



CO-BENEFICIOS DE LA ENERGÍA SUSTENTABLE:

Una oportunidad para impulsar el bienestar y desarrollo sostenible en México



Este informe se elaboró en el contexto de la iniciativa *Co-beneficios México*, implementado a través del proyecto Convergencia de la Política Energética y de Cambio Climático en México (CONECC) de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, en coordinación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). El proyecto CONECC forma parte de la Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI). El Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) apoya esta iniciativa con base en una decisión adoptada por el Parlamento Alemán. Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad los autores y no necesariamente representan la opinión de la SEMARNAT y/o de la GIZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando ésta sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

GIZ / CONECC

Co-beneficios de la energía sustentable: Una oportunidad para impulsar el bienestar y desarrollo sostenible en México

Supervisión y coordinación

Jonas Russbild, Pedro Hernández, Juan Carlos Mendoza, Dahely Castellán, Emiliano Reyes

Elaboración

Factor CO₂ México

Revisión

Felipe Borja, Valentina Ruiz

Diseño y maquetación

Laguna · www.lagunadentro.com

Formación

Constanza Miranda Ruiz

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Dag-Hammerskjöld-Weg 1-565760 Eschborn / Alemania www.giz.de

Oficina de la GIZ en México

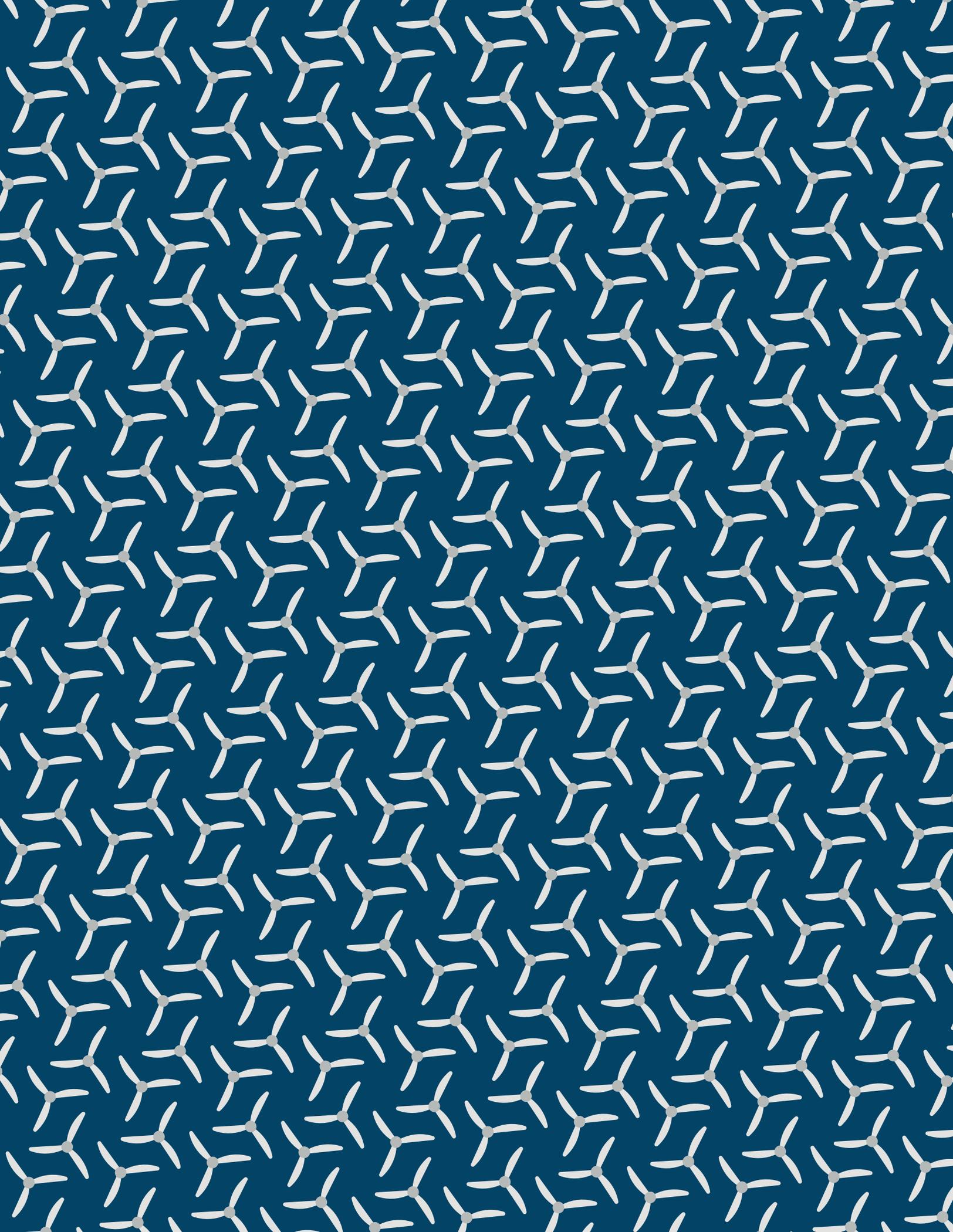
Torre Hemicor, Piso 11
Av. Insurgentes Sur No. 826
Col. Del Valle, Benito Juárez
C.P. 03100, Ciudad de México, México.
T +52 55 55 36 23 44

giz-mexiko@giz.de

Se extiende un especial agradecimiento a los Gobiernos estatales de Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Tamaulipas, Yucatán y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), por todas las facilidades y su compromiso para participar en el programa piloto de cuantificación de co-beneficios de la energía sustentable. Particularmente agradecemos a las y los responsables de los proyectos por su invaluable acompañamiento y esfuerzo de coordinación, así como a sus equipos e integrantes de las comunidades, por su valiosa colaboración y tiempo para compartir su experiencia en el marco de las actividades de campo del proyecto.

CO-BENEFICIOS DE LA ENERGÍA SUSTENTABLE:

Una oportunidad para impulsar el bienestar
y desarrollo sostenible en México



CONTENIDO

Introducción	13
1. ¿Qué son los co-beneficios?	17
2. Metodología para la cuantificación de co-beneficios	19
2.1 Proceso metodológico del programa de cuantificación de co-beneficios	19
2.2 Metodología para análisis de los co-beneficios	21
3. Análisis de co-beneficios del programa piloto: descripción y resultados	23
3.1. Paquetes Fotovoltaicos Autónomos Domésticos en el Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo	23
3.2. Impulso a la Sustentabilidad Energética, Guanajuato	27
3.3. Parque Fotovoltaico Bicentenario de Ciudad Victoria, Tamaulipas	29
3.4. Parque Eólico Dzilam Bravo, Yucatán	31
3.5. Programa Oficina Verde Coahuila	34
3.6. Planta de Tratamiento de Atotonilco, Hidalgo	37
4. Resultados del programa piloto para la cuantificación	41
Cuantificación de co-beneficios	41
Hacia una herramienta para la cuantificación de co-beneficios: CO-B MX	43
Conclusiones	45
Referencias	47
Anexos	49
Anexo 1. Síntesis de experiencias y lecciones aprendidas relevantes en el ámbito internacional y nacional en torno a co-beneficios	49
Anexo 2. Ruta Metodológica General (RMG)	51
Anexo 3. Análisis de Decisión Multi-Criterio (ADMC)	52
Anexo 4. Análisis de vinculación de proyectos de energía sustentable con los ODS	54
Anexo 5. Referencias usadas para el desarrollo de las metodologías para cálculo de co-beneficios de energía renovable	55
Anexo 6. Referencias usadas para el desarrollo de las metodologías para cálculo de co-beneficios de eficiencia energética	56
Anexo 7. Nota metodológica sobre los tipos de empleo generado	56
Anexo 8. Clasificación de Medidas de Eficiencia Energética (MEE)	57

LISTA DDE TABLAS

Tabla 1. Algunas definiciones del término co-beneficios	16
Tabla 2. Categorías, subcategorías y entidades federativas de los proyectos	19
Tabla 3. Balance de ingresos y egresos de las familias de la comunidad El Cedral, considerando los energéticos utilizados antes de los PFVAD	25
Tabla 4. Líneas estratégicas del POV	34
Tabla 5. Clasificación de MEE en edificios.	35
Tabla 6. Etapas del proceso de la PTAR de Atotonilco	38
Tabla 7. Características principales de la planta de cogeneración de la PTAR	39
Tabla 8. Resumen comparativo de resultados de la cuantificación de co-beneficios de los proyectos	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proyectos participantes del programa piloto de cuantificación de co-beneficios	15
Figura 2. Co-beneficios de las energías renovable y de la eficiencia energética: categorías clave.	18
Figura 3. Ruta metodológica para la estimación de los co-beneficios.	21

LISTADO DE ABREVIATURAS

AA	Aire Acondicionado	IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables (por sus siglas en inglés)
BID	Banco Interamericano de Desarrollo	I-JEDI	Modelo de impacto en el empleo y el desarrollo económico (por sus siglas en inglés)
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía	IKI	Iniciativa Internacional del Clima (por sus siglas en alemán)
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y El Caribe	kWh	kilowatts hora
CETAM	Comisión de Energía de Tamaulipas	kWp	kilowatts pico
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	LAERET	Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables del estado de Tamaulipas
CO₂	Dióxido de Carbono	LGCC	Ley General de Cambio Climático
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	LGDS	Ley General de Desarrollo Social
CO-B MX	Herramienta de cuantificación de co-beneficios	MEE	Medidas de Eficiencia Energética
CONECC	Convergencia de la Política Energética y de Cambio Climático en México	MW	Mega Watts
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social	MWH	Mega Watts hora
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía	NDC	Contribución Determinada a nivel Nacional (por sus siglas en inglés)
CPCTM	Centros de Protección y Conservación de Tortugas Marinas	NREL	Laboratorio Nacional de Energía Renovable de Estados Unidos (por sus siglas en inglés)
CRE	Comisión Reguladora de Energía	ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
EDG 1	Eólica del Golfo 1	OIT	Organización Internacional del Trabajo
EE	Eficiencia Energética	PET	Programa de Empleo Temporal
ER	Energías Renovables	PFVAD	Paquetes Fotovoltaicos Autónomos Domésticos
FOTEASE	Fondo de Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	PNUMA	Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas
GIZ	Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (por sus siglas en alemán)	POV	Programa Oficina Verde
IEA	Agencia Internacional de Energía (por sus siglas en inglés)	PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés)	PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
		RMG	Ruta Metodológica General
		TMCA	Tasa Media de Crecimiento Anual

SEFOET	Secretaría de Fomento Económico y Trabajo del Estado de Yucatán
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEMARNATH	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo
SDS	Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Yucatán
SGS	Sistema de Gestión Social
SMA	Secretaría de Medio Ambiente de Estado de Coahuila
SMAOT	Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Guanajuato
SENER	Secretaría de Energía
SFVI	Sistemas Fotovoltaicos Interconectados
TPC	Tren de Procesos Convencionales
TPQ	Tren de Procesos Químicos
tCO₂e	Toneladas de dióxido de carbono equivalente
UVIE	Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas
Wp	Watts Pico
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México

RESUMEN EJECUTIVO

La humanidad enfrenta, entre otras, tres crisis globales que amenazan nuestra supervivencia, desarrollo y las condiciones de nuestro hábitat, éstas son: la crisis sanitaria derivada de la pandemia por el virus SARS-CoV-2, la crisis económica originada por la ralentización de las actividades productivas y en general de nuestras formas de vida asociadas a la pandemia, profundizando procesos de pobreza y desigualdad y, por supuesto, la crisis climática, expresada esta por el continuo incremento de fenómenos climáticos y meteorológicos extremos, aumento en el nivel del mar, entre otras manifestaciones. En 2020, las emisiones de CO₂ tuvieron una reducción significativa respecto a los años previos, lo que motivó una esperanza en la aceleración para transitar a una economía baja en carbón y pensar en rutas hacia la neutralidad de emisiones a mitad de siglo. Sin embargo, en 2021 se ha reiniciado la apertura de las economías y con ello se prevé que pronto se retomen los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)¹ previos a la pandemia de COVID-19. Este contexto vuelve a remarcar la necesidad de continuar con los esfuerzos para impulsar el despliegue de energía sustentable que permita mejorar nuestros patrones de consumo y producción de la energía. La eficiencia energética y energía renovable contribuyen a enfrentar directamente estas tres crisis que enfrentamos.²

En 2015, los países que conforman la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) alcanzaron un acuerdo histórico para combatir el cambio climático y acelerar las acciones necesarias para la descarbonización y un futuro sostenible. El objetivo principal planteado por las partes fue limitar el aumento de la temperatura media global muy por debajo de los 2°C respecto a niveles preindustriales, y proseguir esfuerzos para limitar el incremento a un escenario de 1.5°C en este siglo. Para limitar los riesgos de un calentamiento global por encima de 1.5 °C es necesario transitar a sistemas energéticos más limpios y sostenibles mediante el au-

mento de inversiones en mitigación, instrumentos de política pública, la aceleración de la innovación tecnológica y cambios de comportamiento; todo ello en un contexto de desarrollo sostenible en consonancia con la Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (IPCC, 2019).

El despliegue de energía sustentable —eficiencia energética y energía renovable— es vital para lograr los esfuerzos globales de reducción del calentamiento global. Adicionalmente, estas acciones cuentan con el potencial de generar impactos positivos más allá de los relacionados con la mitigación de GEI. Estos impactos adicionales se han denominado “**co-beneficios**”. La cuantificación de co-beneficios sociales, ambientales y económicos de la energía sustentable, permite visualizar e identificar aquellas dimensiones del desarrollo impactadas y con ello impulsar agendas en las que la energía sustentable contribuye a fines adicionales, por ejemplo, el bienestar social, la reducción de la degradación ecológica y el crecimiento económico verde.

La cooperación técnica entre México y Alemania, a través del proyecto Convergencia de la Política Energética y de Cambio Climático en México (CONECC), ejecutado por la Cooperación Alemana para el Desarrollo Sustentable (GIZ),³ en coordinación con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), implementaron la fase II del proyecto *Co-beneficios México*, denominada **Co-beneficios de la energía sustentable en México: una oportunidad para impulsar el bienestar y desarrollo sostenible**, con el objetivo de que los gobiernos subnacionales y actores clave en México cuenten con la capacidad para incorporar el concepto de co-beneficios en sus procesos de toma de decisión y estrategias de fomento de la energía sustentable, mediante la cuantificación de co-beneficios y el desarrollo de narrativas y a partir de oportunidades derivadas de cada unidad de energía aho-

- 1 Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. Además, ésta contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropogénicos, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, N₂O y CH₄, el Protocolo de Kyoto contempla los gases de efecto invernadero hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC) (IPCC, 2013).
- 2 Romanello M, McGushin A, Di Napoli C, et al. The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future. Lancet (2021). Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(21\)01787-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)01787-6/fulltext)
- 3 El proyecto CONECC forma parte de la Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI), la cual es auspiciada por el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) con base en una decisión adoptada por el Parlamento Alemán.

rrada o generada mediante fuentes renovables y/o medidas de eficiencia energética.

Este reporte presenta los resultados de la fase II de la iniciativa *Co-beneficios México*. Dicha fase se llevó a cabo entre la segunda mitad de 2020 y durante 2021. Para lograr los objetivos de dicho proyecto se desarrollaron dos paquetes de trabajo: por un lado, el diseño e implementación de un **programa piloto de cuantificación de co-beneficios sociales, ambientales y económicos** con la participación de seis proyectos en cinco entidades federativas; y por otro, el desarrollo de una propuesta de herramienta de cuantificación de co-beneficios de la energía sustentable.

