricidad y gasto en alumbrado público



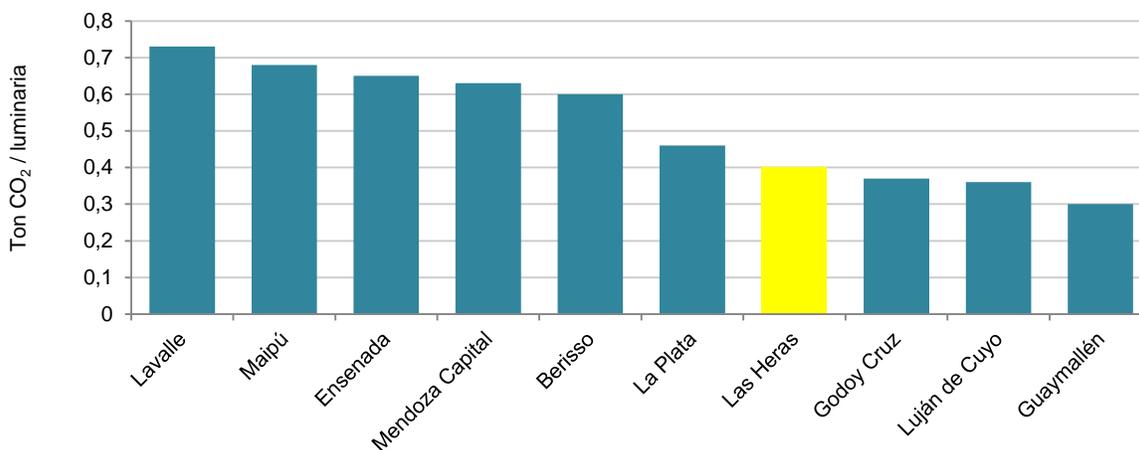
Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2015, la municipalidad destinó cerca de 29 millones de pesos para gastos de electricidad, operación y mantenimiento del alumbrado público. El 83% de los fondos para financiar el alumbrado público proviene del presupuesto municipal y el restante 17% del derecho de alumbrado público. El gasto por consumo de electricidad fue cercano a 11 millones de pesos (37% del gasto total), mientras que los 18 millones restantes (71% del presupuesto) se destinaron a gastos de operación y mantenimiento.

La intensidad del consumo de energía del sistema de alumbrado público tiene una importante contribución a las emisiones totales de gases contaminantes del municipio. En base al factor de emisión del sistema de generación de Argentina (0,509 toneladas de CO₂ por MWh), las emisiones totales alcanzaron 8.551 toneladas de CO₂ al cierre de 2015. Analizado por unidad, el municipio emite en promedio 0,4 toneladas anuales de CO₂ por luminaria instalada. A continuación, se comparan las emisiones del sistema de alumbrado público de Las Heras, respecto a los municipios con los que se cuentan con información.

Figura 4

Comparativo de emisiones de CO₂ por luminaria en municipios



Fuente: Elaboración propia.

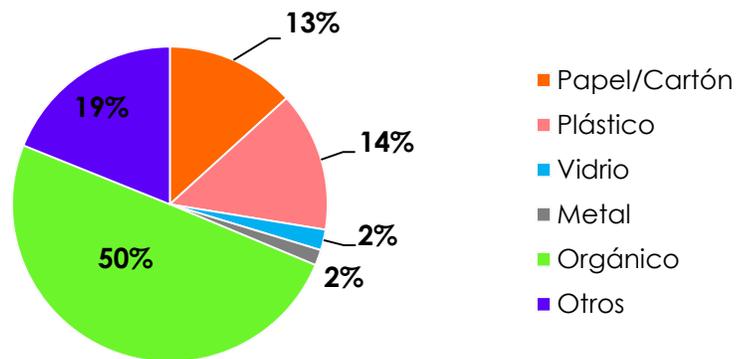
3.2. Residuos sólidos (RS)

Para el año 2016 el municipio generó un total de 81 mil toneladas de residuos sólidos. A continuación, se muestra la composición de los residuos del municipio en base a la desagregación nacional por tamaño de población (De Luca y Giorgi, 2015).



Figura 5

Composición de los residuos sólidos municipio Las Heras



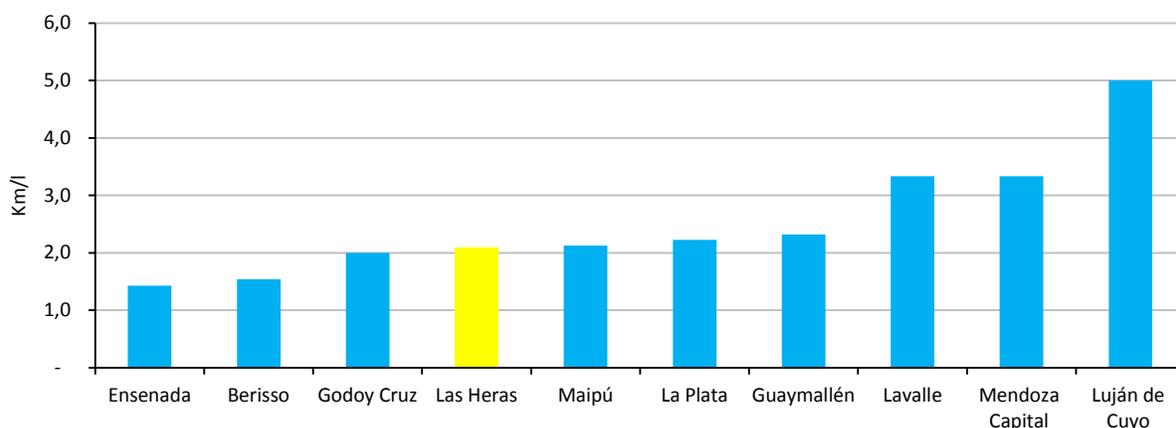
Fuente: DeLuca y Giorgi (2015).

La flota destinada a la recolección de residuos sólidos se compone por 12 camiones. Cada unidad de recolección está provista de un mecanismo compactador con capacidad máxima de carga de 10 toneladas, capacidad que es ocupada al 100% en cada viaje.

Dada la falta de información sobre el consumo de combustible por camión para el municipio Las Heras, se planteó el supuesto de un consumo similar a los camiones de otros municipios analizados. En este sentido, se estima que en promedio los camiones tienen un consumo de 0,45 litros por kilómetro (2,2 Km/litro). A continuación, se compara el rendimiento de consumo de combustible del municipio Las Heras respecto al resto de los municipios analizados.

Figura 6

Rendimiento del consumo de combustible por municipio



Fuente: Elaboración propia.

Algunos indicadores del sector son los siguientes:

- Residuos per cápita para el año 2016: 1,01 kg/día (370 kg/año)
- Porcentaje de residuos sólidos llevados a relleno sanitario: 100%

3.3. Agua potable y residual (APR)

La operación de plantas para la provisión del servicio de agua potable y tratamiento de aguas residuales está a cargo en gran parte por la empresa Aguas Mendocinas, Agua y Saneamiento de Mendoza (AYSAM). Otras localidades del municipio como El Algarrobal, El Borbollón, El Challao y El Plumerillo están a cargo de otros operadores comunitarios o comerciales.

Tabla 3

Localidad y operadores del servicio de agua potable y residual

Localidad	Operador	Tipo de servicio
El Algarrobal	Comisión de Agua Potable 19 de Noviembre	Agua
El Algarrobal	Cooperativa de Viviendas, Urbanización, Servicios Públicos, Asistenciales y Consumo, Plumerillo Sur LTDA	Agua
El Algarrobal	Cooperativa de Servicios Públicos Barrio San Pablo LTDA	Agua
El Borbollón	Asociación Consorcio de Agua Potable El Borbollón	Agua
El Challao	Consorcio de Propietarios RUCALEN	Agua
El Plumerillo	Cooperativa Rural de Servicios Públicos El Plumerillo.	Agua

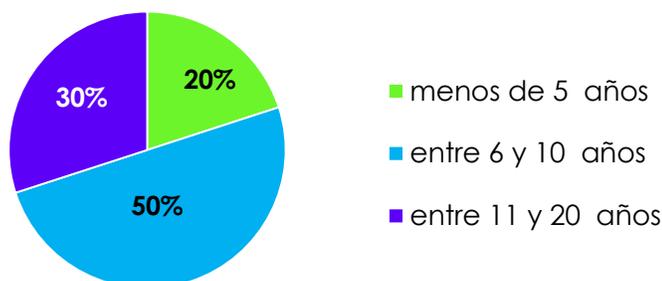
Fuente: Elaboración propia en base a datos aportados por EPAS (2017).

La fuente principal de abastecimiento de agua del municipio proviene de la red de plantas potabilizadoras de agua de Mendoza. Esta red de abastecimiento consta de 80 bombas, de las que 53 extraen agua de pozos. En general, el sistema permite bombear y potabilizar 186 millones de metros

cúbicos de agua al año, a distribuirse por medio de 2.984 km de redes de tuberías que sirven al 93% de los hogares del municipio. El 85% del agua es abastecida por gravedad y el 15% restante por bombeo. A continuación, se muestra la distribución de antigüedad promedio de las bombas utilizadas en el sistema de abastecimiento de agua.

Figura 7

Antigüedad de las bombas de abastecimiento de agua



Fuente: Elaboración propia.

Algunos indicadores del abastecimiento de agua potable son los siguientes:

- Consumo de agua per cápita: 400 litros/día
- Porcentaje de pérdidas del total producido: 40%

Por otra parte, el sistema de tratamiento de aguas residuales consta de 10 bombas, de las que ocho tienen una antigüedad superior a seis años. El servicio sanitario que presta este sistema permite tratar 98 millones de metros cúbicos de agua al año, provenientes del 80% de los hogares del municipio, con una cobertura de 2.112 km de alcantarillado.

En consideración de la escasa injerencia del municipio sobre la implementación de medidas de eficiencia energética en el sector de agua sanitaria y residual, éste se excluyó del análisis de impacto de medidas de eficiencia energética.