Para la implementación del programa piloto se seleccionaron seis proyectos para el desarrollo de un análisis de sus co-beneficios, sociales, ambientales y económicos. Estos proyectos abarcan un espectro amplio de la **energía sustentable** (eficiencia energética y energía renovable), ya que aprovechan tecnologías distintas, a distintas escalas y en diferentes sectores. Las acciones relacionadas con el campo de energía renovable abarcan la generación de energía limpia a nivel comunitario sin conexión a red de suministro; la generación distribuida para uso gubernamental; y la generación a gran escala. Por su parte, las acciones correspondientes al campo de eficiencia energética incluyen medidas de ahorro implementadas en edificaciones gubernamentales y privadas, así como el componente de eficiencia energética en procesos de tratamiento de aguas residuales.

Los proyectos que integraron el piloto se ubican en cinco estados de la República Mexicana: **Hidalgo, Guanajuato, Tamaulipas, Yucatán y Coahuila**. Durante el período de 2016 a 2021, dichos proyectos generaron algunos co-beneficios y resultados como:

- Generación de poco más de 788.8 mil MWh de energía eléctrica, que son suficientes para abastecer el consumo de 416,644 casas en México.
- Ahorro de energía de alrededor de 8.3 MWh, equivalente a evitar el consumo de 13 mil barriles de petróleo.
- Emisiones evitadas por más de un millón de tCO₂e, que sería equivalente a sacar de circulación a 241,556 vehículos de pasajeros por un año. Este número equivale a más del doble del parque de vehículos de pasajeros registrados en la Zona Metropolitana del Valle de México⁴ (ZMVM) en 2020⁵.

⁴ La ZMVM está compuesta por siete estados del centro del país: Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Puebla, Morelos, Querétaro y Tlaxcala.

⁵ Con base en *Calculador de equivalencias de gases de efecto invernadero* de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU., e información publicada por el INEGI sobre los Vehículos de motor registrados en circulación 2020. La ZMVM registro un total de 120,843 vehículos de pasajeros en 2020. Los vehículos de pasajeros se definen como vehículos de 2 ejes y 4 llantas, e incluyen automóviles de pasajeros, furgonetas, camionetas y vehículos deportivos/utilitarios.

- Los proyectos de energía renovable han generado ahorros o ingresos del orden de los 39.56 millones de pesos, por su parte los proyectos de eficiencia energética han generado con sus acciones ahorros de 9.37 millones de pesos.
- Generación de un impacto económico derivado de las inversiones realizadas por cerca de 1,925 millones de pesos.
- Generación de más de 7 mil empleos (directos, indirectos e inducidos) en las diferentes fases del desarrollo de los proyectos de energía renovable, que van desde la construcción hasta las fases de operación y mantenimiento. La creación de estas oportunidades de empleo ha beneficiado directamente a las condiciones económicas y sociales de las familias de cada una de las personas que han encontrado una oportunidad laboral en el despliegue de la energía sustentable en México.
- Adicional a estos impactos, se identifican más de veinte co-beneficios cualitativos que, por su naturaleza o falta de información, no fue posible cuantificar en este primer ejercicio, por ejemplo, aquellos relacionados con mejoras en salud, conservación de la biodiversidad, cohesión social, entre otros.

El programa piloto, además de cuantificar los co-beneficios de los proyectos participantes permitió contar con una prueba de concepto para el diseño de una propuesta de herramienta de cuantificación de los co-beneficios asociados a la energía sustentable, a partir de lo cual se logró el desarrollo inicial de **CO-B MX: Hacia una herramienta de cuantificación de co-beneficios de la energía sustentable**. La herramienta incorporó lecciones aprendidas y buenas prácticas del programa piloto de cuantificación con los proyectos, tomó como referencias herramientas



Hacia una herramienta de cuantificación de co-beneficios de la energía sustentable en México

existentes y experiencias anteriores. Además, se elaboraron metodologías de cuantificación de co-beneficios, que incluyeron métodos de cálculo y supuestos para el desarrollo inicial de **CO-B MX** en dos niveles de precisión:

1. Versión **online**: Orientada a usuarios responsables de proyectos de energía sustentable que cuenten con in-

formación básica. Esta versión cuenta con un módulo cualitativo que permite realizar una primera identificación de potenciales co-beneficios, y un módulo cuantitativo que permite generar estimaciones con requerimientos bajos de información.

2. Versión *offline*: Orientada a usuarios que cuenten con información más detallada de los proyectos.

Se puede acceder a las dos versiones o niveles de precisión de la herramienta través del [micrositio de iki Alliance](#). En las cuales se puede consultar las versiones *online* y el aplicativo descargable de la herramienta (*offline*), metodologías de cálculo, cuadernos de ejercicios y manuales para facilitar su uso, entre otros recursos.⁶

En resumen, se puede concluir que la energía sustentable:

- Es una poderosa herramienta que contribuye al desarrollo social justo y sostenible, al tiempo que reduce emisiones de GEI y con ello mitigar los efectos del cambio climático.
 - Los co-beneficios pueden ser una herramienta activa que incentive a otros gobiernos subnacionales a poner en marcha acciones de energía sustentable, apropiando lecciones aprendidas, y ajustando estas acciones a sus contextos particulares.
 - Pone de manifiesto que las inversiones que se realizan en la materia presentan altos rendimientos costo-beneficio, al tiempo que se logran diversos co-beneficios simultáneos a consecuencia de una misma inversión.
 - Facilita el desarrollo de procesos de registro y monitoreo de información, fundamentales para la obtención de datos que permiten la cuantificación estandarizada de co-beneficios y su apropiación.
- Permite identificar vínculos y acciones que contribuyen con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
 - Finalmente, el proceso de desarrollo del programa piloto de cuantificación de co-beneficios ha permitido generar una serie de lecciones aprendidas que podrían potenciar la visualización de las oportunidades de la energía sustentable e impulsar la replicabilidad de estas acciones a nivel subnacional. Para ello, se recomienda:
 - Generar e impulsar una cultura de registro de información relevante para la identificación y cuantificación de co-beneficios.
 - Desarrollar y generar competencias técnicas para que las organizaciones, instituciones o empresas que se encuentren desarrollando proyectos de energía sustentable cuenten con conceptos técnicos homologados para la cuantificación de co-beneficios.
 - Generar formatos estandarizados de llenado fácil para recopilar la información necesaria para la cuantificación de co-beneficios con las metodologías presentadas.
 - Promover comunicación constante entre actores relevantes que desarrollen proyectos relacionados con las áreas de desarrollo sustentable, cambio climático, medio ambiente y energía.
 - Incorporar sistemas de monitoreo y seguimiento que permitan indagar sobre temas como género y participación ciudadana con relación a proyectos de energía sustentable.

⁶ Se agradece a la empresa Soluciones MYL todas las facilidades para alojar la herramienta CO-B MX durante gran parte de 2022, sin su apoyo decidido no hubiese sido posible consolidar este desarrollo.

INTRODUCCIÓN

La humanidad enfrenta, entre otras, tres crisis globales que amenazan nuestra supervivencia, desarrollo y las condiciones de nuestro hábitat, éstas son: la crisis sanitaria derivada de la pandemia por el virus SARS-CoV-2, la crisis económica originada por la ralentización de las actividades productivas y, en general, de nuestras formas de vida, profundizando procesos de pobreza y desigualdad y, por supuesto, la crisis climática, expresada por el continuo incremento de fenómenos naturales extremos, aumento en el nivel del mar, entre otros.

En 2020, las emisiones de CO₂ tuvieron una reducción significativa respecto a los años previos, lo que motivó una esperanza en la aceleración para transitar a una economía baja en carbón y pensar en rutas hacia la neutralidad de emisiones a mitad de siglo. Sin embargo, el regreso a la apertura económica en 2021 avizora que se retomen los niveles de emisiones previos a la pandemia de COVID-19. La concentración de gases de efecto invernadero (GEI)⁷ en la atmósfera está directamente relacionada con la temperatura global promedio del planeta. Esta concentración de GEI ha aumentado constantemente y, con ella, las temperaturas globales medias. El quinto informe del IPCC, publicado en 2013, fue categórico al concluir que el cambio climático es real y que las actividades humanas son su causa principal (PNUMA, 2020).

Este fenómeno surge a raíz de un incremento sin precedentes de las emisiones antropogénicas de GEI que han aumentado su concentración en la atmósfera debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas del uso de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones derivadas del cambio de uso de suelo (IPCC, 2013). Según el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2021), en 2019, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO₂) fueron más altas que en cualquier otro momento de, cuando menos, los últimos 2 millones de años.

Por lo tanto, para limitar los riesgos de un calentamiento global de 1.5°C es necesario transitar a sistemas energéticos más limpios y sostenibles, mediante el aumento de inversiones en mitigación, instrumentos de política, la

aceleración de la innovación tecnológica y los cambios de comportamiento, todo ello en un contexto de desarrollo sostenible vinculado con la Agenda 2030.

México no es ajeno a las circunstancias anteriormente expuestas; sus características geográficas y climáticas, la fragilidad de sus ecosistemas naturales y sus condiciones socioeconómicas, provocan que el país sea sumamente vulnerable al cambio climático. En respuesta a su situación de vulnerabilidad, el estado mexicano publicó en 2012 la Ley General de Cambio Climático (LGCC), lo que significó una transición legal e institucional para hacer frente al cambio climático y salvaguardar el bienestar de la población.

En el orden internacional, México firmó el Acuerdo de París en 2015, y en 2018 reformó la LGCC con la finalidad de integrar los compromisos adquiridos en dicho Acuerdo. Entre los cambios realizados se destacan: el establecimiento de bases para que México contribuya al cumplimiento del Acuerdo de París, para lo cual incorporó sus metas, conceptos y premisas y la adopción de la Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) como el instrumento donde establece los objetivos y las metas nacionales en materia de adaptación y mitigación al cambio climático.⁸

El despliegue de energía sostenible —eficiencia energética y energía renovable— es vital para cumplir con los esfuerzos globales y locales de reducción del calentamiento global. Estas acciones han mostrado tener la capacidad de generar beneficios y oportunidades más allá de los relacionados con la mitigación de GEI. Estos beneficios adicionales se han denominado “**co-beneficios**”. La cuantificación de co-beneficios sociales, ambientales y económicos de la energía sustentable, permite visualizar e identificar aquellas dimensiones del desarrollo impactadas y con ello impulsar agendas en las que la energía sustentable contribuye a fines adicionales, por ejemplo, el bienestar social, la reducción de la degradación ecológica y el crecimiento económico verde.

Desde una perspectiva de **recuperación verde e inclusiva** en el contexto ocasionado por la pandemia de COVID-19,

⁷ *Ibid.*

⁸ Respecto a las metas para el componente de mitigación, la LGCC señala que: el país asume el objetivo indicativo o meta aspiracional de reducir en 50% las emisiones al 2050 en relación con las emitidas en el año 2000, y que se promoverá que la generación eléctrica proveniente de fuentes de energía limpias alcance por lo menos 35% para el año 2024.

la identificación de co-beneficios brinda un rumbo para las reformas estructurales a largo plazo para un cambio transformacional hacia la sostenibilidad, protección de la biodiversidad, resiliencia y neutralidad climática (GIZ, 2020). Se ha demostrado que las medidas verdes impulsan el crecimiento económico, fortalecen la cohesión social y aceleran una transición hacia la neutralidad climática (Oxford, 2020). Según la CEPAL (2020) uno de los sectores prioritarios en América Latina y el Caribe para impulsar una reactivación económica sostenible y crear un cambio estructural progresivo es el despliegue de las energías sustentables, esto debido a las tendencias hacia la electrificación, residencial, industrial y del transporte. Transformar el *mix* energético hacia uno más sustentable brindará beneficios y oportunidades en el empleo y un crecimiento económico regional. Por ejemplo, un estudio desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Organización internacional del Trabajo (OIT) estima que el sector de energías sustentables tendrá una creación neta de empleo de 18 millones de puestos de trabajo en todo el mundo para 2030, de los cuales, 3 millones se localizarían en las Américas (BID y OIT, 2020).

En este contexto, la cooperación técnica entre México y Alemania, a través del proyecto Convergencia de la Política Energética y de Cambio Climático en México (CONECC) de la Cooperación Alemana para el Desarrollo Sustentable (GIZ), en coordinación con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), implementaron la fase II del proyecto *Co-beneficios México*, denominada ***Co-beneficios de la energía sustentable en México: una oportunidad para impulsar el bienestar y desarrollo sostenible***, con el objetivo de que los gobiernos subnacionales y actores clave en México cuenten con la capacidad para incorporar el concepto de co-beneficios en sus procesos de toma de decisión y estrategias de fomento de la energía sustentable, mediante la generación de narrativas y oportunidades derivadas de cada unidad de energía ahorrada o generada mediante fuentes renovables.

Desde el 2018, el proyecto CONECC ha impulsado la cuantificación de co-beneficios. En una primera etapa se cuantificaron co-beneficios sociales y económicos de la energía sustentable (energías renovables y la eficiencia energética) para México a partir de cuatro casos de estudio a nivel subnacional. Estos trabajos derivaron en la publicación del Reporte *Co-beneficios: contribución de la transición energética para el desarrollo sostenible en México* en febrero de 2020.

El presente reporte pone a disposición de todas las personas y actores clave en la promoción de la energía sustentable los resultados de la fase II de la iniciativa *Co-beneficios México*. La cual se llevó a cabo en la segunda mitad de 2020 y durante 2021. Para lograr los objetivos de dicho proyecto se desarrollaron dos grandes paquetes de trabajo, por un lado, un **programa piloto de cuantificación**

de co-beneficios sociales, ambientales y económicos en seis casos de estudio (Figura 1) y, por otro lado, el desarrollo de una propuesta de herramienta de cuantificación de co-beneficios de la energía sustentable. Este reporte sintetiza los resultados obtenidos de dicho ejercicio.

Los lectores podrán encontrar resultados de cómo la energía sustentable suscita beneficios y oportunidades más allá del ámbito energético y de la reducción de emisiones de GEI, con lo que se busca proveer herramientas para acelerar inversiones en programas y proyectos de energía sustentable al comprobar que estas acciones son altamente costo-eficientes. Los resultados obtenidos de la cuantificación de co-beneficios en los seis proyectos seleccionados se llevó a cabo mediante el análisis de información y documentación de los proyectos, y se complementó con una visita técnica de campo para coleccionar insumos de información, así como para realizar entrevistas con actores clave que permitieran contar con elementos adicionales para el análisis de los co-beneficios de los proyectos.

El programa piloto, además de cuantificar los co-beneficios de los proyectos participantes permitió fungir como prueba de concepto para el diseño de una propuesta de herramienta de cuantificación de los co-beneficios de la energía sustentable, a partir de lo cual se logró el desarrollo inicial de **CO-B MX: Hacia una herramienta de cuantificación de co-beneficios de la energía sustentable**. Esta se nutrió de lecciones aprendidas y buenas prácticas del programa piloto de cuantificación con los proyectos, tomó como referencias herramientas existentes y experiencias anteriores, se elaboraron metodologías de cuantificación de co-beneficios, que incluyeron métodos de cálculo y supuestos centrales para el desarrollo inicial de **CO-B MX** en dos niveles de precisión.

En una primera sección, se realiza una revisión y discusión del concepto de co-beneficios de la energía sustentable y los criterios seguidos para identificar un impacto positivo adicional a la mitigación de emisiones; en segundo lugar, se presenta el proceso metodológico que se siguió en esta fase II del proyecto *Co-beneficios México* y para la cuantificación de los beneficios derivados de las medidas de eficiencia energética y los proyectos de energía renovable; en tercer lugar, se presentan los estudios de caso analizados y los resultados de sus co-beneficios, así como el alcance y potencial de la propuesta inicial de herramienta **CO-B MX**. Y finalmente, se presenta una sección de conclusiones y lecciones aprendidas que se espera contribuyan a la internalización y práctica de la identificación y cuantificación de los co-beneficios, con miras a acelerar su despliegue y contribuir a materializar oportunidades para el bienestar de las y los mexicanos, así como a las metas de desarrollo sustentable a las que se ha adherido México, tales como la Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Acuerdo de París.

Figura 1. Proyectos participantes del programa piloto de cuantificación de co-beneficios



Fuente: Elaboración propia.

1. ¿QUÉ SON LOS CO-BENEFICIOS?

Para establecer el marco conceptual, se llevó a cabo la revisión de literatura en torno al tema de los co-beneficios en el ámbito internacional, nacional y local. Esta revisión

reveló que el término “co-beneficio” ha tenido diversas definiciones a lo largo de los últimos años, entre las que se destacan las que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Algunas definiciones del término co-beneficios

1	“Políticas dirigidas al logro de alguna meta, por ejemplo: la mitigación del cambio climático puede estar acompañada de efectos secundarios positivos, tales como una mayor eficiencia en el uso de los recursos, reducción de las emisiones de agentes contaminantes atmosféricos asociados con el uso de combustibles fósiles y mayor eficiencia en temas como transporte, agricultura, prácticas sobre los usos del suelo, empleo y seguridad de los combustibles” (IPCC, 2007).
2	“Un rango de beneficios secundarios en un gran número de sectores. En el contexto del cambio climático, el concepto refiere al efecto positivo que una política, enfocada al combate del cambio climático, puede tener sobre los objetivos secundarios de política, independientemente de su magnitud o el efecto neto en el bienestar de la sociedad. Los co-beneficios ⁹ se encuentran sujetos a incertidumbre y dependen de las circunstancias locales y la forma en que se implementan las políticas públicas. En resumen, el concepto de co-beneficios incluye cualquier tipo de beneficios secundarios (no climáticos) que resulte de la implementación de políticas públicas de mitigación y adaptación al cambio climático” (CEPAL, 2017).
3	“Beneficios adicionales a los originalmente planteados, generados por la implementación de una política, programa, proyecto o acción. Se refiere al cumplimiento simultáneo de varios intereses u objetivos resultantes de una intervención de política pública, una inversión del sector privado o una combinación de ambas” (Helgenberger, S., Jänicke, M. & Gürtler, K., 2019).

Fuente: Elaboración propia con base en IPCC, CEPAL, y Helgenberger, S., Jänicke, M. & Gürtler, K.

Para los efectos del programa piloto de cuantificación de co-beneficios, se utiliza la definición que **se refiere al cumplimiento simultáneo de varios intereses u objetivos resultantes de una intervención de política pública, una inversión del sector privado o una combinación de ambas** (Helgenberger, S., Jänicke, M. & Gürtler, K., 2019).

En el contexto de la acción climática, la mitigación de emisiones del sector energético presenta oportunidades en otras áreas de política pública, tales como la generación de empleos, mejoras en la salud, promoción de la prosperidad económica o el uso eficiente de recursos (GIZ, 2020). Los co-beneficios de los programas, proyectos o acciones en energía sustentable (eficiencia energética y energía renovables) son diversos, pero pueden clasificarse en tres ámbitos:

• **Co-beneficios sociales:** se dan cuando los resultados de la medida implican un cambio en la calidad de vida de

los individuos, de una comunidad o de la sociedad en general. Por ejemplo: temas relacionados con mejora de la salud humana, género, cambios en los niveles de vida, cambios en niveles de pobreza, bienestar.

- **Co-beneficios ambientales:** suceden cuando el resultado de la medida se refleja a través de cambios positivos o negativos evitados, en bienes o servicios ambientales. Por ejemplo: conservación de la biodiversidad y recursos naturales, reducción de contaminación del suelo o aire, consumo más eficiente de recursos hídricos.
- **Co-beneficios económicos:** se presentan cuando el resultado de la medida trae un cambio en los ingresos o en los costos, incluidos los riesgos de agentes particulares de la economía. Por ejemplo: valor económico de la generación de empleo, cambios en ingresos por mayor productividad, ahorros en costos de factores de producción.

⁹ IPCC, 2013. Los efectos positivos que una política de mitigación o adaptación pueden tener objetivos secundarios, sin importar su efecto neto en el bienestar social.

Figura 2. Co-beneficios de las energías renovable y de la eficiencia energética: categorías clave.



Fuente: Con base en Co-beneficios de las energías renovables: categorías clave (IASS, 2017a) y de eficiencia energética genera múltiples beneficios

Para reconocer la presencia de los co-beneficios de la energía sustentable se debe revisar que estos potenciales impactos positivos cumplan con, al menos, las siguientes tres características:

- Que constituyan al menos un beneficio adicional a los planteados originalmente en los objetivos del programa o proyecto (además de la mitigación de emisiones);
- Que reporten una mejora en: los ingresos o un costo evitado (co-beneficios económicos); ii) en la calidad de vida de las personas (co-beneficios sociales) o iii) una mejora la preservación y protección del medio ambiente, biodiversidad y en general en los recursos naturales (co-beneficios ambientales).
- Que tengan un impacto en alguna de las dimensiones del desarrollo sostenible: social, ambiental o económico.

2. METODOLOGÍA PARA LA CUANTIFICACIÓN DE CO-BENEFICIOS

2.1 Proceso metodológico del programa de cuantificación de co-beneficios

Para la implementación del “Programa piloto de cuantificación de co-beneficios de la energía sustentable” se desarrolló un proceso metodológico que inició con la identificación y selección de los proyectos que conformarían el grupo de estudio del programa; pasando por una etapa de recabo, procesamiento y análisis de información para el análisis de co-beneficios; hasta llegar a una etapa de socialización de resultados y desarrollo de propuesta inicial de herramienta de cuantificación de co-beneficios,

COB MX. A continuación, se presentan las diferentes etapas de este proceso:

a. Convocatoria abierta

En noviembre de 2020 el proyecto CONECC lanzó una **convocatoria pública a desarrolladores de proyectos de energía sustentable** de instituciones públicas, sector privado, centros de investigación, universidades o instituciones académicas y comunidades. Los proyectos recibidos fueron revisados por la GIZ en conjunto con la SEMARNAT, dando como resultado la selección de seis proyectos en cinco estados (Tabla 2).

Tabla 2. Categorías, subcategorías y entidades federativas de los proyectos

Categoría del proyecto	Subcategoría del proyecto	Estado	Nombre del proyecto
Energía renovable	Energía comunitaria	Hidalgo	Paquetes Fotovoltaicos Autónomos Domésticos en el Parque Nacional los Mármoles
	Generación distribuida	Guanajuato	Impulso a la sustentabilidad energética
	Generación distribuida	Tamaulipas	Parque fotovoltaico Bicentenario de Ciudad Victoria
	Generación a gran escala	Yucatán	Parque Eólico Dzilam Bravo
Eficiencia Energética	Eficiencia energética en edificaciones	Coahuila	Programa Oficina Verde
	Eficiencia energética en servicios públicos	Hidalgo	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco

(Fuente: Elaboración propia).

Los proyectos seleccionados permitieron analizar una variedad de tecnologías y medidas como generación de energía renovable comunitaria, generación de energía a pequeña y gran escala, así como medidas de eficiencia energética en edificaciones y servicios públicos. Esta variedad ha permitido dar respuesta a diferentes problemáticas y objetivos en distintos contextos. En la siguiente sección se presentan estos proyectos y sus principales co-beneficios.

b. Reunión de arranque

En febrero de 2021, la GIZ, en coordinación con la SEMARNAT, realizó una reunión de presentación para establecer las bases preliminares del programa piloto de cuantificación de co-beneficios. El evento tuvo como objetivo compartir la mecánica de trabajo y el alcance del programa piloto con los responsables de los seis proyectos seleccionados a partir de la convocatoria pública. Esta actividad permitió que los proyectos participantes pudieran conocer los alcances del programa piloto, revisar los tiempos de ejecución y definir los hitos del proceso.

Asimismo, en esta reunión inicial se acordaron los productos a entregar. Por un lado, un reporte de análisis de co-beneficios y una hoja de divulgación (*factsheets*); y, por otro lado, la participación en un taller de comunicación del ABC de los co-beneficios con el objetivo de desarrollar competencias para el uso y construcción de narrativas de este enfoque.

c. Presentación de metodología de trabajo para la cuantificación de co-beneficios

En junio de 2021, se realizó un evento en el que se presentó la metodología de trabajo para la cuantificación, se dio paso al diálogo abierto con los responsables de los seis proyectos sobre la importancia de la cuantificación de co-beneficios a nivel local, y se acordaron las actividades del proceso de recolección de información para contar con los elementos suficientes y necesarios para el análisis de cuantificación de los beneficios sociales, ambientales y económicos de los proyectos.

d. Recopilación de información para la cuantificación de co-beneficios

Durante los meses de junio a agosto de 2021, se realizaron diversas acciones encaminadas a recolectar la información de los seis proyectos para la cuantificación de co-beneficios. El primer paso fue la elaboración de una ficha que integraba la información de los proyectos que se obtuvo durante la convocatoria pública. Tomando esa in-

formación como base, se elaboró un guion de entrevista para llevar a cabo una reunión bilateral virtual con cada uno de los proyectos participantes. La entrevista tuvo dos objetivos: i) Profundizar en la información complementaria con la que contaban los responsables de los proyectos y ii) Acordar los pormenores para organizar y realizar las visitas de campo a los proyectos.

El segundo paso implementado para recabar la información constó en visitas de campo, las cuales tuvieron el propósito de realizar auditorías energéticas nivel cero en cada uno de los proyectos, que incluyeron la realización de entrevistas con actores clave en el diseño, desarrollo, instalación, puesta en marcha y operación de los proyectos. Al llevar a cabo estas visitas se identificaron de manera conjunta con las personas responsables de las dependencias y proyectos, las oportunidades materializadas a raíz de estos, aquellos co-beneficios con potencial de cuantificar y cuales solo sería posible identificar y caracterizar de manera cualitativa.

e. Elaboración y socialización de notas metodológicas para la cuantificación de co-beneficios

De manera paralela, se llevó a cabo un análisis de gabinete para identificar co-beneficios factibles para cuantificar en cada uno de los proyectos. Con base en esta identificación se elaboraron notas metodológicas para cada uno de los co-beneficios cuya cuantificación fue factible.

Para la elaboración de las metodologías de cuantificación de los co-beneficios se realizó una revisión documental y de experiencias en la materia. Las notas metodológicas elaboradas para la cuantificación de co-beneficios fueron socializadas con los responsables de los proyectos en un par de sesiones llevadas a cabo durante el mes de agosto de 2021, que tuvieron como finalidad recibir retroalimentación para ajustar y mejorar las notas metodológicas para la cuantificación de los mismos.

f. Análisis de cuantificación de co-beneficios

Durante los meses de septiembre y octubre de 2021, con base en la información recabada de los proyectos y las notas metodológicas desarrolladas, se llevó a cabo el análisis de cuantificación de los co-beneficios de cada uno de los proyectos. Los resultados obtenidos fueron la base para el desarrollo del reporte de resultados de la cuantificación de co-beneficios de cada uno de los proyectos, y de este reporte general.

g. Hacia una herramienta para la cuantificación de co-beneficios

El compendio de estas metodologías derivó en los métodos de cálculo y supuestos centrales que se usaron para el desarrollo de la propuesta inicial de herramienta de cuantificación de co-beneficios **CO-B MX**, la cual cuenta con dos niveles de precisión, reflejados en una versión *online* y otra *offline*. La primera está dirigida a responsables de proyectos de energía sustentable que cuenten con información básica, mientras que la segunda está enfocada a usuarios que cuenten con información más detallada de los proyectos. El desarrollo piloto de la herramienta en sus dos niveles se llevó a cabo en el curso de los meses de septiembre y octubre de 2021.

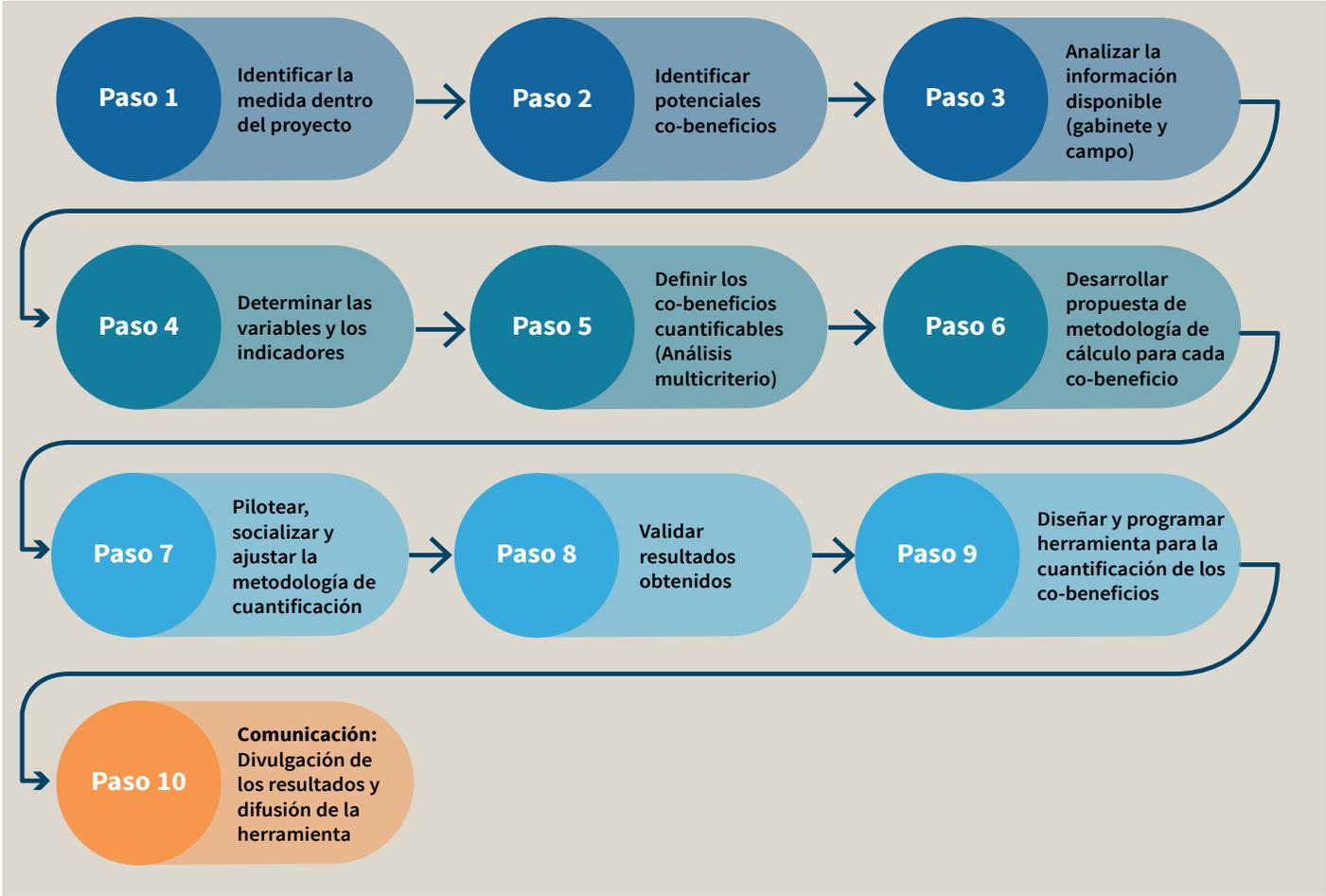
2.2 Metodología para análisis de los co-beneficios

Para la cuantificación de los co-beneficios, el equipo técnico diseñó y aplicó una serie de 10 pasos secuenciados, agrupados en una Ruta Metodológica General (RMG). La cuantificación de los co-beneficios en el marco de la RMG utilizó un enfoque *ex-post*, es decir, focalizado en la etapa operativa de los proyectos seleccionados. Este enfoque permitió analizar los efectos de la implementación de proyectos, así como detectar y analizar los diversos co-beneficios que se sumaran a los beneficios directos del proyecto. Para ello, se contó con la siguiente información de cada uno de los proyectos:

1. Insumos iniciales de información para un primer análisis de gabinete:
 - Cédula de aplicación a convocatoria para Programa Piloto de cuantificación de co-beneficios
 - Hoja de información técnica
 - Otra información provista por los proyectos inicialmente
2. Insumos adicionales de información para complementar análisis de gabinete con información en campo:
 - Oficinos de orientación para la solicitud adicional de información elaborados para cada uno de los proyectos
 - Reuniones bilaterales de revisión y validación de la información inicial e identificación de información complementaria útil y disponible
 - Visita de campo a cada uno de los proyectos para realizar auditoría energética nivel cero y análisis de desempeño energético de cada proyecto

Los diez pasos de la RMG (Figura 3) tienen como fin brindar un marco general de actividades secuenciadas para el análisis de la información y la construcción de los insumos, la identificación de los aspectos clave para el desarrollo de la cuantificación de los co-beneficios del programa y brindar elementos para el proceso de programación de la herramienta de cuantificación.