3.4. Transporte – Flota vehicular Municipal (TFM)

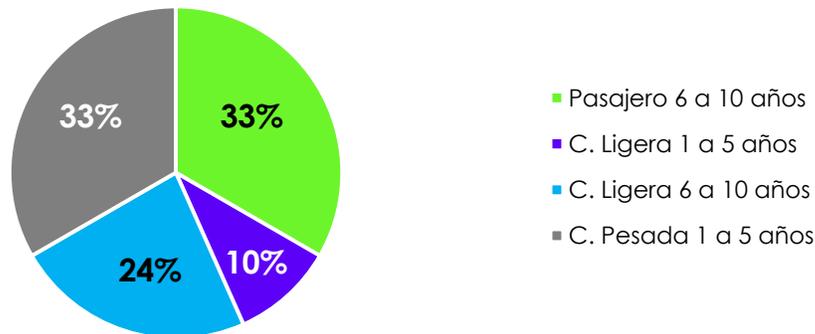
La flota municipal agrupa dentro de sus categorías vehículos que cumplen diferentes funciones. Los vehículos de carga ligera transportan equipos, materiales y se utilizan para gestiones administrativas de la municipalidad. Los vehículos de carga pesada, por su parte, se destinan al traslado de escombros, y materiales para construcción y mantenimiento de carreteras, entre otros. Por último, la maquinaria se utiliza para las podas y mantenimiento de carreteras y caminos, entre otros.



El parque vehicular municipal está constituido por 70 unidades. Esta flota se distribuye en 40 vehículos de pasajeros, 15 vehículos de carga pesada, 14 vehículos otros y un vehículo de carga ligera. A continuación se muestra la distribución de la antigüedad por tipo de vehículo.

Figura 9

Distribución porcentual por tipo de vehículo de la flota municipal

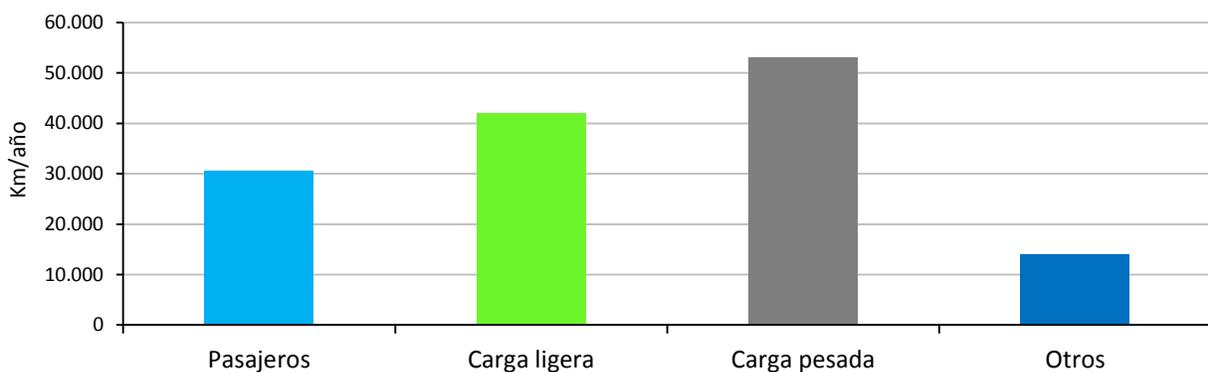


Fuente: Elaboración propia.

La flota vehicular municipal viaja en promedio 2.256.404 km al año, con un recorrido por unidad y tipo de vehículo al año de: pasajeros 30.576 km, carga ligera 42.000 km, carga pesada 53.000 km y otros 14.026 km. En total la flota consume 385.800 litros de combustible al año, generando un gasto de 6.387.702 de pesos en combustible. La figura siguiente muestra la distancia promedio recorrida por tipo de vehículo.

Figura 10

Promedio de kilómetros recorridos por tipo de vehículo al año



Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico anterior se identifica que existe un importante potencial de ahorro de combustible producto de la optimización del uso de la flota. Esta optimización, puede efectuarse en base al uso y ruta que cubre cada unidad. Si bien, la falta de información desagregada de la flota no permite evaluar el

potencial de ahorro producto de su optimización, se recomienda que el municipio efectúe un monitoreo para identificar los tipos de vehículos con el mayor potencial de ahorro.

3.5. Edificios públicos (EP)

Se estima que la municipalidad de Las Heras tiene bajo su cargo la propiedad de 14 edificios destinados a oficinas, 9 a espacios culturales y más de 40 áreas recreacionales.

El diagnóstico de los edificios públicos consistió en una visita a los espacios de oficinas, edificios culturales e instalaciones recreacionales representativas. En cada levantamiento de datos por tipo de edificio se identificaron las tecnologías de iluminación, acondicionamiento de espacios (calefacción y AC), materiales de construcción y características de consumo de energía, entre otros.

Algunos indicadores relevantes de edificios públicos son los siguientes:

- Consumo de electricidad por metro cuadrado: 552 kWh/m²
- Costo de electricidad por metro cuadrado: 303 pesos/m²

4. Medidas de eficiencia energética

La selección de las medidas a evaluar en cada sector toma como referencia la experiencia internacional de proyectos de eficiencia energética en municipios². Estas medidas, listadas en la tabla siguiente, se analizaron tomando en consideración las condiciones particulares de consumo y gestión de la energía del municipio Las Heras. A continuación se listan las medidas evaluadas por sector.

Tabla 4

Medidas de eficiencia energética evaluadas

Sector	Medidas
Alumbrado público	<ol style="list-style-type: none">1. Recambio de luminarias2. Sistema inteligente de gestión de horas de operación3. Ajuste de altura, distancia entre postes y reducción de potencia por poste
Edificios públicos	<ol style="list-style-type: none">1. Programa de recambio de luminarias incandescentes2. Programa de estándares mínimos de eficiencia energética para artefactos3. Programa de recambio de equipos de aire acondicionado4. Programa de recambio de equipos de calefacción5. Sistema solar térmico6. Sistema fotovoltaico
Residuos sólidos	<ol style="list-style-type: none">1. Estaciones de transferencia2. Capacitación en conducción eficiente3. Mantenimiento de camiones de recolección de residuos4. Recambio de camiones de recolección de residuos5. Optimización en la selección de rutas de recolección de residuos6. Recuperación de energía de podas7. Reciclaje de residuos
Flota vehicular municipal	<ol style="list-style-type: none">1. Capacitación en conducción eficiente2. Mantenimiento preventivo de la flota vehicular municipal3. Recambio de vehículos de carga pesada4. Mejora de la eficiencia de operación del parque vehicular de carga5. Recambio de la flota por vehículos híbridos eléctricos6. Recambio de la flota por vehículos completamente eléctricos

² México, Colombia y Brasil

4.1. Impacto energético y económico de las medidas en el municipio Las Heras

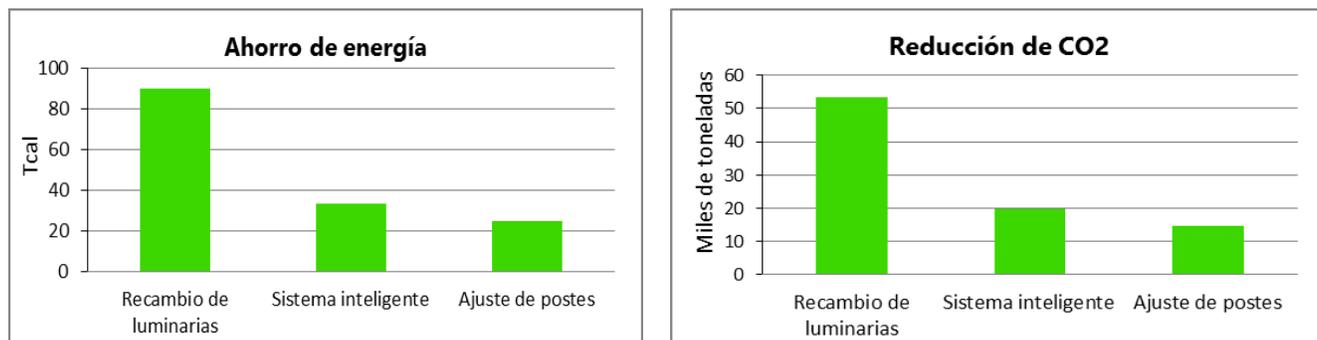
Esta sección presenta los resultados de ahorro de energía, reducciones de emisiones de CO₂, ahorro en pesos y costo efectividad de las medidas de eficiencia energética para cada uno de los sectores analizados. Como se planteó en metodología, los resultados se muestran para los escenarios de precios de 2015 y 2017.

- **Sector alumbrado público (AP)**

Para este sector el recambio de luminarias se encuentra entre las medidas de mayor beneficio en ahorro de energía y reducción de CO₂. Le siguen la instalación de sistemas de gestión inteligente y el ajuste de condiciones de funcionamiento de postes de alumbrado. La figura siguiente muestra el potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ de las medidas evaluadas bajo un horizonte de diez años.