Figura 3. Ruta metodológica para la estimación de los co-beneficios.



Fuente elaboración propia.

3. ANÁLISIS DE CO-BENEFICIOS DEL PROGRAMA PILOTO: DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS

Los seis proyectos seleccionados para el programa de cuantificación abordan un amplio espectro de la energía sustentable ya que abarcan tecnologías distintas, aprovechadas y aplicadas en diferentes escalas y sectores. Las acciones relacionadas en el ámbito de energía renovable contemplan: la generación de energía limpia a nivel comunitario sin conexión a red, la generación distribuida para edificaciones públicas, y la generación a gran escala. Para el campo de eficiencia energética, se incluyen: proyectos para promover el uso eficiente de energía en oficinas gubernamentales y privadas, así como el tratamiento de agua residual. A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de los proyectos y una síntesis de los resultados de la cuantificación de sus co-beneficios.

3.1. Paquetes Fotovoltaicos Autónomos Domésticos en el Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo

El indicador de cobertura eléctrica en México reportó que alrededor de 1.5 millones personas en el país aún no contaban con energía eléctrica, revelando que persiste una brecha de acceso a la energía eléctrica universal a nivel nacional.

En el año 2017, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del estado de Hidalgo (SEMARNATH) desarrolló el proyecto Paquetes Fotovoltaicos Autónomos Domésticos (PFVAD) con el objetivo de instalar sistemas fotovoltaicos aislados en zonas rurales, dar acceso a energía sustentable a la población rural hidalguense que habita en el Parque Nacional “Los Mármoles”, y que no contaba con energía eléctrica para el desempeño de sus actividades personales, sociales y productivas. El proyecto contribuye a lograr que la cobertura de energía eléc-

trica del país llegue al 100% de la población en México. Adicionalmente, la energía solar fotovoltaica brinda la oportunidad de ser instalada de manera aislada, permitiendo que las comunidades cuenten con energía eléctrica limpia y asequible, reduciendo así la situación de vulnerabilidad de las personas y dotando de capacidades necesarias para el desarrollo social de las comunidades.

El Parque Nacional “Los Mármoles” está ubicado al norte del estado de Hidalgo y se extiende en 23 mil hectáreas destinadas a la conservación de recursos forestales y fauna silvestre. En esta área se encuentran localidades pertenecientes a los municipios de Zimapán, Jacala, Pacula y Nicolás Flores. Las características orográficas de la zona dificultan que las comunidades que la habitan cuenten con energía proveniente de la red del Sistema Eléctrico Nacional, provocando que se encuentren en situación de pobreza energética.

El proyecto constó en la instalación de 117 paquetes fotovoltaicos autónomos domésticos que proveen de energía eléctrica —generada *in situ* a partir de la transformación de la energía proveniente de los rayos del sol— a igual número de familias que habitan las 43 localidades ubicadas al interior del polígono del Parque. Cada uno de estos paquetes está diseñado para abastecer de energía hasta cuatro lámparas, un radio, una televisión, un cargador de celular y una licuadora.

Las acciones realizadas por el proyecto contribuyen a lograr llevar energía eléctrica a algunas de las familias entre las más de 26 mil personas que carecían de servicio eléctrico en Hidalgo, con corte a 2018, quienes representan el 0.79% de la población hidalguense (SENER, 2020).

A continuación, se presentan los resultados provenientes de la cuantificación de co-beneficios que se realizó a través de las metodologías desarrolladas para el proyecto.



a. Generación de energía eléctrica limpia distribuida y reducción de emisiones

La instalación de los paquetes fotovoltaicos autónomos domésticos permitió llevar energía eléctrica a un total de 468 personas que habitan las 117 viviendas ubicadas dentro del Parque Nacional “Los Mármoles”.

El proyecto ha estado en operación de 2018 a 2021, período en el que ha generado en promedio cerca de 18 MWh/año de energía eléctrica, la cual corresponde a un consumo eléctrico promedio estimado (por vivienda) de entre 12 y 15 kWh/mes. A lo largo de los 3 años de operación, se han generado 75 MW/h de energía eléctrica comunitaria limpia y se ha evitado la emisión de **37.45 tCO₂e**, lo cual equivale a^{10, 11}:

- Alrededor de 1.4 mil lámparas incandescentes reemplazadas.
- Al carbono capturado por 619 árboles urbanos durante 10 años.

Aunado a lo aquí mencionado, es de suma importancia señalar otros beneficios simultáneos identificados en este proyecto. A continuación, se presentan los co-beneficios más relevantes del Proyecto Paquetes Fotovoltaicos Autónomos Domésticos en el Parque Nacional “Los Mármoles¹²”.



b. Pobreza energética

Este **co-beneficio de la dimensión social** mide la reducción del número de hogares en situación de pobreza energética derivada de la instalación de sistemas de energía con fuentes renovables. En este caso en particular nos referimos a una de las dimensiones de la pobreza energética: la carencia en el acceso a energía eléctrica.

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (2013), la pobreza energética puede definirse como “la incapacidad de cocinar con combustibles de cocción modernos y la ausencia de un mínimo esencial de iluminación eléctrica para leer o para otras actividades productivas y del hogar al ponerse el sol”. Por otro lado, se considera que un hogar se encuentra en situación de pobreza energética cuando no es capaz de pagar por servicios energéticos suficientes que satisfagan sus necesidades domésticas y/o cuando destina un porcentaje excesivo de sus ingresos en el pago de su consumo energético (CONUEE, 2018).

En el caso de México, el artículo 36 de la Ley General de Desarrollo Social (LGDS) establece que el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) debe definir, identificar y medir la pobreza considerando al menos ocho indicadores. Dentro de estos se encuentra el indicador “Acceso a los servicios básicos en la vivienda”, el cual se compone de cuatro dimensiones: i) Acceso al agua; ii) Contar con drenaje; iii) Disposición de electricidad; y iv) Servicio de combustible para cocinar.

La metodología propuesta por el CONEVAL establece que la privación social del acceso a la electricidad y de com-

10 Cálculo de equivalencias realizado con la herramienta de la Agencia de Protección ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), disponible en: [Calculador de equivalencias de gases de efecto invernadero | US EPA](#)

11 Los resultados representan una estimación, debido a que los cuatro años se cumplen en el transcurso de 2022.

12 La cuantificación de los co-beneficios se llevó a cabo en función de la información obtenida por medio de un grupo focal y una serie de encuestas realizadas con apoyo de la comunidad del Cedral.

bustible para cocinar (gas o electricidad) es un elemento que contribuye a la pobreza en México¹³. Por tanto, todos aquellos hogares que carecen de acceso a electricidad tienen una alta probabilidad de estar en situación de pobreza energética. Para este análisis, las personas con falta de acceso a electricidad se han definido en situación de pobreza energética.

Para la cuantificación de este co-beneficio, se tomó como referencia la información obtenida por medio del grupo focal y las encuestas, desarrollados con el apoyo de los habitantes de la comunidad El Cedral del Parque Nacional “Los Mármoles”. La información resultante de estos ejercicios se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Balance de ingresos y egresos de las familias de la comunidad El Cedral, considerando los energéticos utilizados antes de los PFVAD

Concepto de ingreso y gasto de los miembros de la comunidad El Cedral	Ingresos por familia, \$/mes	Egresos por familia, \$/mes	Porcentaje del egreso respecto al ingreso
Ingresos por trabajo en campo, con un pago de \$200 / jornal (No se trabaja todos los días del mes)	≈ 3,500		
Egresos por tiempo (días) del mes para abastecerse de combustible, pilas o gas debido a que no trabajan y pierden el equivalente a dos días de trabajo		≈ 400	≈ 11.4%
Compra de pilas (56 pilas en promedio/mes por familia)	---	≈ 840	≈ 24%
Compra de gasolina o diésel para la iluminación al interior de las casas, para el uso en lámparas de combustión con mecha; 4 litros en promedio por mes	---	≈ 60	≈ 1.7%
Compra de gas LP para la lámpara del templo (80 pesos para compra mensual, más pasaje dividido entre 5 familias)	---	≈ 32	≈ 0.9%
Pasajes para ir a la cabecera municipal (al menos una vez al mes)	---	≈ 100	≈ 2.3%
Total	≈ 3,500	≈ 1,480	≈ 40.42%

(Fuente: Elaboración propia con información de los habitantes de la comunidad).

La información dispuesta en la Tabla 3 muestra que, antes de la instalación de los PFVAD, los habitantes de la comunidad El Cedral podrían gastar hasta entre 40-42% de sus ingresos mensuales (\$3,500) en consumos de combustibles o energéticos para servicios energéticos de iluminación y equipos de comunicación en sus hogares y comunidad¹⁴.

En conclusión, hay tres co-beneficios principales obtenidos por las seis familias de la comunidad El Cedral:

- Una reducción de entre 40-42% en su gasto por consumos energéticos
- Mayor bienestar social para las comunidades, por medio de la liberación de ingresos por hogar, así como ampliación de tiempo para actividades productivas y

domésticas, por lo que los habitantes refieren un incremento en su calidad de vida

- Abatimiento de la pobreza energética, considerando ésta como carencia por acceso a servicio de energía eléctrica de los habitantes de la comunidad El Cedral del Parque Nacional “Los Mármoles”.



c. Empleos generados

Los empleos son un **co-beneficio esencial para el incremento del bienestar y calidad de vida de las personas**. El acceso a la energía eléctrica permitió que 10 habitantes de la comunidad lograran emplearse en el Programa de Empleo Temporal (PET) de la Comisión Nacional de

13 Artículo 36 de la Ley General de Desarrollo Social (LGDS)

14 Como se indica en la Tabla 3, no se reporta el gasto por la adquisición de leña para la cocción de alimentos ya que ésta se recoge en el bosque y solo implica tiempo.

Áreas Naturales Protegidas (CONANP) para llevar a cabo acciones de monitoreo de flora y fauna y para la prevención de incendios forestales. El acceso a estos trabajos no habría sido posible sin la instalación de los PFVAD, ya que se precisa del uso de cámaras trampa que deben recargarse con energía eléctrica para las labores de monitoreo que realizan actualmente.

Gracias a este empleo temporal, los ingresos por familia presentaron un incremento de \$1,342 al mes; pasando de un ingreso mensual promedio por familia de \$3,500 a uno de \$4,842, lo cual equivale a un incremento porcentual de 38.33%. No obstante, debe mencionarse que esta mejora en la economía familiar no es atribuible únicamente a los PFVAD, pues se trata de una combinación entre la disponibilidad de la energía eléctrica, la existencia del programa de la CONANP y la propia iniciativa de los habitantes de la comunidad.

d. Otros co-beneficios identificados que actualmente no pueden ser cuantificados

Es importante mencionar que, si bien los testimonios compartidos por los pobladores reportan mejoras en su calidad de vida, por el momento estos co-beneficios no pueden ser cuantificados, ya que no se cuenta con información suficiente. No obstante, consideramos importante identificarlos, registrarlos y comunicarlos.



Disminución en el uso de baterías y reducción de contaminación

La presencia de los PFVAD permitió prácticamente eliminar el uso de baterías, las cuales eran utilizadas para obtener iluminación a través de lámparas de mano y para el uso de radios. Para contar con iluminación en los hogares, éstos debían de utilizar métodos como lámparas con pilas desechables o velas. Se estima que cada hogar compraba 56 pilas por mes en promedio, lo que implicaba más de 600 pilas utilizadas al año.¹⁵ Las pilas se tiraban en el bosque y en los campos de cultivo, lo cual resultaba en la contaminación del área debido a su alto contenido en metales pesados como mercurio, níquel, litio o plomo que son tóxicos para el ambiente y perjudican la salud. Al desecharse, estos metales pueden filtrarse al suelo y contaminar los mantos freáticos. Gracias a la instalación de los paneles solares se eliminó la necesidad de utilizar pilas para iluminar los hogares, por lo que se logró reducir

de una porción de residuos y, en consecuencia, disminuir algunos impactos ambientales negativos en el bosque¹⁶.



Mayor arraigo y cohesión en la comunidad

Los pobladores declaran que el acceso a energía eléctrica ha generado un mayor arraigo a su comunidad; además, la energía eléctrica disponible actualmente ha atraído a nuevos habitantes. Los testimonios de las familias de la comunidad afirman que algunas personas que habían abandonado la comunidad han regresado a sus antiguas viviendas.

Un mayor arraigo, el regreso de los habitantes emigrados y la mejora en las condiciones de vida han permitido una mayor cohesión y organización entre los pobladores de la comunidad El Cedral, que forma parte del Parque Nacional “Los Mármoles”, lo cual ha servido para mejorar sus condiciones de vida. Actualmente, esta organización ha resultado también en la mejora de caminos existentes para facilitar el acceso a la comunidad.



Mejoras en las telecomunicaciones

Antes de contar con la energía eléctrica proveniente de los PFVAD, los habitantes de El Cedral debían caminar entre media y dos horas a las comunidades vecinas para cargar los teléfonos celulares y contar con un medio de comunicación. Debido a que no siempre podían ir a cargar los teléfonos celulares inmediatamente después de que se les terminaba la batería, podían pasar cierto tiempo incomunicados.

Actualmente pueden cargar los teléfonos celulares en sus propias casas, lo que les ha permitido estar comunicados constantemente. El acceso a la electricidad, en este caso, se ha traducido en un mayor acceso a la comunicación y, por tanto, a servicios. Por ejemplo, se ha mejorado la comunicación entre el delegado de la comunidad y el municipio, permitiendo que la comunidad se entere con oportunidad sobre reuniones con las autoridades, así como acceso a información sobre apoyos o programas de los diferentes niveles de gobierno.



Mejoras en la calidad de vida familiar

Los testimonios de los habitantes de la comunidad de El Cedral reportan que uno de los mayores beneficios reci-

15 Estimación con información comentada de los habitantes. En grupo focal y entrevistas han referido que han encontrado “muchas” pilas en los campos de cultivo al momento de trabajar la tierra.

16 SEMARNAT: Guía para el consumo y manejo sustentable de pilas. “La disposición final de los residuos de pilas se debe efectuar en sitios autorizados en los que existan las condiciones necesarias para prevenir la contaminación del suelo”. Gu_a_para_el_consumo_sustentable_de_pilas.pdf (www.gob.mx)

dos por el proyecto es que “no pagan por la luz”, adicional a ello la energía eléctrica les proporciona una sensación de mayor seguridad, ya que en su opinión la luz ahuyenta a animales que podrían ser peligrosos para las familias.

Adicionalmente, vale la pena apuntar beneficios en términos educativos, como la oportunidad de que los niños puedan hacer tarea después de que se oculte el sol. Asimismo, los habitantes de El Cedral pueden convivir más con sus familias, tener algunas opciones de entretenimiento y esparcimiento al contar con radios que les permiten estar más conectados y conectadas a la información y otras actividades. Hoy en día la “luz” ya no se reserva para ocasiones especiales pues se cuenta con ella todos los días.

3.2. Impulso a la Sustentabilidad Energética, Guanajuato

El Programa Impulso a la Sustentabilidad Energética fue creado por la Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial (SMAOT) del estado de Guanajuato en 2018. Éste se diseñó como parte de las iniciativas de la SMAOT para impulsar el despliegue de la energía sustentable en el estado, en el cual el sector energético representa 73% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). La Ley de Cambio Climático para el estado de Guanajuato y sus Municipios, prescribe en el artículo 42, fracción V, la adopción de patrones de producción y consumo por parte de los diferentes sectores para transitar hacia una economía baja en carbono. En este sentido, el Plan Estatal de Desarrollo de Guanajuato 2040, en la dimensión Medio ambiente, en su estrategia 3.1.3.4 establece la “promoción y desarrollo de fuentes de energía renovables, así como incremento de la eficiencia energética”.

El Programa Impulso a la Sustentabilidad Energética tiene como objetivo general mitigar las emisiones de GEI provenientes del sector energético; acelerar la transición energética; fomentar el uso de energía renovable asequible y no contaminante en el estado; y promover medidas y acciones que contribuyan a lograr economías bajas en carbono. En esta ruta, el Estado de Guanajuato ha promovido la instalación de sistemas fotovoltaicos interconectados (SFVI) a la red del sistema eléctrico nacional en centros de trabajo, escuelas públicas y edificios de gobierno. Para 2024, el programa pretende lograr:

- Incrementar a un Megawatt (MW) la capacidad instalada de generación de energía renovable en el estado
- Reducir 900 tCO₂e

- Reducir en un 25% la facturación de energía eléctrica de las instituciones beneficiadas

Con el objetivo de mitigar los efectos del cambio climático y brindar energía limpia y asequible, a lo largo del período de operación (2018-2020) se han instalado 836 módulos fotovoltaicos en 14 edificios de gobierno y 27 escuelas, principalmente. Al término de 2021 se pretenden instalar al menos 230 módulos más para lograr un total de 1,096 módulos fotovoltaicos. Este incremento permitirá pasar de 277 kWp de capacidad instalada en 2020 a 393 kWp al concluir 2021, lo que implicaría un incremento del 42% con respecto al año previo.

Gracias al programa, durante el período de 2018 a 2021 se estima una reducción acumulada de 370 toneladas de CO₂e al año. Considerando que actualmente en los edificios beneficiados por el programa el porcentaje de cobertura de electricidad respecto a su demanda es de aproximadamente del 40% y que se busca elevarlo al 60%.

Vale la pena señalar que el programa Impulso a la Sustentabilidad Energética es un ejemplo de la institucionalización de las acciones de mitigación a nivel local. En diciembre de 2020, se publicaron las Reglas de operación del programa para el ejercicio 2021, con lo cual se formaliza el esquema de operación, actores, recursos, así como mecanismos de coordinación, seguimiento y reporte de resultados.

A continuación, se presentan los resultados provenientes de la cuantificación de co-beneficios que se realizó a través de las metodologías desarrolladas para el proyecto.



a. Generación de energía eléctrica limpia distribuida y reducción de emisiones

A raíz del uso de energía eléctrica limpia distribuida generada por los sistemas instalados por este programa, hubo una disminución considerable en el consumo de energía eléctrica facturado. Se estimó que la energía eléctrica generada fue del orden de los 766 MWh, del año 2018 a 2021. Los sistemas instalados en las escuelas y viviendas generaron el 52% (396 MWh) de esa energía limpia, en tanto que los edificios públicos representaron el 48% (370 MWh) de la generación estimada con base en los datos de diseño con los que cuenta la SMAOT.

Se estima que a través del programa se han reducido 370 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) lo que aporta el 41% de las metas del Programa de Gobierno estatal; esto implica que la reducción anual de emisiones acumuladas del programa Impulso a la Sustentabilidad



Energética podría aportar el 100% de la meta estatal de reducción de emisiones para el año 2024.

Las 370 tCO₂e, evitadas por el Programa Impulso a la Sostenibilidad Energética, equivalen a:

- 857 barriles de petróleo dejados de consumir durante un año, o
- 14 mil lámparas incandescentes reemplazadas.



b. Empleos generados temporales y permanentes, directos e indirectos¹⁷

Las acciones del programa Impulso a la Sostenibilidad Energética se tradujeron en **el co-beneficio económico** asociado a la generación de **35 empleos**. Durante las etapas de desarrollo e instalación de los SFV, se estimó la generación de 14 empleos directos, 5 empleos indirectos y 10 empleos inducidos, lo que implica la generación de 29 empleos temporales. Mientras tanto, para la etapa de operación de los proyectos se generaron 5 empleos directos permanentes.

Un co-beneficio social adicional en materia de empleo fue el fortalecimiento de capacidades, pues mediante el programa se capacitó a los usuarios en cada uno de los edificios de gobierno, en escuelas y viviendas donde se instalaron los SFVI. En promedio, se capacitó a cinco personas (personal directivo y de mantenimiento o servicios generales) de cada una de las dependencias gubernamentales (edificios de gobierno y escuelas)¹⁸. Con corte al primer trimestre de 2021, se ha logrado capacitar a **231 per-**

sonas como resultado de las actividades del programa, de las cuáles se estima que cerca del 60% son mujeres.



c. Ahorro y generación de ingresos

Este co-beneficio evalúa los ahorros por la venta de energía o compensación de energía eléctrica en los proyectos de generación distribuida, autoconsumo y gran escala. Para el caso específico del programa Impulso a la Sostenibilidad Energética, se evaluaron los ahorros derivados de la modalidad de generación limpia distribuida que promueve el programa. La implementación de los SFVI ha permitido reducir costos de facturación de las dependencias gubernamentales como resultado de la disminución en el consumo de energía eléctrica de la red nacional en instalaciones tales como edificios de gobierno, escuelas, y viviendas.

El monitoreo y evaluación de los ahorros no se ha realizado en todos los sistemas instalados hasta el momento; no obstante, con base en la información existente y la derivada del proceso de monitoreo en línea que se desarrolla desde septiembre de 2020 para dar seguimiento a la generación de energía limpia distribuida, se estimó que en el período 2018-2021 se generó un total de 766 MWh, los cuales se han traducido en un ahorro económico por la reducción del pago de la facturación de energía eléctrica por **2.4 millones de pesos**. Considerando que la vida útil de los sistemas instalados es de 20 años, y de acuerdo con la información de ahorros y energía proporcionados por SMAOT, se pudo estimar que el ahorro monetario total derivado del uso de los SFVI será del orden de los 26 millones de pesos al término de su vida útil (SMAOT, 2021).

¹⁷ La nota metodológica sobre el cálculo de empleos se encuentra al final de este documento como Anexo 7.

¹⁸ Cabe mencionar que, aunado a la capacitación, se realizó una evaluación mediante un cuestionario, al término del cual se entregó un “reconocimiento” sin validez oficial que asegura que dicha persona fue capacitada en la operación de los SFVI, así como en la manera de proceder en caso de falla.

d. Otros co-beneficios identificados que actualmente no pueden ser cuantificados

La implementación de los SFVI permite la liberación y reorientación de recursos presupuestales¹⁹. Al inicio, los ahorros derivados de la instalación de los SFVI eran pequeños y poco notables, pero con el paso de los meses y a medida que fue aumentando el número de sistemas instalados, los ahorros fueron cobrando mayor relevancia, por lo que se iniciaron actividades para cuantificarlos y reorientarlos hacia actividades prioritarias en el contexto de la emergencia sanitaria en el Estado. Con ello se demostró que la escalabilidad de los proyectos de energía sustentable brinda beneficios económicos y ahorros que pueden ser orientados a, por ejemplo, fomentar una recuperación verde en las actividades del gobierno de Guanajuato.

La cuantificación de los ahorros monetarios de la implementación de sistemas de generación distribuida, así como la identificación de las reorientaciones presupuestarias permite contar con información para conocer el destino de aquellos recursos y los efectos que éstos propician en las áreas a las que son destinados.

3.3. Parque Fotovoltaico Bicentenario de Ciudad Victoria, Tamaulipas

El parque fue concebido en el 2013, año en que se promueve y aprueba a nivel estatal la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables del Estado de Tamaulipas (LAERET)²⁰, y su construcción se realizó en 2016. A diferencia de otros parques fotovoltaicos, éste se caracteriza por fungir como techo para más de 1,600 cajones de estacionamiento, generando sombra y reducción de temperatura. Se trata de un proyecto novedoso para el estado y el país; además de ser considerado el parque fotovoltaico de acceso público más grande de Latinoamérica.

El proyecto Parque Fotovoltaico Bicentenario de Ciudad Victoria se implementó con el objetivo de proveer energía sustentable a las oficinas centrales del Gobierno del Estado de Tamaulipas y de reducir el pago de la tarifa eléctrica en los edificios gubernamentales. Adicionalmente, una de sus metas es contribuir a la mitigación del cambio climático mediante una reducción del 50% de las emisio-

nes de GEI provenientes del consumo de electricidad de las oficinas del Gobierno del Estado.

El parque fotovoltaico se diseñó para satisfacer el 50% del consumo de energía eléctrica del Complejo Gubernamental Parque Bicentenario de Ciudad Victoria y fue financiado a través del Fondo de Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE). El Parque Fotovoltaico Bicentenario de Ciudad Victoria responde al eje “Energía y medio ambiente” del Plan Estatal de Desarrollo del estado de Tamaulipas 2017-2022; cuyo fin es minimizar los impactos negativos al medio ambiente, derivado de un plan estratégico que: i) permita el desarrollo sustentable; ii) contribuya con acciones de mitigación frente al cambio climático; y iii) ayude a reducir emisiones contaminantes por medio del uso de tecnologías que aprovechen el potencial de energías limpias con el que cuenta el Estado.

A mediano plazo, otro de los objetivos del proyecto es detonar un proceso de sensibilización pública sobre el funcionamiento de los paneles solares y los beneficios económicos y ambientales que trae la adopción de este tipo de tecnologías renovables. Se plantea la vinculación con escuelas preparatorias y universidades para la realizar visitas a las instalaciones con el fin de mostrar sus características técnicas, beneficios y posibilidades de implementación a diferentes escalas, desde nivel doméstico hasta el industrial.

El Parque Fotovoltaico Bicentenario en Ciudad Victoria consiste en la instalación de 14 sistemas fotovoltaicos interconectados (SFVI) a la red del sistema eléctrico nacional en un área pública de 1,600 cajones de estacionamiento, con una potencia neta de 2.5 MW²¹. Su objetivo principal es generar energía eléctrica limpia y renovable *in situ*, mediante el aprovechamiento de la energía solar y utilizarla para abastecer de energía a las oficinas del gobierno de Tamaulipas en las que laboran 3,156 empleados.

Con el paso de los años se ha convertido en un ejemplo de desarrollo urbano sostenible que aprovecha una fuente de energía limpia y que impulsa una cultura en torno a la energía sustentable y la eficiencia energética. Actualmente es parte de las diversas iniciativas que impulsa y promueve la Comisión de Energía de Tamaulipas (CETAM).

A continuación, se presentan los resultados provenientes de la cuantificación de co-beneficios que se realizó a través de las metodologías desarrolladas para el proyecto.

19 Tal es el caso de la reorientación de presupuesto que se dio como consecuencia de la pandemia para cubrir el presupuesto de algunas partidas para gastos extraordinarios.

20 Gobierno del Estado de Tamaulipas: Ley para el aprovechamiento de energías renovables del Estado de Tamaulipas. 2013. [Microsoft Word - Ley. Entidades Paraestatales \(tamaulipas.gob.mx\)](#)

21 La potencia instalada de cada uno de los sistemas fue menor a los 500 kWp.



a. Generación de energía eléctrica limpia y reducción de emisiones

El Parque Fotovoltaico Bicentenario en Ciudad Victoria está compuesto por 10,397 paneles fotovoltaicos, 167 inversores de 15 kW y 14 transformadores, instalados en 14 sistemas independientes interconectados. El parque genera en promedio **4,500 MWh** de energía eléctrica al año, de esta manera se estima que ha generado 29 mil MWh durante el período 2016 a 2021, permitiendo un ahorro de recursos monetarios del orden de los 37 millones de pesos.

Respecto a las emisiones de GEI evitadas como resultado de la generación de energía limpia, para el período de operación del parque de 2016 a 2021, se estima una reducción total de **14 mil tCO₂e**. Esta reducción de emisiones es equivalente a:

- Sacar de circulación a 3,208 vehículos de pasajeros conducidos durante un año²²
- El uso energético de 10 mil hogares en Tamaulipas durante un año²³

b. Empleos generados temporales y permanentes (directos e indirectos)

El Parque Fotovoltaico Bicentenario en Ciudad Victoria permitió la contratación de 256 personas temporalmente. De éstas, 124 fueron contratadas de forma directa; 44, indirectamente; y se indujo la contratación de 88 personas

más. Gracias al proyecto, se efectuó también la contratación permanente de 6 personas: dos mujeres en cargos directivos y cuatro hombres en cargos técnicos. Además, para la fase de mantenimiento y operación, se estimó la contratación de 3 personas más, principalmente del sector técnico y de construcción.

c. Ahorro y generación de ingresos

Este co-beneficio del ámbito económico evalúa los ahorros resultantes de la venta de energía o compensación de energía eléctrica obtenida mediante los proyectos de generación distribuida, autoconsumo y gran escala. Para el caso específico del Parque, se evaluaron los ahorros generados gracias a la modalidad de generación limpia distribuida. El ahorro económico se determinó con base en el costo medio de la generación de energía eléctrica (que para el parque fue de 1.281 \$/kWh) y la proyección de la generación anual en el período 2016-2021 (que fue de 29 MWh). El valor resultante fue de **37 millones de pesos**; lo cual ha permitido la liberación de recursos públicos para atender otras áreas y proyectos, o bien, para sufragar gastos no previstos, como los que se han presentado durante la pandemia por COVID-19.

d. Impacto económico de la inversión en energía renovable

Los co-beneficios de la dimensión económica pueden presentar repercusiones a nivel local, regional o nacional en función de sus características y su escala²⁴. Para

²² Cálculo de equivalencias realizado con la herramienta de la Agencia de Protección ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), disponible en: [Calculador de equivalencias de gases de efecto invernadero | US EPA](#)

²³ Cálculo realizado con información del consumo de energía por hogar en Tamaulipas de la Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE). <https://sites.google.com/conuee.gob.mx/boletindigital-aprospectiva/biee?authuser=0>

²⁴ Esta metodología utilizada se basa en la herramienta “Jobs and economic development impact mode (I-JEDI)”, del National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2021.

los SFVI, el factor de impacto económico en México es de aproximadamente 26 millones de pesos/MW. Con base en este dato, el impacto de la inversión realizada en el Parque Bicentenario se estimó del orden de 68.7 millones de pesos mexicanos (mdp)²⁵; de los cuales 68.17 mdp corresponden a la fase de construcción y 522 mil pesos para de operación y mantenimiento.

e. Otros co-beneficios identificados que actualmente no pueden ser cuantificados

Otro impacto positivo que se identificó corresponde al diseño innovador de la estructura de los paneles fotovoltaicos, que ofrecen techo a 1,600 cajones de estacionamiento público. Esta sombra reduce la exposición de los vehículos a altas temperaturas y, de manera cualitativa, los usuarios de dicho estacionamiento han calificado su experiencia como benéfica y positiva.

Finalmente, en el mediano plazo el parque se ha planteado desarrollar centros de carga para vehículos eléctricos como un subproyecto de la etapa de ampliación del sistema fotovoltaico, incrementando la capacidad a 5 MW, para seguir promoviendo la transición energética en el estado hacia un modelo de generación de energía y servicios energéticos de movilidad que contribuyan a mejorar la calidad del aire, ciudades sustentables y a la descarbonización del sector transporte.

3.4. Parque Eólico Dzilam Bravo, Yucatán

Durante el período 2012-2018, el Sistema Interconectado Nacional registró una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 2.8% en su demanda máxima. La región Peninsular, por su parte, registró una TMCA de 4.2%, posicionándose como la de mayor crecimiento a nivel nacional (SENER, 2020). Es por esto que el despliegue de energía renovable fortalecerá el crecimiento energético en coordinación con las metas globales de cambio climático. Debido a ello, las acciones en materia energética son un quehacer fundamental para el Gobierno del estado de Yucatán.