Figura 11

Impacto energético y ambiental de las medidas en el alumbrado público³



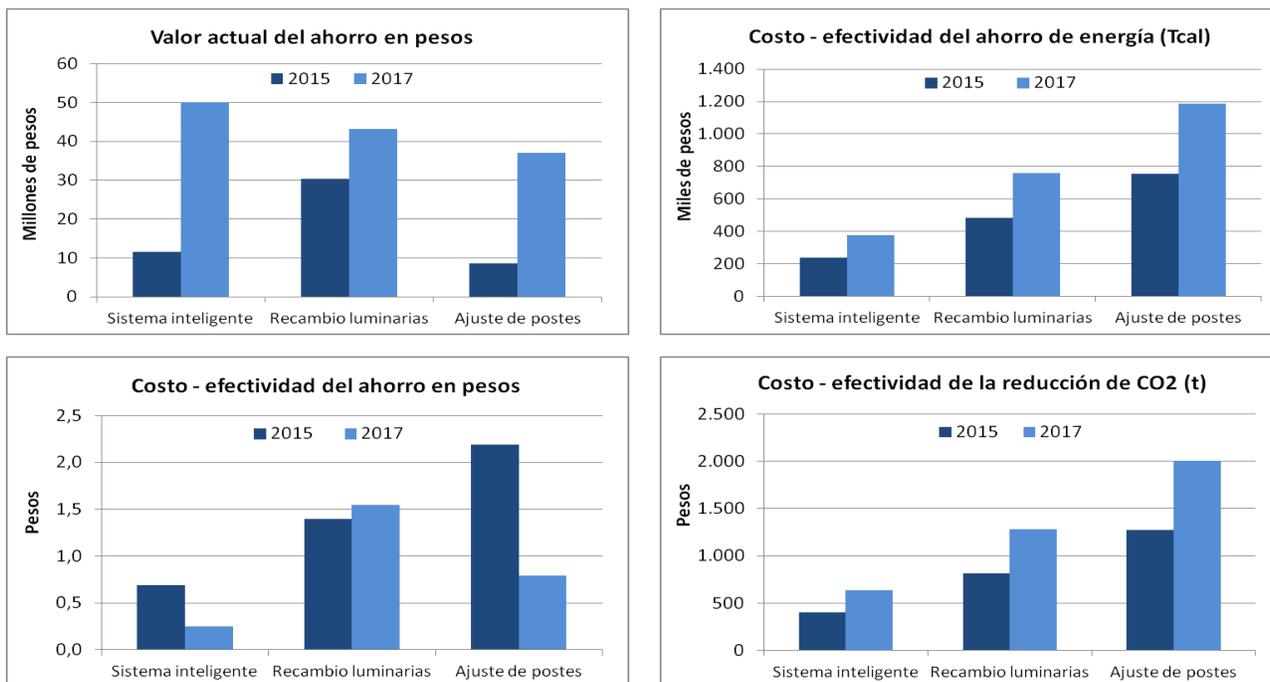
Fuente: Elaboración propia.

En referencia al análisis económico, el sistema de gestión inteligente de horas de operación agrupa el mayor ahorro para el presupuesto municipal y los menores costos por unidad de energía ahorrada, peso ahorrado y CO₂ no emitido. Esta medida tiene un valor actual neto positivo y una tasa interna de retorno superior al 18% para ambos escenarios (2015 y 2017). En la figura siguiente, se muestra el potencial de impacto económico de las medidas consideradas para los escenarios de precios 2015 y 2017.

³ Consultar anexo 1 para mayor información

Figura 7

Impacto económico de las medidas en el alumbrado público⁴



Fuente: Elaboración propia.

• **Sector edificios públicos (EP)**

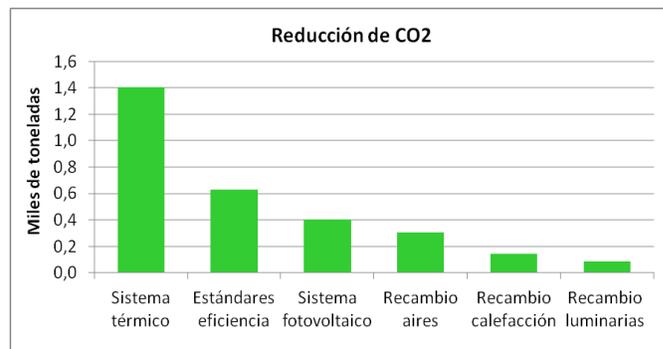
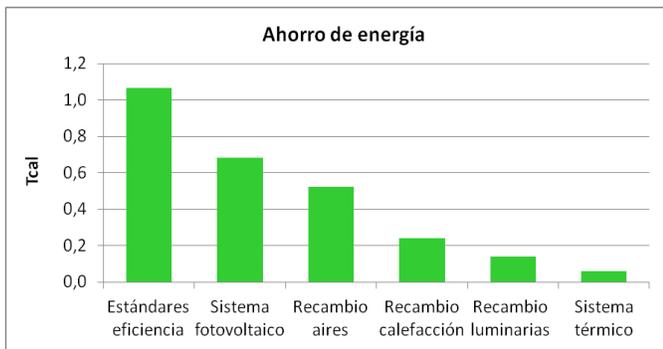
Entre las medidas evaluadas, la aplicación de estándares mínimos de eficiencia energética para la compra de artefactos eléctricos es la medida con mayor relevancia en materia de ahorro energético. Por otra parte el sistema solar térmico corresponde con la medida de mayor reducción de CO₂. La figura siguiente presenta el potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ para las medidas evaluadas para un horizonte de diez años.

Figura 13

Impacto energético y ambiental de las medidas en edificios públicos⁵

⁴ Consultar anexo 1 para mayor información

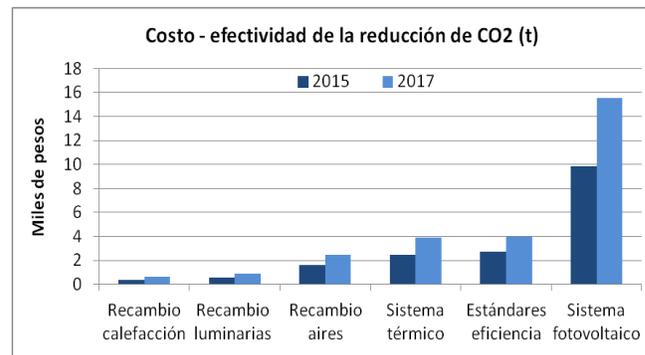
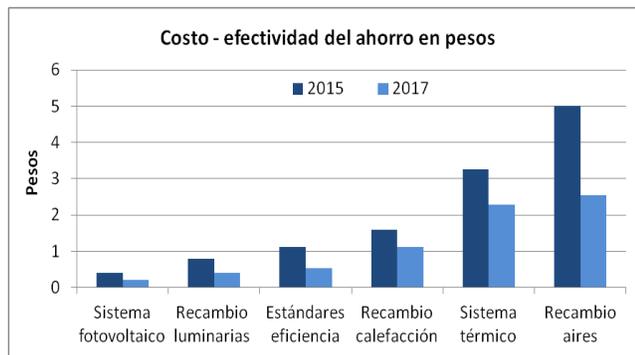
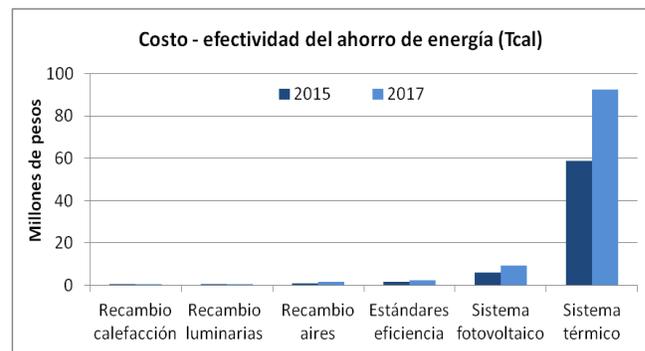
⁵ Consultar anexo 2 para mayor información



Fuente: Elaboración propia.

En la evaluación económica el sistema fotovoltaico presenta el impacto más alto con respecto al ahorro en pesos al valor actual, con un menor costo y mayor efectividad de la inversión. No obstante, el recambio del sistema de calefacción y de luminarias, muestran ser las medidas más efectivas en relación a la inversión por unidad de ahorro de energía y reducción de CO₂, ya que el costo por unidad ahorrada resulta menor. La figura siguiente muestra el potencial de ahorro en pesos y costo efectividad para cada una de las medidas analizadas.

Impacto económico de las medidas en edificios públicos⁶



Fuente: Elaboración propia.

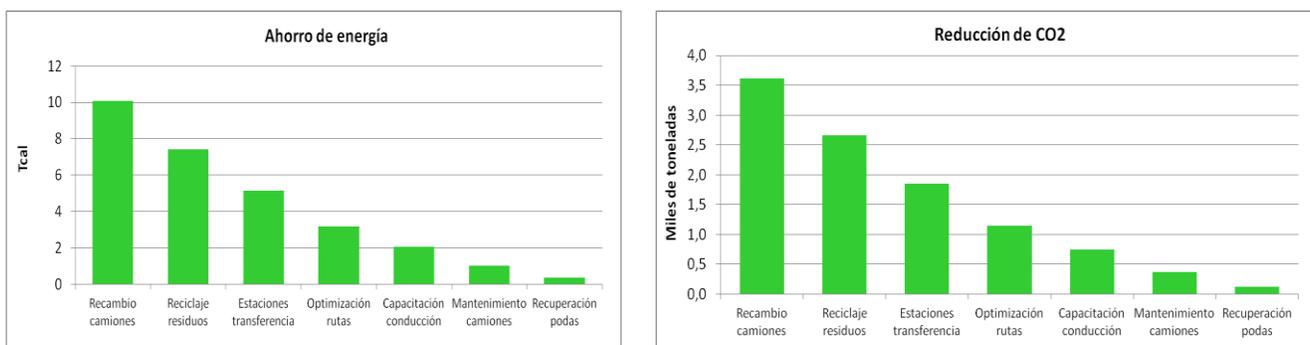
⁶ Consultar anexo 2 para mayor información

- **Sector residuos sólidos (RS)**

Para este sector el recambio de camiones de recolección de residuos muestra el mayor impacto ambiental, con un mayor ahorro de energía y reducción de emisiones contaminantes. Le siguen el reciclaje de residuos y el uso de estaciones de transferencia. La figura a continuación muestra el potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ para las medidas evaluadas.

Figura 15

Impacto energético y ambiental de las medidas en sector residuos sólidos⁷



Fuente: Elaboración propia.