El Gobierno del estado de Yucatán ha dejado adecuadamente reflejada esta prioridad dentro de su Plan Estatal de Desarrollo 2018-2024, que, dentro de su eje 4, Yucatán verde y sustentable, integra la política 4.5 Energía asequible y no contaminante, de la que se despliega el objetivo 4.5.1 Incrementar la generación de energía no contaminante en Yucatán. Para la alcanzar este objetivo se

promueve la estrategia 4.5.1.2 Impulsar la generación de energía de fuentes renovables y la eficiencia energética compatible con el entorno social y ambiental.

El Parque Eólico Dzilam Bravo, Eólica del Golfo 1 (EDG1) se encuentra alineado con la política pública del gobierno de Yucatán por promover la operación de proyectos de inversión privada, y al vincular a los sectores privado, de gobierno y de la sociedad civil, representados por el parque EDG1, la Secretaría de Fomento Económico y Trabajo (SEFOET) y la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS), e ICLEI²⁶, respectivamente; así como por promover la capacitación en torno a las energías renovables y sus co-beneficios.

El proyecto se encuentra ubicado al oriente de la costa de Yucatán en el municipio de Dzilam de Bravo, aunque su área de influencia abarca también a los municipios de Dzilam González y Temax. Fue construido en 2018 por la empresa mexicana Vive Energía, por medio de su filial Eólica del Golfo 1, en terrenos privados de uso principalmente ganadero de pequeña escala. Este desarrollo no habría sido posible sin el apoyo e impulso de la SEFOET y la SDS del estado de Yucatán, que han promovido proyectos de energía renovable por considerarlos un sector económico estratégico para el estado y la región.

El Parque Eólico Dzilam Bravo Eólica del Golfo 1, inició operaciones en 2019 y representa el primer proyecto a gran escala de producción de energía eólica para toda la península de Yucatán. El proyecto permite comprobar la viabilidad técnica, económica, social y ambiental de la generación de energía sustentable, a través de alternativas como generación a gran escala o generación distribuida, así como su capacidad para contribuir a satisfacer la demanda de servicios energéticos de la región.

El parque está asentado en un polígono de cerca de mil trecientas hectáreas, de las cuales 3.4% (46.84 ha) están destinadas a la ocupación permanente de las instalaciones del proyecto (28 aerogeneradores, plataformas, subestación eléctrica y caminos), mientras que el 96.6% restante del predio conserva el uso de suelo que tenía previo a su instalación, lo que permite a los dueños de esos terrenos continuar desarrollando sus actividades productivas, principalmente agricultura y ganadería locales. Los procesos de información y planeación a nivel local se llevaron a cabo junto con los propietarios de estos predios; sin embargo, también se realizaron algunas reuniones con la población ubicada en el radio de influencia del parque.

Dicho proyecto consiste en un parque eólico que cuenta con 28 aerogeneradores tipo tripala de 2.5 MW de potencia unitaria; una red de transmisión eléctrica subterrá-

25 Tipo de cambio BANXICO al 26/Oct/21. SIE - Mercado cambiario (banxico.org.mx).

26 Gobiernos Locales por la Sostenibilidad.



nea; una caseta de acceso; caminos internos y una subestación eléctrica. Tiene una capacidad instalada de 70 MW y se calcula que la vida útil del proyecto será de 30 años.

Tiene como objetivo principal aprovechar la energía cinética del viento para generar energía eléctrica limpia y renovable que contribuye a dar respuesta a la demanda creciente de energía de la región. Adicionalmente, posee objetivos ambientales y sociales que se reflejan en i) La implementación de las medidas de prevención, mitigación y restauración ambiental, con el objeto de minimizar los impactos ambientales identificados en la etapa de operación y mantenimiento; y ii) la implementación de un Sistema de Gestión Social (SGS), con el fin de mejorar la toma de decisiones respecto a las inversiones que se realizan con fines sociales y que generan beneficios en las localidades.

A continuación, se presentan los resultados provenientes de la cuantificación de co-beneficios que se realizó a través de las metodologías desarrolladas para el proyecto.



a. Generación de energía eléctrica limpia y reducción de emisiones

Se estima que el parque generó 759 GWh de energía a partir de fuentes limpias y renovables durante el período 2018-2021, lo cual representa una disminución en las emisiones a la atmósfera de aproximadamente **375 mil tCO₂e**.²⁷

Estas 375 mil tCO₂e, evitadas por el Parque Eólico Dzilam Bravo, equivalen a:

- Sacar de circulación a 81 mil vehículos de pasajeros conducidos durante un año²⁸, que sería cerca del 9% del parque vehicular total del estado de Yucatán²⁹.
- Al consumo de electricidad de 320 mil casas en el estado de Yucatán durante un año³⁰.



b. Empleos generados temporales y permanentes (directos e indirectos)³¹

Un co-beneficio del ámbito económico del proyecto es la generación de empleos. En la etapa de construcción se estima una generación de un total de 6,622 empleos. El 47% de éstos corresponden a empleos directos; el 18% se asocia con empleos indirectos; y el 35% son inducidos. Adicionalmente, se crearon 38 empleos directos permanentes. De éstos, 7 posiciones son ocupadas por mujeres, lo que implica una participación porcentual del 18% en los empleos fijos.

Para la fase de operación y mantenimiento de los 28 aerogeneradores, se estima que se requirió la contratación directa de 32 personas y la contratación indirecta de 63 personas más. En total, se estimó una contratación directa y permanente de 95 personas para estas actividades.

²⁷ La estimación de generación a 2021 proyecta esta al final del año con base en la información histórica.

²⁸ Cálculo de equivalencias realizado con la herramienta de la Agencia de Protección ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), disponible en: [Calculador de equivalencias de gases de efecto invernadero | US EPA](#)

²⁹ Cálculo realizado con la información del INEGI. Vehículos de motor registrados en circulación. Conjunto de datos: Vehículos de motor registrados en circulación 2020, que refleja que en 2020 el parque vehicular del estado de Yucatán en 2020 fue de 902,783.

³⁰ Cálculo realizado con la información de la Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE) de la CONUEE que señala que el consumo de electricidad kWh/hogar en Yucatán es de 2,370.

³¹ El cálculo de los empleos se realizó con base en la metodología de NREL. Se puede revisar la nota metodológica en el Anexo 7 de este documento.



c. Impacto económico de la inversión

El cálculo de este co-beneficio económico se realizó con base en la herramienta *Jobs and Economic Development Impact* (JEDI), que estiman los impactos económicos, asociados a la construcción y operación de proyectos de generación de energía. Para los sistemas eólicos, el factor de impacto económico en México se estima es de 27.6 millones de pesos por MW. Para el caso del Parque eólico Dzilam de Bravo, teniendo como referencia este efecto multiplicador, el impacto de la inversión se estimó en 1,850 millones de pesos³², para la escala nacional. Este impacto corresponde a las fases de construcción, operación y mantenimiento.

De manera desagregada, la contribución al impacto económico en la fase de construcción del parque asciende a 1,768 millones de pesos y 81.3 para la fase de operación y mantenimiento.

d. Otros co-beneficios identificados que actualmente no pueden ser cuantificados



Conservación de biodiversidad

El Programa de protección y conservación de las tortugas marinas, a cargo de la SDS, cuenta con tres Centros de Protección y Conservación de Tortugas Marinas (CPCTM), uno de ellos se encuentra en el municipio de Dzilam de Bravo. Desde 2019, el parque apoya a grupos voluntarios de jóvenes de la localidad de Dzilam de Bravo que realizan labores con la SDS para protección y conservación de las tortugas marinas. Dentro de los apoyos otorgados por el parque se encuentran: uniformes (76), equipos (2 GPS), materiales (25 mochilas equipadas), letreros para la señalización de áreas protegidas para las tortugas y combustible para realizar los recorridos de supervisión y monitoreo de las costas del municipio.

El trabajo colaborativo realizado por la SDS, el parque y los voluntarios (Grupo JAMA de Dzilam) ha permitido realizar más de tres centenares de monitoreos para ubicación y reubicación de nidos, así como realizar análisis residuales e inspección y vigilancia, además de la reubicación de otras especies de fauna (cocodrilo moreletti, boa constrictor, coatí y flamenco americano). Todas estas acciones contribuyen de manera activa a la conservación de la biodiversidad de la región de influencia del parque.

El proyecto también implementó un programa de rescate y reubicación de flora y fauna, el cual inició en la etapa de acondicionamiento del sitio. Este consistió en i) reu-

bicar especies de importancia ecológica (en su mayoría cactáceas) en 3 áreas; ii) reubicar especies en estado de conservación o protección (NOM-059-SEMARNAT-2010) en 8 áreas; y iii) reubicar especies de fauna que para su reintegración en su hábitat.

Este programa se desarrolla en común acuerdo con los propietarios de los terrenos, para lo cual se conservan más de 500 hectáreas como sitios de sumideros y protección de especies de fauna y flora silvestre. Mantiene activo el programa de restauración de sitios de manglar, en donde ha llevado el acondicionamiento y reforestación de más de 5000 ejemplares de mangle rojo y negro.

Es importante resaltar también un activo programa de monitoreo de aves y murciélagos, que entre varias medidas incluye un protocolo de paro de emergencia ante avistamiento de riesgo de colisión de parvadas migratorias.



Plan estratégico de responsabilidad social

El Parque cuenta con un Plan Estratégico de Responsabilidad Social en cuyo marco el proyecto ha desarrollado diversas actividades con la finalidad de mantener un canal de comunicación constante con la población de la comunidad y, al mismo tiempo, promover el cuidado al medio ambiente, generar conciencia ambiental y promover el respeto por la biodiversidad y los ecosistemas locales.

El Plan contempla actividades bajo seis ejes estratégicos: medio ambiente, salud, cultura, educación, bienestar económico e infraestructura. Además de la atención a grupos y actores de interés, algunos de ellos cuentan con convenios de colaboración como es el caso de JAMA, CEMDA y el Instituto Tecnológico Superior de Motul.

Dentro de estos eventos se han llevado a cabo jornadas de reforestación, pláticas de educación ambiental, campañas en torno a la conservación de la tortuga marina, entre otras. Estas acciones se han mantenido vigentes y activas incluso durante la pandemia, para lo cual debieron adaptarse a las circunstancias de sana distancia, promoviendo concursos de dibujo infantil y juvenil. Durante el período 2017-2021, se han desarrollado un total de 305 eventos en los que han participado más de 30 mil personas.



Mejoras de infraestructura en beneficio para la comunidad

La construcción del polígono que se realizó como parte del proyecto permitió el desarrollo de caminos, que han sido utilizados por los productores de ganado a pequeña

32 Tipo de cambio interbancario publicado por BANXICO el 21/Oct/21

escala de la zona para el traslado del alimento de sus animales. Adicionalmente el parque ha apoyado a la comunidad a través de diversas obras para la creación de valor social de la comunidad tales como:

- Construcción de un nuevo parque Infantil en Dzilam Bravo y rehabilitación del Parque Infantil Flamings, en Dzilam Bravo
- Rehabilitación de la Casa de la Cultura de Dzilam Bravo.
- Ampliación y rehabilitación del Parque central de Yalsihón.

3.5. Programa Oficina Verde Coahuila

El programa Oficina Verde (POV)³³ surgió en 2013 impulsado por la Secretaría de Medio Ambiente (SMA) del estado de Coahuila con el objetivo de fomentar una cultura ambiental sostenible y que oficinas gubernamentales y privadas cuenten con las herramientas, conocimiento e incentivos para fomentar el uso eficiente de la energía, entre otras acciones verdes en la toma de decisión. El POV

se enmarca en el Programa Estatal de Desarrollo (PED) del estado de Coahuila 2017-2023, cuyo Objetivo 2.5. es “garantizar el derecho a un medio ambiente sano con enfoque de sostenibilidad de los ecosistemas, la biodiversidad, el patrimonio y los paisajes bioculturales”.

Oficina Verde es un programa de gestión y educación ambiental para implementarse en oficinas de diferentes tamaños, ubicación geográfica y sectores. El Programa se caracteriza por ser un mecanismo flexible que se adapta a las necesidades y demandas del sitio laboral, así como permitir la vinculación de las acciones para el cuidado del ambiente. El POV ha registrado en total **251 Oficinas Verdes. En 2021 están registradas 165 y se inscribieron 40 oficinas nuevas y 15 reactivaron el trabajo en el programa.** Actualmente, 18 de los 32 municipios del estado están inscritos en el POV, el programa cuenta con la participación 942 mujeres y 910 hombres como integrantes de comités ambientales.

La experiencia obtenida durante ocho años de gestión demuestra que los objetivos de este programa rebasan los originalmente planteados, creando impactos positivos y oportunidades en distintos ámbitos. El POV tiene cinco líneas estratégicas, cada una con objetivos específicos definidos³⁴ (SMA, 2020):

Uso eficiente de la energía eléctrica	Reducir el consumo anual de energía eléctrica en la oficina.
Uso eficiente del agua	Reducir el consumo anual de agua en la oficina.
Reducción y separación de residuos	Reducir la generación de residuos y separar aquellos que puedan ser enviados a un proceso de reciclaje.
Uso eficiente de materiales de oficina y aseo	Aumentar la eficiencia en el uso de materiales de oficina y de aseo, mediante su reducción y reutilización, compra de productos biodegradables o amigables con el medio ambiente.
Uso eficiente del combustible y mantenimiento responsable del parque vehicular	Optimizar o disminuir la cantidad de combustible utilizado en los vehículos de oficina, así como las emisiones de CO ₂ al realizar el mantenimiento preventivo, correctivo y verificación del parque vehicular.

(Fuente: Elaboración propia).

El componente de co-beneficios para el POV seleccionado para el programa piloto de cuantificación de co-beneficios fue el componente de eficiencia energética, acordado

con SMA. En este componente se cuantifican los co-beneficios sociales, ambientales y económicos de la implementación de medidas de eficiencia energética (MEE) que

33 Resumen elaborado con información de la Hoja Técnica del POV del Programa piloto de cuantificación de co-beneficios económicos, sociales y ambientales de las energías renovables y la eficiencia energética en México. GIZ (2021) y con información obtenida durante la visita a las oficinas de los administradores del Programa.

34 El Manual de trabajo del POV contiene los alcances detallados del programa.



reducen el consumo de energía eléctrica en las edificaciones participantes del POV. Las acciones analizadas, se identifican dentro de la estrategia del POV denominada uso eficiente de energía eléctrica.

La mecánica de funcionamiento del POV es la siguiente: la SMA, como entidad ejecutora del POV, convoca y presenta a las instituciones el alcance, los beneficios y el catálogo de acciones que se pueden ejecutar en el marco del programa. Una vez que las instituciones se inscriben, se les solicita un plan de acción que contiene las estrategias elegidas por cada participante, así como la información base de cada estrategia³⁵. De forma anual, se les solicita el registro de las acciones ejecutadas en cada línea estratégica y un informe de evaluación. Estos informes son analizados por el personal de la SMA y con ellos se genera el catálogo de acciones, conformado por las acciones registradas históricamente.

Durante los primeros seis meses, cada participante recibe una constancia de cumplimiento como oficina verde y al cabo del primer año, al demostrar ahorros sostenidos al amparo de un reporte sujeto a validación, obtienen la Ratificación de la Constancia.

Alcance del programa piloto de cuantificación de co-beneficios para el POV

La lista resumida de MEE registradas en el Catálogo de Acciones del POV, comprende medidas frecuentes en edificios. Para facilitar los análisis, estas medidas se clasifican como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Clasificación de MEE en edificios.