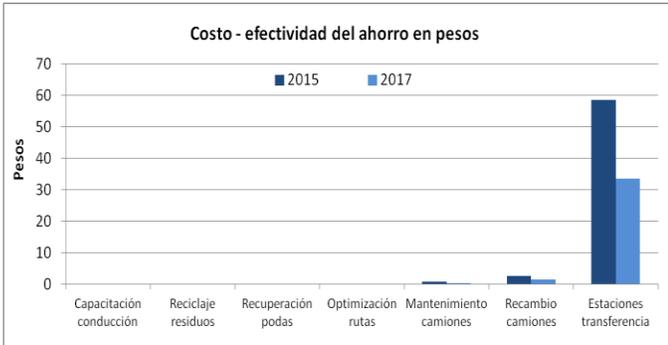
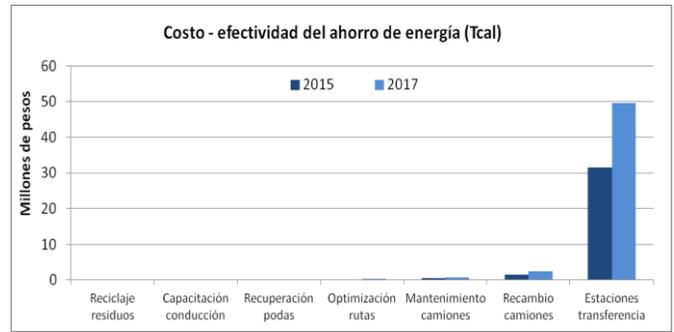
El análisis económico identifica la medida de recambio de camiones como la de mayor ahorro en pesos al valor actual. No obstante, el reciclaje de residuos muestra la mejor relación costo efectividad del ahorro de energía y reducción de CO₂. En cuanto al ahorro en pesos por unidad monetaria invertida, la capacitación para la conducción eficiente muestra ser más costo-efectiva, condición que le brinda la mayor rentabilidad. La figura siguiente presenta el ahorro en pesos y costo-efectividad para cada una de las medidas evaluadas.

Figura 16

Impacto económico de las medidas en el sector residuos sólidos⁸

⁷ Consultar anexo 3 para mayor información

⁸ Consultar anexo 3 para mayor información

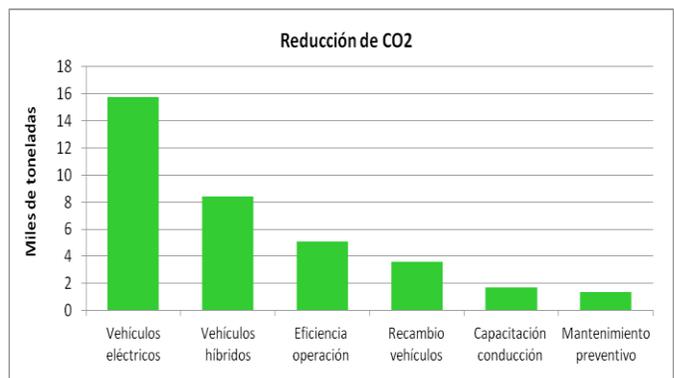
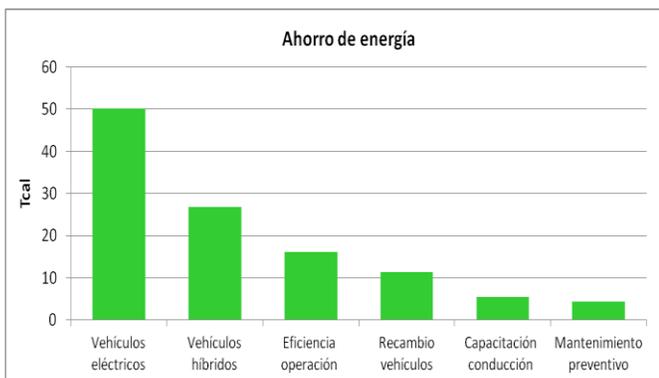


Fuente: Elaboración propia.

- Sector transporte flota municipal (TFM)**

En este sector la medida recambio de la flota por vehículos eléctricos o híbridos tiene el mayor impacto energético y ambiental para un escenario de 10 años. De igual manera, su implementación reúne el mayor potencial de reducción de emisiones de CO₂. En la figura siguiente se muestra el impacto potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ para las medidas evaluadas.

Figura 9 Impacto energético y ambiental de las medidas en la flota municipal⁹



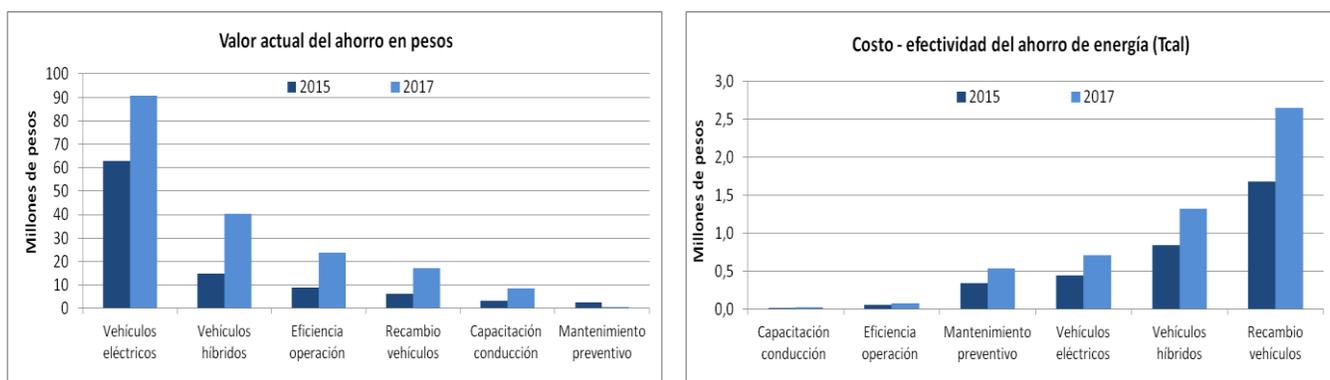
Fuente: Elaboración propia.

⁹ Consultar anexo 4 para mayor información

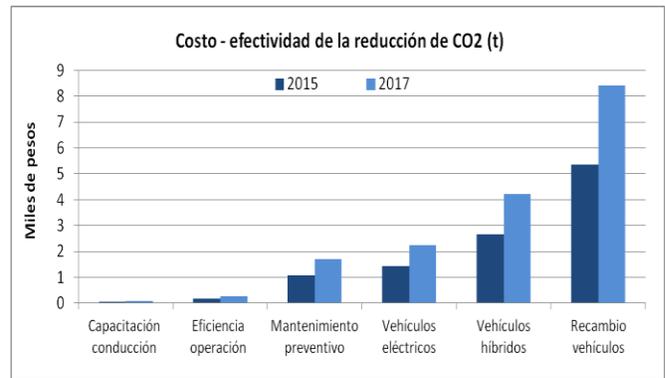
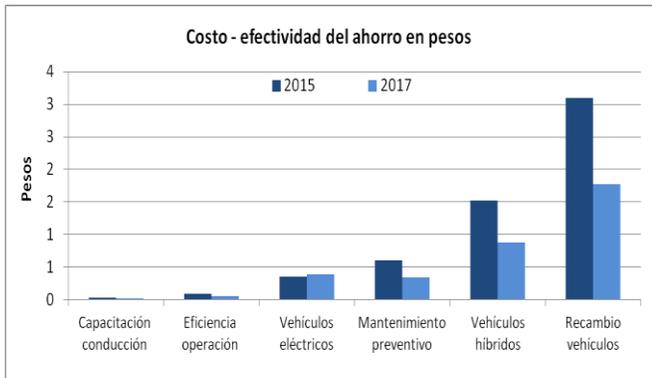
Los resultados de la evaluación económica muestran que la capacitación para la conducción eficiente tiene la mejor relación costo beneficio y retorno de inversión por unidad de ahorro de energía, disminución del gasto y reducción de emisiones de CO₂. Seguidamente, se destaca el mejoramiento de la eficiencia del uso de la flota vehicular. La figura siguiente muestra el impacto económico de las medidas analizadas.

Figura 10

Impacto económico de las medidas en la flota municipal ¹⁰



¹⁰ Consultar anexo 4 para mayor información



Fuente: Elaboración propia.

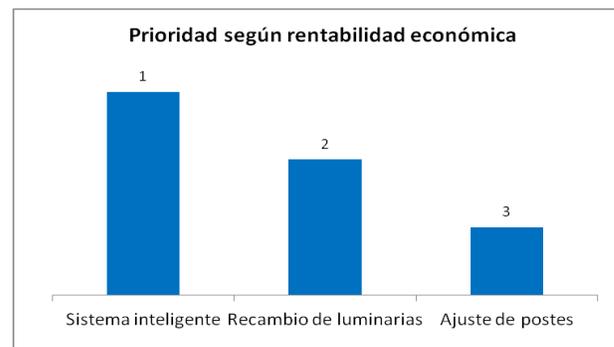
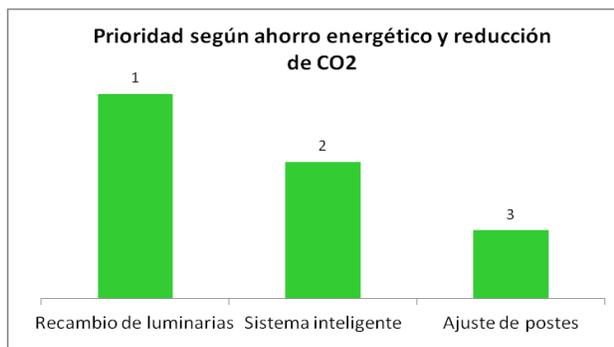
4.2. Priorización de las medidas

La priorización se basó en valorar las medidas con el mayor impacto positivo para el municipio al menor costo posible. Con este criterio, se disminuyó el nivel de prioridad para aquellas medidas que, a pesar de mostrar un alto potencial de reducción del consumo de energía y emisiones de CO₂, involucraban un alto costo por unidad de energía ahorrada o tonelada de CO₂ no emitida, y un largo período de retorno de inversión.

Para el caso del sector alumbrado público, la primera medida corresponde al recambio de luminarias, seguido del sistema inteligente de gestión de horas de operación. No obstante, desde el punto de vista económico, el sistema inteligente de gestión presenta la mayor rentabilidad.

Figura 19

Priorización económica y energética de las medidas (AP)

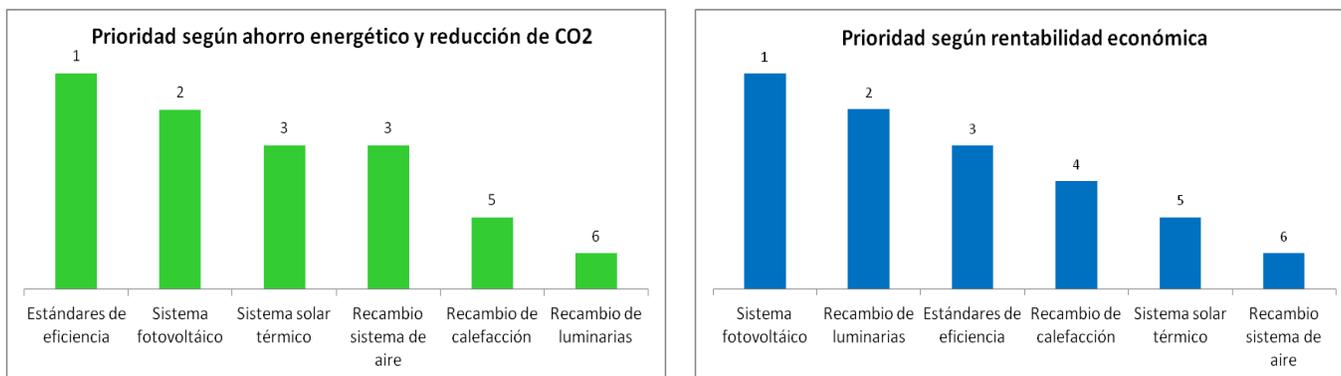


Fuente: Elaboración propia.

Para el sector edificios públicos, la exigencia de estándares de eficiencia energética se identifica como la medida con mayor prioridad en base a su rentabilidad económica, ahorro de energía y reducción CO₂. En un segundo nivel de prioridad se encuentra el sistema fotovoltaico y el sistema solar térmico. No obstante el sistema fotovoltaico muestra ser la medida más rentable, seguido del programa de recambio de luminarias y estándares mínimos de eficiencia energética.

Figura 11

Priorización económica y energética de las medidas (EP)

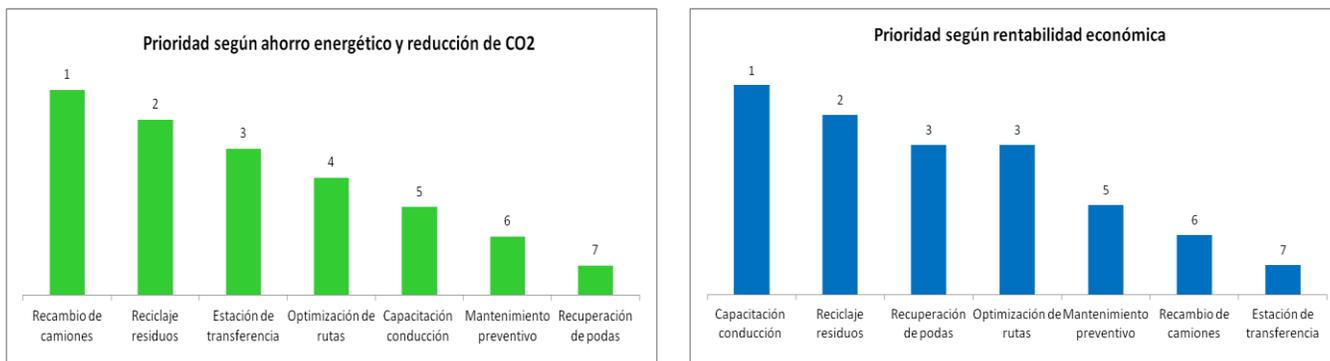


Fuente: Elaboración propia.

La medida de recambio de camiones de recolección en el sector de residuos sólidos maximiza el ahorro energético y minimiza las emisiones de CO₂. A esta medida le siguen el reciclaje de residuos y el uso de estaciones de transferencia. Por su parte, la capacitación para la conducción eficiente de camiones de recolección de residuos ofrece la mayor rentabilidad económica, seguida del reciclaje de residuos y la recuperación de energía de podas.

Figura 21

Priorización económica y energética de las medidas (RS)

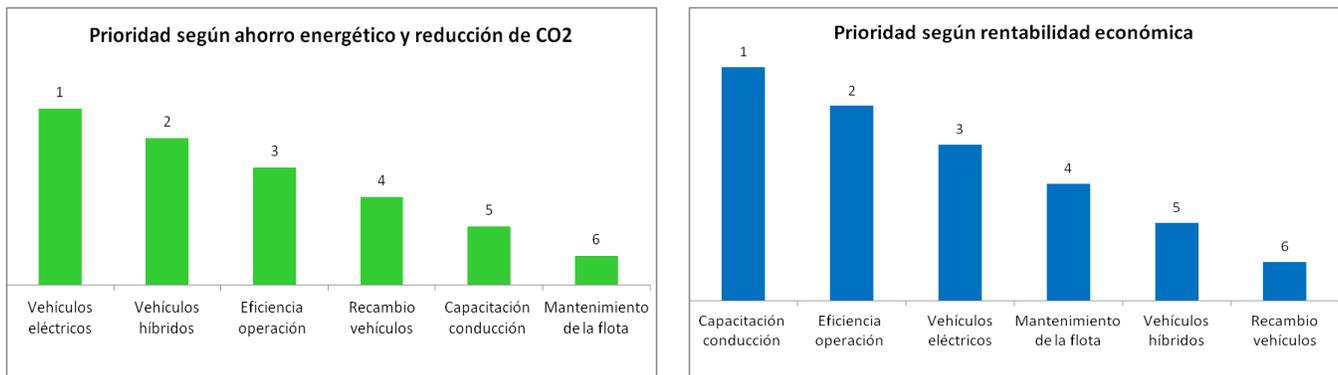


Fuente: Elaboración propia.

Por último, para la flota de transporte municipal se destaca la medida de recambio de la flota por vehículos eléctricos. Le sigue el recambio a vehículos híbridos y la mejora de la eficiencia de operación del parque vehicular. Por su parte, la capacitación para la conducción eficiente de la flota vehicular resulta la medida más rentable, seguida del mejoramiento en la eficiencia de operación y la sustitución de la flota por vehículos eléctricos. La figura siguiente muestra el orden de prioridad de cada una de las medidas evaluadas en el sector transporte municipal.

Figura 22

Priorización económica y energética de las medidas (TFM)



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones y recomendaciones

La intervención del Estado en el control de tarifas de electricidad y combustibles por debajo de su valor real genera una importante barrera para financiar con los ahorros las medidas de eficiencia energética. Por ejemplo, las iniciativas de reemplazo de vehículos o la instalación de calefactores solares enfocadas al ahorro de combustibles líquidos y gas, no logran cubrir la inversión inicial en un horizonte de 10 años de vida del proyecto.

El diagnóstico destaca que las principales necesidades de mejoramiento o expansión de servicios en el municipio Las Heras se concentran en los sectores de residuos sólidos y alumbrado público. Por un lado, en el sector de residuos sólidos, la capacitación en conducción eficiente tiene la mayor rentabilidad económica, y el recambio e camiones de recolección de residuos el mayor aporte ambiental; mientras que por el otro lado, en el sector de transporte de flota municipal, la capacitación en conducción eficiente es más rentable económicamente, aunque el recambio por vehículos eléctricos ofrece la mayor reducción de CO₂ y ahorro de combustible.

Del análisis de prioridades se observa que las medidas con rentabilidad económica más alta no necesariamente corresponden con aquellas que generan los mayores ahorros de energía y reducción de CO₂. Esto se observa principalmente en los sectores de residuos sólidos y flota de transporte municipal. A continuación, se resumen las medidas de mayor prioridad por sector para el municipio.

Sector	Orden de prioridad por criterio	
	<i>Rentabilidad</i>	<i>Ahorro de energía y reducción de CO₂</i>
Alumbrado público	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema inteligente de gestión de horas de operación. 2. Recambio de luminarias 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recambio de luminarias. 2. Sistema inteligente de gestión de horas de operación.
Edificios públicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema fotovoltaico 2. Recambio de luminarias 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estándares de eficiencia. 2. Sistema fotovoltaico
Residuos sólidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación en conducción eficiente. 2. Reciclaje de residuos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recambio de camiones de recolección de residuos. 2. Reciclaje de residuos.
Flota transporte municipal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación en conducción eficiente 2. Mejora de la eficiencia de operación del parque actual de vehículos pesados 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recambio de la flota por vehículos eléctricos. 2. Recambio de la flota por vehículos híbridos

Si bien el reciclaje de residuos y la recuperación de energía de podas se encuentran entre las medidas de mayor prioridad para el sector residuos sólidos, se recomienda evaluar su viabilidad técnica, ya que el éxito de esta medida supone la existencia de plantas de recuperación o transformación cercanas al municipio (o por lo menos plantas de transferencia).

Para futuros análisis de priorización de medidas se recomienda incluir una componente de impacto social para ajustar la ponderación de la rentabilidad económica respecto al potencial de reducción de consumo de energía y emisiones de CO₂.

La implementación de medidas de eficiencia energética enfrenta barreras institucionales, técnicas y económicas. A continuación, se resumen los elementos más relevantes de cada una.

	Barreras
Institucionales	Largos procesos para la toma de decisión y desarrollo de licitaciones para la implementación de medidas de eficiencia energética
	Interés focalizado hacia reducir el gasto, en lugar de disminuir el consumo de energía y/o de emisiones contaminantes
	Escaso acceso a la información sobre los beneficios y oportunidades que ofrece la eficiencia energética
Técnicas	Escasa información actualizada y de alta calidad sobre el consumo de energía de las distintas dependencias municipales. Existe una amplia desagregación de la información entre distintas entidades que dificulta su acceso oportuno
	Discrepancia de la información. La información carece de sistematización y control de calidad, por lo que presenta discordancias al momento de analizarla
	Escasas capacidades técnicas para la preparación de licitaciones e implementación de las medidas de eficiencia energética
Económicas	Baja rentabilidad de las medidas asociado al bajo costo de la energía y alta inversión inicial que requieren ciertas medidas

Para la implementación de las medidas se recomienda hacer un análisis de factibilidad. Este análisis, además de realizar la ingeniería del proyecto y la evaluación de impactos sociales y ambientales, podría identificar las barreras de implementación, financiamiento y monitoreo. En la evaluación se pueden identificar los posibles modelos de negocio para su financiamiento, que incluyan, entre otros, la formación de asociaciones público - privadas.