Tipo de medida	Descripción	Identificador
Medidas de cambio de comportamiento	Medidas que requieren hacer conciencia sobre el uso de energía y modificar las prácticas que están bajo el control del usuario. Estas medidas generalmente no requieren inversión. También funcionan como medidas de conservación cuando las medidas tipo T y M han sido implementadas.	C
Medidas de mantenimiento	Actividades de mantenimiento y requerimientos técnicos periódicos de los sistemas y/o equipos para asegurar su óptimo funcionamiento. Normalmente se establecen con base en las especificaciones técnicas de equipos nuevos y existentes con tiempos específicos de uso, en estándares y procedimientos empleados para detectar deficiencias en las instalaciones y equipos, antes de que éstos fallen estando en servicio.	M
Medidas de cambios tecnológicos	Son las que involucran cambios de uno, varios o todos los equipos de un sistema, por unos de mayor eficiencia. Estas medidas comúnmente requieren una inversión inicial y/o financiamiento.	T

Fuente: Metodologías de cuantificación de co-beneficios del programa piloto.

35 La información base se recopila en el formato denominado Anexo 5 del POV.

A continuación, se presentan los resultados provenientes de la cuantificación de co-beneficios que se realizó a través de las metodologías desarrolladas para el proyecto.



a. Ahorro monetario

El ahorro monetario es un co-beneficio del ámbito económico que se presentó como uno de los principales co-beneficios de la implementación de las medidas de eficiencia energética (MEE) en el marco del POV. Este ahorro se debe a la disminución en el consumo de energía eléctrica y se refleja en un pago evitado al suministrador de energía eléctrica. Las MEE se llevan a cabo comúnmente en los sistemas de iluminación, aire acondicionado, elevadores, equipos de oficina (equipos de cómputo, impresoras, pantallas, proyectores) y misceláneos (dispensadores de agua fría y caliente, hornos de microondas, cafeteras), entre otros.

Como resultado de la aplicación de la metodología desarrollada para el programa piloto y para el POV, se logró cuantificar el ahorro monetario de 45 de 165 oficinas activas en el POV, pues fue esta cantidad la que presentó datos consistentes para ser analizados. Se consideró 2017 como año base para el análisis y 2018 como año del escenario de MEE.³⁶

Para cuantificar el ahorro monetario se utilizó un método agregado, ajustado con el número de ocupantes en las oficinas. Para el caso, se consideró un promedio de 35 ocupantes por oficina; sin embargo, este dato puede ser actualizado con datos precisos de ocupación. A partir de este supuesto, se obtuvo un ahorro anual de \$975,647 pesos para las 45 oficinas que reportaron la implementación de mee relacionadas con el uso racional de la energía, buenas prácticas y algunos cambios tecnológicos. Este monto representa el 5.5% del pago total que se destina al servicio de suministro de energía eléctrica de dichas oficinas. Si se considera un consumo promedio anual de 164,500 kWh por oficina, el ahorro monetario podría alcanzar hasta 3.5 millones de pesos anuales para el número total de los participantes. Mientras que, si se considera que estas oficinas llevan en práctica el POV desde que inició el programa en 2013, el ahorro acumulado hasta 2018, sumaría cerca de 4.8 millones de pesos en 5 años.



b. Emisiones evitadas de CO₂e

Las emisiones evitadas debido a la disminución del consumo de energía eléctrica por MEE se identifican como un objetivo en el contexto de acción climática. Debido a

su importancia, en este trabajo se aplica la metodología para su cuantificación desarrollada para el programa piloto. Para este co-beneficio se utilizan los mismos datos que en la cuantificación del ahorro monetario, por lo que las emisiones evitadas que se mencionan corresponden a 45 de 165 oficinas activas del POV.

Empleando el método agregado, se obtuvo una mitigación de emisiones de **638 tCO₂e** anuales de 45 oficinas. Este nivel de mitigación podría alcanzar las **2,300 tCO₂e** anuales si se considerara la mitigación anual de las 165 oficinas activas en el POV, estimando una mitigación promedio anual por participante de 14 tCO₂e.

Retomando que se consideró 2017 como año base para el análisis y 2018 como año del escenario de MEE. La mitigación de 45 oficinas equivale a:³⁷

- 7.3 mil barriles de petróleo dejados de consumir durante un año, o
- 120 mil lámparas incandescentes reemplazadas.

Los datos anteriores para una MEE podrían multiplicarse 10 veces para un cambio tecnológico que tuviera un tiempo de vida de 10 a 15 años, lo que sostendría la mitigación de emisiones estimada por ese período. En caso de que las MEE se lleven a cabo en los sistemas de iluminación y/o aire acondicionado, sería posible aplicar un método diferenciado por sistema, por lo que las emisiones evitadas podrían desagregarse en función de las intervenciones en estos sistemas.

c. Otros co-beneficios que actualmente no pueden ser cuantificados



Replicabilidad

El programa cuenta con una experiencia de 8 años de operación, tiempo en el cual ha incrementado la inscripción de participantes y el catálogo de acciones de eficiencia energética. El esquema de funcionamiento del POV se basa en acciones voluntarias, entre las que destacan el monitoreo y seguimiento para la mejora continua de las instalaciones. Este mecanismo flexible, así como el reconocimiento otorgado por el POV en función del desempeño logrado por las oficinas, ha permitido que más oficinas del estado se interesen en participar, todas moti-

36 Cabe señalar que, del listado de participantes, se descartaron usuarios industriales que reportan el consumo total de su instalación sin desagregar el consumo de las oficinas que participan en el programa. Adicionalmente, las tarifas reportadas coinciden con tarifas industriales menores a las del sector edificios de gobierno, que podrían distorsionar los resultados del análisis.

37 Cálculo de equivalencias realizado con la herramienta de la Agencia de Protección ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), disponible en: [Calculador de equivalencias de gases de efecto invernadero | US EPA](#)

vadas por integrarse a una práctica de gestión sustentable que además de sumar a los esfuerzos de mitigación de emisiones de GEI estatales permite el ahorro monetario por consumo de energía eléctrica evitada. Estas dos motivaciones han permitido la escalabilidad del programa y se considera también puede ser la base para replicar en otros estados del país.

El POV ha acumulado un conjunto de buenas prácticas y lecciones aprendidas que se considera podrían replicarse en otras entidades federativas, y que en combinación con acciones ya emprendidas para la promoción del despliegue de la energía renovable permitirá a los estados avanzar hacia servicios energéticos sustentables.



Fortalecer la economía circular

El POV busca abordar la gestión de las oficinas de una manera integral, por lo que además de acciones de eficiencia energética también considera medidas de reducción de residuos y uso óptimo de materiales, con lo cual se impulsan acciones de **economía circular**. Por ejemplo, i) parte de las acciones implican el cambio en la forma de adquirir productos específicos, principalmente en la estrategia de uso eficiente de materiales de oficina y aseo; ii) venta de productos reciclables, donde lo adquirido se utiliza para la compra de otros insumos. El hecho de no generar residuos o que los mismos sean reutilizados implica que se deje de consumir energía en otra parte para la producción de materiales nuevos.

El análisis de los co-beneficios del POV ha permitido documentar como la implementación de medidas de eficiencia energética puede convivir en el marco de un programa de gestión ambiental de las oficinas más extenso e incluso potenciarse, contribuyendo a reducir el impacto de uno de los mayores consumidores de energía y recursos, el sector de edificaciones públicas y comerciales.

Dentro de las medidas de segregación de residuos se fomenta la disposición de residuos electrónicos para reciclar este tipo de materiales, la Secretaría recibe todos estos residuos electrónicos en centros de acopio temporales y los envía a reciclar y/o a su disposición final como residuos peligrosos, promoviendo en el proceso, la compra de productos más eficientes desde climas hasta cafeteras, dependencias y empresas con recursos están en constante cambio y ya lo realizan, inclusive aquellas con escaso recurso procuran ir sustituyendo los aparatos que ya no funcionan por nuevos y de mayor eficiencia energética, esto ya se detecta en sus reportes como un cambio conductual o cultural que es uno de los objetivos del programa.



Gobernanza climática local

Las actividades de monitoreo y seguimiento que desarrolla el POV han permitido la documentación de ahorros económicos en la factura eléctrica de las instalaciones participantes, la documentación de estos ahorros y su socialización ha sido un factor importante para recibir el apoyo de otras secretarías para promover la aplicación del POV, así como de otras iniciativas climáticas. Este co-beneficio, presente durante la ejecución del POV, a menudo no se cuantifica; sin embargo, las **sinergias entre dependencias** son fundamentales para fortalecer al programa, para comunicar resultados y para recibir apoyos a otros niveles de gobierno. El desarrollo e implementación del POV ha dado la pauta para que, en conjunto con otras dependencias, se generen acciones de ahorro de energía y campañas para beneficio de la sociedad.



Mejorar educación ambiental en oficinas públicas y privadas

Las capacitaciones otorgadas en el marco del POV han generado una cultura de sensibilización ambiental para la implementación de buenas prácticas en sus centros de trabajo traduciéndose en un compromiso en común. Asimismo, se ha identificado que muchas de las prácticas de sustentabilidad se replican en los hogares de los colaboradores. El POV brinda una base para el establecimiento de políticas ambientales en los centros de trabajo y apoya en concientizar a las personas en acciones concretas que representan cambios para un mejor centro de trabajo y planeta, enseñando que acciones pequeñas llevan a grandes resultados. Por ejemplo, a las oficinas con problemas en su consumo y que requirieron de apoyo, se les orienta con respecto a la manera en que se consumía la energía, para que pudieran administrar la demanda de energía y controlar también el factor de potencia.

Algunas instituciones públicas, tales como la Secretaría de Finanzas del Estado de Coahuila o Museos locales, empresas o instituciones académicas —como la Universidad Tecnológica de Coahuila— que ya cuentan con programas internos de sustentabilidad, han combinado y fortalecido sus objetivos con los del POV para enriquecer y dar cumplimiento a su reglamentación interna o normatividad nacional.

3.6. Planta de Tratamiento de Atotonilco, Hidalgo

El tratamiento de aguas residuales permite procesar y reutilizar aguas residuales, contribuyendo a reducir la degradación ambiental local y brindando co-beneficios



como la preservación del medio ambiente, reducción de costos para su utilización como para el riego del sector agrícola, y la reducción de impactos en la salud de comunidades aledañas; por lo que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Atotonilco constituye una actividad esencial para la gestión integral de las aguas residuales de la Zona Metropolitana del Valle de México. Adicionalmente la PTAR busca hacer uso eficiente de la energía al utilizar tecnologías de eficiencia energética para reducir los gases de efecto invernadero (GEI) y reducir los efectos del cambio climático. Este proyecto es muestra de las sinergias de los co-beneficios creados y la compatibilidad de cumplir diversos Objetivos de Desarrollo Sostenible de manera simultánea, tales como el ODS 6: agua limpia y saneamiento, ODS 7: energía asequible y no contaminante y el ODS 13: acción por el clima.

La PTAR Atotonilco se ubica dentro del municipio de Atotonilco de Tula en el estado de Hidalgo y su objetivo

fundamental es el tratamiento y limpieza de las aguas residuales generadas en el Valle de México, así como el mejoramiento de las condiciones de calidad del agua para el uso agrícola en el propio Valle de México y en distritos agrícolas aledaños.

La planta cuenta con dos trenes de tratamiento: un tren de tratamiento biológico denominado “Tren de Procesos Convencionales (TPC)” y un “Tren de Procesos Químicos (TPQ)”. La planta fue diseñada para un caudal máximo en tiempo de lluvias de hasta 50 m³/s, (por unas horas), que alcanza un caudal medio de 42 m³/s en la época de lluvias y de 35 m³/s en la temporada de estiaje, lo que representa un caudal medio diario de 3,628,800 m³/día y de 3,024,000 m³/día para cada una de las épocas indicadas, y permite depurar las aguas residuales de una población de 12.6 millones de habitantes (RETEMA,2018).

El proceso de la PTAR está conformado por las siguientes etapas:

Tabla 6. Etapas del proceso de la PTAR de Atotonilco

Tren de agua	Etapa de pretratamiento que es común para ambos tratamientos (TPC y TPQ): esta etapa tiene como objetivo remover la basura, los sólidos gruesos o pesados, arena, grasa y aceites de la corriente.
TPC	Tren de Proceso Convencional: se encarga de la degradación biológica del material que contiene el agua residual.
TPQ	Tren de Proceso Químico: tratamiento de materia flotante retenida, arenas y gravillas; las grasas y aceites, sólidos y los biosólidos producidos en el TPC.
Tratamiento de lodos	Este tratamiento es responsable de tamizar, espesar, estabilizar y deshidratar los lodos provenientes de las tres fuentes de generación: clarificación primaria, tratamiento biológico y TPQ. En el proceso de estabilización se genera biogás, que se emplea en la producción de energía eléctrica para el autoconsumo de la planta.
Servicios	El objetivo de los servicios auxiliares es proporcionar materiales de consumo, seguridad o tratamiento para subproductos. Se refiere a equipos o sistemas periféricos que ayudan al mejor desempeño de la planta.

(Fuente: Elaboración propia).

De las etapas y de sus objetivos se deduce que el principal interés en el marco del programa piloto de cuantificación de co-beneficios es la reducción de impactos económicos derivados del consumo de energía para los procesos de la PTAR, el aprovechamiento energético residual de materia orgánica proveniente de los distintos procesos de la PTAR y, sobre todo, a la disminución de impactos ambientales que conlleva el tratamiento de agua residual. La generación de biogás ocurre en la etapa de tratamiento de lodos, como se observa en la tabla anterior.

La planta de cogeneración construida para la generación de energía eléctrica y térmica en sitio tiene las siguientes características indicadas en la Tabla 7:

Tabla 7. Características principales de la planta de cogeneración de la PTAR	
Capacidad instalada	36 MW
Potencia eléctrica generada unitaria	2,717 kW
Tecnología	Motores de combustión interna
Combustible	Biogás
Generación anual	6,389 MW/h
Modalidad	Auto-abasto

(Fuente: Elaboración propia a partir de la información proporcionada por los responsables del proyecto de la PTAR).

Alcance del programa piloto de cuantificación de co-beneficios para la PTAR Atotonilco

En las distintas etapas del tratamiento de agua residual se identifica que la energía eléctrica y térmica se destina principalmente al sistema de bombeo y a los procesos que requieren de energía calorífica en la PTAR. La PTAR Atotonilco fue identificada como un proyecto de *eficiencia energética* para la implementación del programa piloto de cuantificación de co-beneficios. Con este enfoque de análisis se cuantifican sus co-beneficios económicos y de reducción de emisiones de dióxido de carbono equivalente lograda debido al uso de la planta de cogeneración en la PTAR.

Para facilitar los análisis, las MEE se clasifican en tres: i) Medidas de cambio de comportamiento; ii) Medidas de

mantenimiento; y iii) Medidas de cambio tecnológico³⁸. La MEE de mayor relevancia para la PTAR Atotonilco es una medida de cambio tecnológico³⁹. Dentro de los co-beneficios que podrían cuantificarse se encuentra la producción de energía *in situ* a partir del biogás generado en el tratamiento de los lodos. La energía generada que sirve para los usos propios de una PTAR podría significar cerca del 15% de la energía total que se utiliza en la planta (Dregemont, 2015). Aunque no se sustituye por completo el suministro de energía local, los co-beneficios asociados de este tipo de generación *in situ* resultan interesantes de evaluar.

Esta MEE cobra relevancia debido a que el aprovechamiento de biogás es poco usual para producir electricidad y calor. De hecho, sólo se realiza en tres PTAR que emplean procesos de tratamiento de aguas residuales con digestión anaerobia; una de ellas es la PTAR Atotonilco que genera entre el 60% y el 80% de la energía eléctrica que requiere (Peña de la *et al.*, 2013 e INECC, 2020).

A continuación, se presentan los resultados de la cuantificación de co-beneficios que se realizó a través de las metodologías desarrolladas para el proyecto.



a. Ahorros monetarios

El ahorro monetario es un co-beneficio del ámbito económico que se presentó como resultado de implementar MEE en el marco de la operación de la PTAR Atotonilco. Este ahorro se debe a la disminución en el consumo de energía eléctrica acumulada y se refleja en un pago evitado al suministrador de energía eléctrica.