Por otra parte, se sugiere que la municipalidad prepare y ejecute una hoja de ruta para la elaboración de ordenanzas que apoyen el desarrollo del mercado de eficiencia energética. También, se considera relevante la definición de un marco regulatorio que impulse (dentro y fuera de la municipalidad) la adopción de medidas de ahorro de energía y reducción de emisiones de CO₂.

Además, se recomienda centralizar la recolección de la información, y asignar dentro de la municipalidad su sistematización y control de calidad. La gestión de datos del sector energía requiere

de personal capacitado, que lleve el registro del consumo de energía de las dependencias y servicios municipales, y que elabore auditorías y reportes de desempeño energético. Además, se sugiere crear un sistema de información de eficiencia energética de acceso público que permita promover la participación ciudadana.

Unido a lo anterior, se recomienda desarrollar programas de capacitación en la gestión de la información. Estos programas, además de contribuir con mejorar la calidad de la información, generarían las capacidades técnicas para incluir criterios de eficiencia energética en la preparación y evaluación de licitaciones públicas.

Referencias

DEIE. 2012. Las Heras, Mendoza 1991 - 2012. Sistema Estadístico Municipal. Dirección de Estadística e Investigaciones Económicas. Gobierno de Mendoza. Disponible en: http://www.deie.mendoza.gov.ar/publicaciones/menu_publicaciones.asp?filtro=Publicaciones%20Municipales

EPAS. 2017. Operadores de los servicios. Operadores comunitarios y comerciales. Secretaría de Servicios Públicos, Ente Provincial de Agua y Saneamiento. Gobierno de Mendoza. Disponible en: <http://www.epas.mendoza.gov.ar/index.php/operadoreslink>

Gobierno de Mendoza. 2017. Eficiencia Energética. Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía. Disponible en: <http://energia.mendoza.gov.ar/eficiencia-energetica/>

INDEC. 2017a. Censo 2010. Cuestionario ampliado. Base de Datos REDATAM. Instituto de Estadística y Censos. República de Argentina. Disponible en: <http://www.INDEC.gob.ar/>

INDEC. 2017b. Mapas temáticos censo 2010 (GeoCenso). Instituto de Estadística y Censos. República de Argentina. Disponible en: <http://www.sig.INDEC.gov.ar/censo2010/>

MEM. 2017a. Informes estadísticos del sector eléctrico (anuales). Distribución de energía eléctrica facturada y cantidad de usuarios por tipo y por jurisdicción provincial. Ministerio de Energía y Minería, Argentina. Disponible en: <https://www.minem.gob.ar/>

MEM. 2017b. Eficiencia energética. Ministerio de Energía y Minería. Secretaría de Planeamiento Energético. Disponible en: <https://www.minem.gob.ar/planeamiento-energetico/eficiencia-energetica/index.html>

UNCuyo. Producto Bruto Geográfico per cápita. En base a datos de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNCuyo junto con la Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas (DEIE). Disponible en: <http://www.politicaspUBLICAS.uncu.edu.ar/reporte/grafico/298>

Anexo 1. Análisis de impacto de medidas del sector alumbrado público (AP)

Medida 1. Recambio de luminarias: bajo un escenario promedio consiste en sustituir la composición actual de luminarias a: 52% tecnología LED, 40% sodio de alta presión y 8% vapor de mercurio. Para un escenario optimista se plantea alcanzar la siguiente composición tecnológica: 80% LED, 15% sodio de alta presión y 5% de vapor de mercurio.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 90 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 53.279 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 44 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 120 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 71.160 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 59 millones de pesos¹¹.

Los resultados del costo-efectividad, indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 475.116 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 803 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,38 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al emplear los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado aumenta a 1,52 pesos. Por otra parte, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 454.125 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 767 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,32 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se incrementa a 1,46 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo, con una tasa interna de retorno (TIR) de 38,05%, y un período de recuperación de la inversión (PRI) mayor a 10 años. Esta misma medida no resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015.

Se considera importante agregar al análisis cuantitativo una valoración del beneficio social en seguridad y calidad de servicio que supone la modernización del sector. Con lo anterior, se podría reordenar la priorización de las medidas.

Medida 2. Sistema inteligente de gestión de horas de operación: consiste en la instalación de tecnologías para la automatización del encendido y apagado de las luminarias. Para un escenario promedio se plantea como meta la operación del sistema a un máximo de 3.050 horas por año, mientras que para el escenario optimista se aspira reducir las horas de servicio a 2.800 horas anuales.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 33 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 19.788 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a los 50 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro 44 Tcal y

¹¹ En base a condiciones del año 2017

reducir las emisiones de CO₂ a 25.868 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 65 millones de pesos¹².

Los resultados del costo-efectividad, indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 237.306 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 401 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,69 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles del 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,25 pesos. Para el escenario optimista y bajo las condiciones de tarifas del 2015, cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 181.529 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 307 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,53 pesos. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,19 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la implementación del sistema de gestión inteligente del alumbrado público. Además, esta medida muestra una tasa interna de retorno (TIR) de 93%, con un período de recuperación de la inversión (PRI) cercano a dos años. Igualmente resulta rentable para el período estudiado, con las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, aunque tiene una TIR del 41% y un PRI cercano a 5 años.

Medida 3. Ajuste de altura, distancia entre postes y reducción de watts por poste: consiste en la aplicación de una serie de ajustes de altura, distancia y potencia en cada poste para alcanzar, bajo un escenario promedio, una reducción del consumo de electricidad del 20% en luminarias instaladas de sodio de alta presión y haluro metálico. Bajo un escenario optimista se plantea alcanzar un ahorro del 30% para estas mismas tecnologías.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 25 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 14.682 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio más de 37 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 40 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 23.779 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 60 millones de pesos¹³.

Los resultados del costo-efectividad del recambio de luminarias de alumbrado público, indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 745.266 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.259 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 2,16 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,78 pesos.

Por otra parte, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 429.941 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 726 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,25 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,45 pesos.

¹² En base a condiciones del año 2017

¹³ En base a condiciones del año 2017

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo, muestra una tasa interna de retorno (TIR) de 23,85%, con período de recuperación de la inversión (PRI) superior a 7 años. Esta misma medida no resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015.

De manera similar al recambio de luminarias, la aplicación de esta medida, mejorará la percepción de seguridad e imagen del municipio. En consideración de lo anterior, se recomienda valorar el beneficio social en seguridad y calidad de servicio para integrarlo como criterio adicional en la priorización de las medidas.

Anexo 2. Análisis de impacto de medidas del sector edificios públicos (EP)

Medida 1. Programa de recambio de luminarias incandescentes: para un escenario promedio consiste en la sustitución del 100% de las lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas. Bajo un escenario optimista se considera que la mitad del total de las luminarias instaladas se componen por tecnología LED y la otra a lámparas fluorescentes compactas.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,04 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 27 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 95 mil pesos. Bajo un escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,36 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 211 toneladas, con un ahorro en valor presente de 416 mil pesos¹⁴.

Los resultados del costo-efectividad del recambio de luminarias en edificios públicos, indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 916.797 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.549 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,31 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles del 2015. Al integrar los ajustes de precios del 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,67 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 232.433 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 393 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,61 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles del 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,31 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo, con una TIR de 47,1%, con un PRI cercano a tres años. Esta misma medida aún resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, con una TIR del 25% y un PRI de seis años.

Además del beneficio económico, la sustitución de luminarias incandescentes en edificios públicos mejorará el confort de los usuarios, y por consiguiente la productividad de los funcionarios que hacen uso de los edificios municipales. Por esta razón, es recomendable hacer una valoración estos beneficios para integrarlos como criterio adicional en la priorización de las medidas.

Medida 2. Incluir criterios de estándares mínimos de eficiencia energética para la compra de artefactos eléctricos: consiste en un escenario promedio de adquisición de equipos eléctricos con eficiencia energética categorizada por el programa nacional de etiquetado como tipo C para refrigeradores, congeladores, acondicionadores de aire y balastos para lámparas fluorescentes, y A+ para lámparas fluorescentes compactas. Para el escenario optimista, se supone que todos los artefactos cumplen con el desempeño A, a excepción de las lámparas fluorescentes que alcanzan una clasificación de A++.

¹⁴ En base a condiciones del año 2017

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,91 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 537 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 9 millones de pesos. Para el escenario optimista, la medida podría incrementar el ahorro a 1,60 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 946 toneladas, con un ahorro en valor presente de 19 millones de pesos¹⁵.

Los resultados indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.862.939 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 3.147 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,34 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,40 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.282.228 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.166 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,83 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,40 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo, con una TIR de 35,8%, y un PRI de 4,5 años. La medida no resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015.

La sustitución de los artefactos eléctricos, además de mejorar el confort de los espacios de trabajo, permitiría mejorar la competitividad del municipio. Por esta razón es recomendable hacer una valoración de los beneficios cuantitativos para integrarlos como criterio adicional en la priorización de las medidas.

Medida 3. Programa de recambio de equipos de aire acondicionado: para el escenario promedio, consiste en la sustitución del 50% de los equipos de aire acondicionado tipo split fabricados antes del año 2008 por equipos nuevos con eficiencia de clase A. En un escenario optimista, la medida aspira que el total de los equipos haya sido fabricado después del año 2012 y que cumplan con un desempeño de consumo de energía de clase A.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,51 Tcal y reducción de 300 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 283 mil pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,72 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 428 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 422 mil pesos¹⁶.

Los resultados del costo-efectividad de la adquisición de artefactos con alto desempeño energético indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 948.896 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.603 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 5,16 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 2,62 pesos. Para el año 2015, para el

¹⁵ En base a condiciones del año 2017

¹⁶ En base a condiciones del año 2017

escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 809.668 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.368 pesos, y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 4,21 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 2,15 pesos.

Para ambas condiciones evaluadas (2015 y 2017), la medida resulta no rentable, con valores actuales netos y tasas internas de retorno negativas.

Medida 4. Programa de recambio de equipos de calefacción: para el escenario promedio se contempla la sustitución del 50% de los sistemas de calefacción de 3.000 kcal / hora fabricados antes del año 2008 por equipos nuevos con eficiencia clase A. En un escenario optimista, la medida aspira a que el 80% de los equipos haya sido fabricado después del año 2012 y que cumplan con un desempeño de consumo de energía de clase A.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,24 Tcal y reducción de 143 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 79 mil pesos. Para el escenario optimista la medida tiene la potencialidad de incrementar el ahorro a 0,39 Tcal y deducir las emisiones de CO₂ a 229 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 128 mil pesos¹⁷.

Los resultados del costo-efectividad de la adquisición de artefactos con alto desempeño energético indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 233.697 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 395 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,59 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 1,11 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 155.833 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 263 pesos, y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 1,05 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,74 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo con una TIR de 15,7%. Para las condiciones del año 2015, el VAN es negativo y la TIR de 6,8%.

Medida 5. Sistema solar térmico: para un escenario promedio consiste en aprovechar 50% las superficies disponibles de techumbre de los edificios para la instalación de sistemas de calentamiento solar, y sustituir los sistemas que funcionan a gas, mientras que, para el escenario optimista, se proyecta el uso de la totalidad de las superficies disponibles en las techumbres.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,06 Tcal y reducción de 1.319 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 2,2 millones de pesos.

¹⁷ En base a condiciones del año 2017

Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,11 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 2.637 toneladas, con un ahorro en valor actual neto de 4,4 millones de pesos¹⁸.

Los resultados del costo-efectividad de la adquisición de artefactos con alto desempeño energético indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 58,7 millones pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.458 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 3,26 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 2,29 pesos. Es importante destacar que para el escenario optimista los valores de costo efectividad se mantendrían iguales al promedio.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) es 1,6%. Bajo las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015., el VAN sigue siendo negativo y su TIR -6,4%.

A pesar del ahorro energético que representa la medida, el bajo costo del gas en el país impide que los ahorros monetarios que resulten de la instalación de este tipo de tecnologías sean suficientes para cubrir los costos de inversión en un horizonte de 10 años de vida del proyecto.

Medida 6. Sistema fotovoltaico: en un escenario promedio consiste en la instalación de paneles fotovoltaicos en el 5% de las superficies de techumbre de oficinas, 20% en edificios culturales y 1% de los edificios recreacionales. En un escenario optimista, se contempla el uso de la totalidad de las superficies disponibles en las techumbres para generar electricidad.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,11 Tcal y reducción de 67 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 4,8 millones de pesos. Para el escenario optimista, se podría incrementar el ahorro 1,89 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 1.120 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 82 millones de pesos¹⁹.

Los resultados del costo-efectividad de la adquisición de artefactos con alto desempeño energético indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 6.241.289 de pesos, la tonelada de CO₂ reducida 10.543 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,44 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,23 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 5.790.651 de pesos, la tonelada de CO₂ reducida 9.782 pesos, y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 0,41 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,21 pesos.

¹⁸ En base a condiciones del año 2017

¹⁹ En base a condiciones del año 2017

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 84,1%. Esta misma medida resulta rentable aún para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, alcanzando una TIR del 53,4%.

Anexo 3. Análisis de impacto de medidas del sector residuos sólidos (RS)

Medida 1. Estaciones de transferencia: consiste en la instalación de la infraestructura necesaria para transferir los residuos sólidos recolectados a camiones de mayor capacidad para su disposición final. En un escenario promedio se supone que las estaciones de transferencia se encontrarán a una distancia máxima de 89 kilómetros de los principales puntos de recolección del municipio (50% del recorrido total de los camiones), mientras que para un escenario optimista se supone que esta distancia será de 53 kilómetros (30% del recorrido).

Del análisis se desprende que el municipio no cuenta con una intensidad de uso de las estaciones de transferencia suficiente como para alcanzar un retorno de inversión en 10 años de vida del proyecto. En consideración de lo anterior, no sería rentable desarrollar esta medida de forma individual para ninguno de los escenarios planteados.

Se recomienda analizar la rentabilidad de esta medida integrando varios municipios que pudieran beneficiarse de forma conjunta de la estación de transferencia. Esta evaluación podría estimar la reducción del gasto diferenciado por municipio producto de la reducción de la distancia recorrida por los camiones y la optimización del uso de la infraestructura y flota vehicular.

Medida 2. Capacitación en conducción eficiente: consiste en desarrollar un programa de capacitación para los conductores de los camiones de recolección a fin de hacer de su conocimiento las técnicas de conducción para reducir el consumo del combustible de los vehículos de carga. En base a la experiencia internacional, la capacitación de los conductores de camiones de recolección puede reducir en 10% el consumo de combustible del sector. En el escenario promedio se plantea capacitar al 65% de los conductores de la flota de camiones de recolección, y expandir el alcance del programa al 100% de los conductores para el caso del escenario optimista.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 2,07 Tcal y reducción de 741 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 3 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 3,18 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 1.140 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 4,6 millones de pesos²⁰.

Los resultados del costo-efectividad del programa indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 8.017 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 22 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,015 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,009 pesos. Para el escenario optimista del 2015 la medida muestra los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y costo de cada peso ahorrado.

²⁰ En base a condiciones del año 2017

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanzó el 1.860%. Resulta igualmente rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, alcanzando una TIR del 1.492%.

En referencia a su impacto social, la aplicación de la medida permitiría mejorar la seguridad y optimización del servicio de recolección de residuos.

Medida 3. Mantenimiento de camiones de recolección de residuos: consiste en realizar el mantenimiento oportuno de camiones (cambio de filtros y lubricantes) a fin de reducir el consumo de combustible. En base a la experiencia internacional, la aplicación de esta medida puede reducir el consumo de combustible en 5%. En el escenario promedio se plantea cumplir con el mantenimiento del 65% de los vehículos, mientras que para el escenario optimista la totalidad de los vehículos reciben el mantenimiento sugerido por el fabricante.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio para un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 1,03 Tcal y reducción de 370 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente de 1,5 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 1,59 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 570 toneladas, con un ahorro en valor presente de 2,3 millones de pesos²¹.

Los resultados del análisis del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 460.084 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.283 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,86 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,49 pesos. Es importante resaltar que el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su TIR alcanza 39%, mientras que, para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015, mostró un VAN positivo y una TIR del 23%.

Dado el bajo costo del combustible en Argentina, el mantenimiento de camiones tiene una baja rentabilidad para un período de 10 años de vida del proyecto. No obstante, es importante mencionar que el mantenimiento es esencial para el correcto funcionamiento de los vehículos y, en caso de no efectuarse, los camiones de recolección corren el riesgo de presentar averías y detenciones no planificadas. En consideración de lo anterior se recomienda que, a pesar del bajo retorno de la inversión, los municipios realicen planes de mantenimiento preventivo a su flota de camiones.

Por otra parte, el presente análisis excluye los costos de detención de maquinaria y la cuantificación de posibles perjuicios para la municipalidad producto de las averías en la flota de camiones.

Medida 4. Recambio de camiones de recolección de residuos: consiste en la sustitución de los camiones de recolección existentes por camiones con mejor rendimiento en el consumo de

²¹ En base a condiciones del año 2017

combustible. Para el escenario promedio se supone el recambio del 66% de la flota que tiene una antigüedad mayor a seis años. Dentro del total de vehículos a recambiar la mitad de estos se sustituirían por camiones de tecnología diésel y el resto por tecnología de gas natural comprimido (GNC). Para el escenario optimista se contempla el recambio de la totalidad de los vehículos que sobrepasan seis años de antigüedad por camiones de tecnología GNC.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio para un horizonte de 10 años muestra un potencial de ahorro de energía de 9,60 Tcal y reducción de 3.444 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 14,1 millones de pesos. Para el escenario optimista se podría incrementar el ahorro a 16,50 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 5.918 toneladas, con un ahorro en valor presente de 24,4 millones de pesos²².

Los resultados de la evaluación del costo-efectividad de la medida indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.536.810 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 4.285 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 2,8 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 1,63 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra que cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.459.936 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 4.070 pesos y cada peso ahorrado 2,7 pesos de costo. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 1,55 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo para la medida con una TIR de 8%. Siendo el análisis para el año 2015 aún más desfavorable.

Dado el bajo costo del combustible en Argentina, el recambio de camiones de antigüedad superior a seis años muestra una baja rentabilidad para un período de 10 años de vida del proyecto en comparación con otros países. No obstante, es importante considerar los beneficios adicionales para la prestación del servicio de recolección producto de la reducción de la tasa averías y detenciones programadas. El presente análisis excluye los costos de detención de maquinaria y la cuantificación de posibles perjuicios para la municipalidad producto de las averías en la flota de camiones.

Medida 5. Optimización en la selección de rutas de recolección de residuos: consiste en el rediseño de las rutas de recolección para minimizar el tiempo y distancia de recorrido de los camiones recolectores. Se plantea un único escenario que tiene por objetivo reducir en 10% la distancia total recorrida por camión de recolección.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio para un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 3,18 Tcal y reducción de 1.140 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 4,6 millones de pesos²³.

²² En base a condiciones del año 2017

²³ En base a condiciones del año 2017

Los resultados del costo-efectividad indican que cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 171.787 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 479 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,32 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,18 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su TIR alcanza 96%. Esta misma medida aún resulta rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, logrando una TIR del 69%.

La optimización de las rutas de recolección de residuos, además de un beneficio económico, mejoraría la cobertura y periodicidad del servicio de recolección de residuos. Esto genera beneficios sociales y ambientales que apoyarían la justificación de la medida en los municipios donde no es rentable su implementación.

Medida 6. Recuperación de energía de podas: consiste en el transporte de los residuos vegetales a un centro de recuperación de energía cercana a la zona de recolección. Esta medida supone como inversión el transporte de residuos vegetales hasta una zona de acumulación de desechos de origen vegetal dentro del municipio y el arriendo de una máquina trituradora de desechos vegetales. En un escenario promedio se plantea trasladar el 65% del volumen total de las podas para reducir el recorrido final de los camiones de recolección de residuos. En un escenario optimista se plantea el traslado a centros de recuperación del total de las podas que se envían actualmente a rellenos sanitarios.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio para un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,56 Tcal y reducción de 200 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 822 mil pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,86 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 308 toneladas, con un ahorro en valor presente de 1,2 millones de pesos²⁴.

Los resultados del análisis del costo-efectividad de la medida indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 14.145 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 39 pesos y por cada peso ahorrado 0,026 pesos. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,015 pesos. Por otra parte, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y costo de cada peso ahorrado. Es importante notar que la medida resulta rentable siempre y cuando se cuente (sin costo adicional) con los mecanismos para el procesamiento y distribución de la biomasa resultante de las podas. Esto hace que la recuperación de la inversión sea en un periodo no mayor a un año. Para ambos escenarios, las tasas internas de retorno (TIR) superan el 500%.

Medida 7. Reciclaje de residuos: consiste en la clasificación y reutilización de los residuos sólidos que serán enviados a su disposición final. La medida busca reducir el número de recorridos de los camiones de recolección. Esta medida supone como inversión el gasto generado por el transporte de

²⁴ En base a condiciones del año 2017

residuos reciclables a centros de procesamiento, más no la construcción de plantas o la transformación de los residuos. En un escenario promedio se plantea trasladar el 55% del volumen total de los residuos recuperados para reducir el recorrido final de los camiones de recolección y generar un ahorro estimado del 22% en consumo de combustible. En un escenario optimista se plantea el traslado a centros de recuperación del 80% de los residuos recuperados.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 7,43 Tcal y reducción de 2.665 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio mayor a los 4,2 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría reducir incrementar el ahorro a 10,81 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 3.876 toneladas, con un ahorro en valor presente de 6,2 millones de pesos²⁵.

Los resultados del análisis del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 5.097 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 14 pesos y por cada peso ahorrado 0,024 pesos. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,014 pesos. Por otra parte, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado. Es importante notar que la medida resulta rentable siempre y cuando cuente con los mecanismos que permitan gestionar otros usos a este tipo de residuos. Para ambos escenarios, las tasas internas de retorno (TIR) superan el 900%.

²⁵ En base a condiciones del año 2017

Anexo 4. Análisis de impacto de medidas del sector transporte - flota municipal (TFM)

Medida 1. Capacitación en conducción eficiente de los vehículos de flota municipal: consiste en desarrollar un programa capacitación para los conductores de vehículos de recolección de residuos sólidos a fin de darles a conocer técnicas de conducción para reducir el consumo del combustible de los vehículos que conforman la flota de propiedad municipal. En base a la experiencia internacional, la capacitación de los conductores de vehículos puede reducir en 10% el consumo de combustible del sector. En un escenario promedio se aspira capacitar al 65% de los conductores de la flota de municipal, y expandir el alcance al 100% para el caso del escenario optimista.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 5,48 Tcal y reducción de 1.722 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 8,4 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 8,43 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 2.649 toneladas, con un ahorro en valor presente de 13 millones de pesos²⁶.

Los resultados del costo-efectividad de la capacitación en conducción eficiente indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 17.628 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 56 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,03 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,02 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su TIR es de 891%. Esta misma medida resulta igualmente rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, alcanzando una TIR del 711%.

Desde el punto de vista ambiental, la aplicación de esta medida permitirá reducir las emisiones de gases de CO₂. Además, se observa que la condición eficiente podría contribuir con la mejora de la calidad y seguridad de los servicios que presta la municipalidad.

Medida 2. Mantenimiento preventivo de la flota vehicular municipal: consiste en realizar el mantenimiento oportuno de la flota vehicular (cambio de filtros y lubricantes) para mantener la eficiencia de consumo de combustible reportada por el fabricante. En base a la experiencia internacional, la aplicación de esta medida puede reducir el consumo de combustible en 5%. En el escenario promedio se plantea cumplir con el mantenimiento del 65% de los vehículos, mientras que para el escenario optimista la totalidad de los vehículos reciben el mantenimiento sugerido por el fabricante.

²⁶ En base a condiciones del año 2017

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio para un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 4,38 Tcal y reducción de 1.377 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 6,7 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría reducir incrementar el ahorro a 6,74 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 2.119 toneladas, con un ahorro en valor presente de 10,4 millones de pesos²⁷.

Los resultados del análisis del costo-efectividad de la medida indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 338.855 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.079 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,60 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado disminuye a 0,35 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y costo de cada peso ahorrado.

Bajo las condiciones de precios del año 2017, el valor actual neto es positivo y su TIR es 54%. Analizando el escenario para el año 2015, la medida tiene un VAN positivo y una TIR de 35%.

Dado el bajo costo del combustible en Argentina, el mantenimiento los vehículos de la flota municipal exhibe una baja rentabilidad para un período de 10 años de vida del proyecto en comparación con otros países. No obstante, es relevante considerar que el mantenimiento de la flota es esencial para el correcto funcionamiento de los vehículos y, en caso de no efectuarse, estos estarían propensos a constantes averías y detenciones. En consideración de lo anterior se recomienda que, a pesar del bajo retorno de la inversión, los municipios realicen planes de mantenimiento preventivo a su flota vehicular.

Medida 3. Recambio de vehículos de carga pesada: consiste en la sustitución de los vehículos existentes por camiones nuevos de similares características y con mejor rendimiento en el consumo del combustible. Para el escenario promedio se suponen el recambio del 66% de la flota que tiene una antigüedad mayor a seis años. Dentro del total de vehículos a recambiar la mitad de estos se sustituirían por camiones de tecnología diésel y el resto por tecnología de gas natural comprimido (GNC). Para el escenario optimista se propone el recambio de la totalidad de los vehículos que sobrepasan seis años de antigüedad por camiones de tecnología GNC.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio para un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 10,04 Tcal y reducción de 3.153 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio sería de 14,9 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 21,32 Tcal y reducir las emisiones de 6.697 toneladas de CO₂, con un ahorro en valor presente de 31,8 millones de pesos²⁸.

Los resultados del costo-efectividad de recambiar los camiones de recolección de residuos indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.858.241 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 5.914 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 3,43 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios

²⁷ En base a condiciones del año 2017

²⁸ En base a condiciones del año 2017

de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 1,97 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra que cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.426.957 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 4.542 pesos y cada peso ahorrado 2,62 pesos de costo. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 1,51 pesos.

Bajo las condiciones de precios del año 2017, el valor actual neto es negativo con una TIR del 6%. Para el escenario del 2015, la medida resulta aún menos favorable con Van y TIR negativas.

Los resultados muestran que la principal limitante para la aplicación de esta medida proviene de los altos costos que suponen la inversión respecto al bajo retorno de la inversión proveniente del ahorro de combustible. En Argentina, los subsidios a los precios de los combustibles dificultan el retorno de la inversión en este tipo de medidas bajo un horizonte de 10 años de vida del proyecto.

Medida 4. Mejora de la eficiencia de operación del parque actual de vehículos pesados: incluye el diseño de rutas eficientes y la mejora en la oferta de servicios, que para el caso del transporte de pasajeros comprende la óptima selección del número de vehículos y rutas de servicio. En base a la reducción de los kilómetros recorridos se plantea como único escenario alcanzar ahorrar 25% del consumo de combustible.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años bajo el escenario planteado muestra un potencial de ahorro de energía de 16,21 Tcal y reducción de 5.092 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 23,8 millones de pesos²⁹.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 50.535 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 161 pesos y que cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 0,09 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,05 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 303%. Esta misma medida resulta rentable para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015 y alcanza una TIR del 237%.

Medida 5. Recambio de la flota por vehículos híbridos: consiste en la sustitución de los vehículos existentes por vehículos que combinan su funcionamiento con motores de combustión interna y motores eléctricos. Para el escenario promedio se supone el recambio del 65% de la flota vehicular, mientras que el escenario optimista propone el recambio de la totalidad de los vehículos.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 26,82 Tcal y reducción de 8.426 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio 40,3 millones de pesos.

²⁹ En base a condiciones del año 2017

Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 41,26 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 12.964 toneladas, con un ahorro en valor presente de 62,1 millones de pesos³⁰.

Los resultados del costo-efectividad de recambiar los camiones de carga pesada indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 896.829 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.854 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,63 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,94 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) es de 21%. Por otro lado, para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015, su VAN es negativo y la TIR del 8%.

Medida 6. Recambio de la flota por vehículos eléctricos: consiste en la sustitución de los vehículos existentes por vehículos que funcionan con motores eléctricos. Para el escenario promedio se supone el recambio del 65% de la flota vehicular, mientras que el escenario optimista propone el recambio de la totalidad de los vehículos.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 49,78 Tcal y reducción de 15.640 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio 90,2 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 76,58 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 24.061 toneladas, con un ahorro en valor presente de 130,5 millones de pesos³¹.

Los resultados del costo-efectividad de recambiar los vehículos de carga ligera y pesada indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 482.273 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.535 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,38 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se incrementa a 0,42 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada y la tonelada de CO₂ reducida, no obstante los costos por cada peso ahorrado se incrementan a 0,48 pesos. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,45 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida, con una TIR de 49% y un periodo de recuperación de la inversión de cercano a tres años. Para el escenario del año 2015 la medida se muestra aún más rentable, con un VAN positivo, una TIR de 62% y un PRI de 2 años.

³⁰ En base a condiciones del año 2017

³¹ En base a condiciones del año 2017