El cálculo del ahorro monetario se determina con la estimación de las compras de electricidad al suministrador local, menos los costos de generación anual que se produce con la cogeneración y que es destinada a los usos propios de la PTAR. El cálculo se realizó con la información que se genera en las instalaciones de la planta de cogeneración que funciona a base del biogás producido en la PTAR. Esta planta tiene una capacidad de 36 MW instalados; genera anualmente 6,389 MWh/año de energía limpia y se utiliza principalmente para cubrir el horario punta, aunque también mantiene una base de generación en los horarios base e intermedio.

Se consideró 2019 como año base para el análisis y se definió el año 2020 como año del escenario de EE. La estimación del ahorro monetario se realizó con datos de precios regulados por la Comisión Reguladora de Energía (CRE), mientras que los costos de la energía producida en cogeneración se estimaron a partir de costos internacionales

38 En el Anexo 8. Clasificación de Medidas de Eficiencia Energética, se puede encontrar la descripción de cada una de estas medidas.

39 Tipo T, de conformidad con el Anexo 8 de este documento.

para plantas del mismo tipo (costos de inversión, operación y mantenimiento y costos de producción de biogás).

La planta de cogeneración de la PTAR Atotonilco genera 6,389,559 kWh al año y consume 142,300 m³/año de biogás producido. Se estimó un ahorro de \$5.87 millones de pesos por la disminución de compras de electricidad al suministrador de servicio básico y por la generación *in situ* mediante cogeneración en un año.



b. Emisiones evitadas de CO₂e

Las emisiones evitadas debido al consumo de energía mediante cogeneración se determinaron con base en la metodología general del IPCC⁴⁰. Este método indica que las emisiones evitadas se estiman restando las emisiones del escenario base (sin cogeneración) y las emisiones del escenario empleando cogeneración.

Como resultado de la aplicación de la metodología se obtuvo una mitigación de emisiones de 719,611 tCO₂e en un año de operación de la planta, lo que equivale a⁴¹:

- Sacar de circulación a 156,501 vehículos de pasajeros durante un año, o
- Al consumo de energía eléctrica de 1.6 millones de barriles de petróleo consumidos en un año

c. Otros co-beneficios que actualmente no pueden ser cuantificados⁴²



Reducción de los contaminantes del aire relacionados

En México, el incremento de emisiones de metano originadas por aguas residuales municipales para el periodo 1990-2010 fue de 126.6%, con emisiones de 3,948.2 Gigagramos (Gg) de GEI y 8 946.5 Gg de CO₂ equivalente, con una tasa de crecimiento medio anual de 4.2% (SEMARNAT-INECC, 2012). La PTAR Atotonilco contribuye a mitigar las emisiones de metano del sector de aguas residuales mediante el aprovechamiento del biogás para generación de energía eléctrica que, de otro modo, iría a la atmósfera.



Capacitación y sensibilización

En el período de mayo del 2018 a febrero del 2020 se han facilitado al menos 40 visitas guiadas al interior de las instalaciones; algunas de las instituciones académicas que han participado en este esfuerzo son: UNAM, UAM, UAEH, Universidad Politécnica del estado de Hidalgo, la Universidad ICESI de Colombia. Además, la han visitado compañías como Mitsui & CO, LTD, la Delegación Quebec de Canadá, OAPAS Naucalpan, la Comisión de Aguas del Estado de México, entre otras (ATVM, 2021). Explicar los procesos que se realizan en la PTAR Atotonilco a diversos públicos interesados contribuye a la diseminación del conocimiento de la tecnología, así como de los impactos positivos y oportunidades derivadas de la PTAR Atotonilco.

⁴⁰ IPCC, 2006.

⁴¹ La metodología se basa en la calculadora de equivalencia de gases de efecto invernadero. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculadora-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero-calculos-y#vehiculos>

⁴² INECC, 2020.

4. RESULTADOS DEL PROGRAMA PILOTO PARA LA CUANTIFICACIÓN

Cuantificación de co-beneficios

La cooperación y diálogo con los gobiernos de los Estados de Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Tamaulipas, Yucatán, así como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) permitió implementar el programa piloto para la cuantificación de co-beneficios, sociales, ambientales y económicos, en un espectro amplio de la energía sustentable. Las acciones relacionadas con el campo de energía renovable abarcaron la generación de energía limpia a nivel comunitario sin conexión a red, la generación distribuida para uso gubernamental y la generación a gran escala. Por su parte, las medidas correspondientes al campo de eficiencia energética incluyen proyectos para promover el uso eficiente de la energía en oficinas gubernamentales y privadas, así como el tratamiento de agua residual.

Este ejercicio de cuantificación ha permitido a los estados y a la CONAGUA, por un lado, identificar impactos positivos derivados de la energía sustentable que en muchas ocasiones no se tenían del todo presentes, por lo que ha facilitado su visibilización y con ello se genera evidencia para detonar sinergias con múltiples actores y sectores. Por otro lado, este ejercicio, así como la instrumentación de talleres de capacitación, ha desarrollado competencias en este conjunto de actores clave para identificar y socializar los co-beneficios de la energía sustentable; se espera que esto se convierta en una práctica constante que posibilite el despliegue de las diferentes opciones de energía sustentable disponibles en el contexto de México y contribuya a acelerar la acción climática y el cumplimiento de las metas en la materia.

Los impactos positivos de los seis proyectos que ha sido posible cuantificar nos permiten ver el potencial de oportunidades que ofrece la energía sustentable. Algunos nú-

meros de dichos beneficios durante el período de 2016 a 2021 son los siguientes:

- Generación de poco más de 788.8 mil MWh de energía eléctrica, que sería suficiente para abastecer el consumo de 416,644 casas en México⁴³.
- Ahorro de energía de alrededor de 8.3 MWh, equivalente a evitar el consumo de 13.2 mil barriles de petróleo.
- Reducción y prevención de la emisión de más de un millón de tCO₂e, que sería equivalente a sacar de circulación, por un año, a 241,556 vehículos de pasajeros. Este número es más del doble del parque de vehículos de pasajeros registrados en la Zona Metropolitana del Valle de México⁴⁴ (ZMVM) en 2020⁴⁵.
- Generación de ahorros o ingresos por ventas del orden de los 9.3 millones de pesos.
- Creación de condiciones para un impacto económico derivado de las inversiones realizadas de cerca de 1,925 millones de pesos.
- Generación de más de 7 mil empleos (directos, indirectos e inducidos) en las diferentes fases del desarrollo de los proyectos de energía renovable, que van desde la construcción hasta las fases de operación y mantenimiento. La generación de estas oportunidades de empleo beneficia directamente las condiciones económicas y sociales de las familias de cada una de estas personas que han encontrado una oportunidad laboral en el despliegue de la energía sustentable en México.
- Creación de más de veinte co-beneficios cualitativos que por su naturaleza o falta de información no fue posible cuantificar para este primer ejercicio.

43 Se calculó el consumo promedio de electricidad en México con base en la información de CONUEE sobre el consumo de electricidad por hogar por entidad federativa para 2016. Información obtenida de la Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE) <https://sites.google.com/conuee.gob.mx/boletindigital-aprospectiva/biee?authuser=0>

44 La ZMVM está compuesta por siete estados del centro del país (Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Puebla, Morelos, Querétaro y Tlaxcala).

45 Información publicada por el INEGI sobre los Vehículos de motor registrados en circulación 2020. La ZMVM registro un total de 120, 843 vehículos de pasajeros en 2020.

Tabla 8. Resumen comparativo de resultados de la cuantificación de co-beneficios de los proyectos

No.	Nombre del proyecto	Estado	Campo	Energía generada o ahorrada (MW)	Emisiones reducidas o evitadas (tCO ₂ e)	Ahorros o ingresos económicos (Mdp)	Impacto económico de la inversión o reducción de la pobreza energética	Empleos
1	Paquetes fotovoltaicos autónomos domésticos en el Parque Nacional Los Mármoles	Hidalgo	Energía renovable (solar)	75	37	0.16	117 familias con acceso a energía (388 personas)	10
2	Impulso a la Sustentabilidad Energética	Guanajuato	Energía renovable (solar)	766	370	2.4	7.7 millones de pesos	69
3	Parque Fotovoltaico Bicentenario de Ciudad Victoria	Tamaulipas	Energía renovable (solar)	29,000	14,000	37	68 millones de pesos	265
4	Parque Eólico Dzilam Bravo	Yucatán	Energía renovable (eólica)	759,000	375,000		1,850 millones de pesos	6,717
5	Programa Oficina Verde	Coahuila	Eficiencia energética	1,645	2,300	3.5		
6	Planta de Tratamiento de Atotonilco	Hidalgo	Eficiencia energética	6,389	719,000	5.87		
Total				796,875	1,110,707	48.93	1925.7	7,061

No.	Nombre del proyecto	Co-beneficios sociales cualitativos	Co-beneficios ambientales cualitativos	Co-beneficios económicos cualitativos
1	Paquetes fotovoltaicos autónomos domésticos en el Parque Nacional Los Mármoles	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor arraigo y cohesión en la comunidad • Mayor acceso a comunicación • Mejoras en la calidad de vida familiar 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución en el uso de baterías 	
2	Impulso a la Sustentabilidad Energética			<ul style="list-style-type: none"> • Liberación y reorientación de recursos presupuestales
3	Parque Fotovoltaico Bicentenario de Ciudad Victoria	<ul style="list-style-type: none"> • Beneficio a usuarios del techo de 1,600 cajones de estacionamiento público 		
4	Parque Eólico Dzilam Bravo	<ul style="list-style-type: none"> • Plan estratégico de responsabilidad social • Mejoras de infraestructura en beneficio de la comunidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación de la biodiversidad 	
5	Programa Oficina Verde	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de capacidades técnicas para la gestión de energía • Replicabilidad • Impulso a la equidad de género 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar educación ambiental con oficinas públicas y privadas 	
6	Planta de Tratamiento de Atotonilco		<ul style="list-style-type: none"> • Mitigar emisiones de metano mediante el aprovechamiento de biogás • Reemplazo del uso de combustibles fósiles 	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento de la independencia energética

(Fuente: Elaboración propia).

Hacia una herramienta para la cuantificación de co-beneficios: CO-B MX

El programa piloto, además de cuantificar los co-beneficios de los proyectos participantes permitió contar con una prueba de concepto para el diseño de una propuesta de herramienta de cuantificación de los co-beneficios de la energía sustentable, a partir de lo cual se logró el desarrollo inicial de **COB MX: Hacia una herramienta de cuantificación de co-beneficios de la energía sustentable**. La herramienta incorporó lecciones aprendidas y buenas prácticas del programa piloto de cuantificación con los proyectos, tomó como referencias herramientas existentes y experiencias anteriores. Además, se elaboraron metodologías de cuantificación de co-beneficios, que incluyeron métodos de cálculo y supuestos para el desarrollo inicial de COB MX en dos niveles de precisión:

- **Versión online:** se orienta a autoridades locales, desarrolladores e implementadores de proyectos de energía sustentable, y público en general interesado en la temática que cuenten con un nivel de información básica; permite estimar potenciales co-beneficios de proyectos de EE y ER de proyectos en fase de diseño y planeación (*ex-ante*), así como de proyectos en funcionamiento (*ex post*) que cuentan con bajos niveles de información para estimar dichos beneficios.

Esta versión cuenta con un módulo cualitativo que permite realizar una primera identificación de potenciales co-beneficios, la cual se estima será de mucha utilidad identificar las oportunidades derivadas de los proyectos y medidas de energía sustentable en fases iniciales de los proyectos.

- **Versión offline:** Orientada a usuarios que requieren un mayor nivel de precisión y, por lo tanto, cuentan con una base de conocimientos de tecnologías y parámetros de funcionamiento que pueden gestionar en esta versión de la herramienta.

Se puede acceder a las dos versiones o niveles de precisión de la herramienta través del micrositio de IKI Alliance. En las cuales se puede consultar las versiones online y el aplicativo descargable de la herramienta (offline), metodologías de cálculo, cuadernos de ejercicios y manuales para facilitar su uso, entre otros recursos.

Para conocer la herramienta de cuantificación de co-beneficios CO-B MX haga clic en el siguiente enlace: <https://iki-alliance.mx/co-beneficios-de-la-energia-sustentable-una-oportunidad-para-impulsar-el-bienestar-y-desarrollo-sustentable-en-mexico>



Hacia una herramienta de cuantificación de co-beneficios de la energía sustentable en México



CONCLUSIONES

Energía comunitaria

A través de sistemas fotovoltaicos autónomos se puede disminuir la pobreza energética de un segmento importante de la población de México, que hasta el día de hoy no cuentan con acceso a electricidad, lo cual limita sus oportunidades de desarrollo en otras áreas como: educación, salud, empleo, acceso a información, entre otras. Este tipo de proyectos tienen una amplia posibilidad de replicabilidad y de brindar bienestar en las regiones y comunidades que, por su ubicación geográfica, carecen de energía eléctrica a lo largo del país, con potencial para beneficiar a más de un millón y medio de personas que para 2020 no contaban con acceso a energía eléctrica.

Considerando que existe una relación directa entre pobreza energética y desarrollo sustentable, resulta clara la importancia que tienen las acciones de generación de energía comunitaria y el enorme potencial que poseen para mejorar la calidad de vida de las personas que se encuentran en situación de pobreza energética, brindando energía eléctrica para uso público en las comunidades y en las viviendas para llevar a cabo actividades económicas y para no dejar a nadie atrás.

Generación distribuida

La diversificación de actividades económicas puede verse promovida por el impulso para el aprovechamiento de fuentes de energía alternativas, limpias, renovables y su generación distribuida. Estas actividades tienen potencial para generar empleos y derrama económica que contribuya a una recuperación verde post-COVID.

Además, la generación distribuida de energía solar fotovoltaica interconectada a la red goza de una gran versatilidad de aplicaciones, pues puede ser aprovechada en casas habitación, escuelas, edificios de gobierno, comercios y unidades productivas de diversos sectores. Específicamente, su aprovechamiento en sectores productivos puede promover su competitividad al reducir costos de producción por medio de la reducción de costos de energía, al tiempo que se promueve en los sectores productivos la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Generación a gran escala

A partir del caso analizado, se puede señalar que los parques eólicos que se construyen a partir de esquemas comunitarios cuentan con las siguientes características: i) los habitantes de los sitios siguen siendo los dueños de la tierra; ii) se desarrollan esquemas de comunicación que permiten compartir información de manera clara y expedita; iii) se promueven inversiones sociales para el desarrollo comunitario en los procesos de inclusión a lo largo de la vida de este tipo de proyectos y; iv) se cuenta con el acompañamiento de las autoridades locales y la integración de proveedores de la región. Todos estos elementos son importantes facilitadores para superar barreras de implementación. Por lo tanto, se convierten en elemento de éxito y generan canales para que las comunidades y sus familias sean los principales beneficiarios de los desarrollos de energía sustentable a gran escala.

El desarrollo de este tipo de proyectos tiene el potencial para detonar nuevas oportunidades académicas a nivel local. Por ejemplo, en el caso del Parque Eólico Dzilam de Bravo, se detectó que los centros y universidades tecnológicas de la región comenzaron a ofertar ingenierías en energía renovables, con lo cual los jóvenes de la región amplían sus expectativas y desarrollan competencias para participar en este nuevo mercado. Las autoridades estatales juegan un importante rol para vincular estas necesidades de demanda de personal especializado en energías renovables con la oferta de las universidades y centros tecnológicos.

Eficiencia energética en edificaciones y servicios públicos

La diversidad de MEE y flexibilidad para su aplicación son ventajas para diseminar su adopción y maximizar sus co-beneficios, así como para lograr su sostenibilidad; sin embargo, los conocimientos homogéneos y la capacitación constante sobre uso y consumo de energía son elementos primordiales para que los impactos puedan ser contabilizados y se determine en qué magnitud logran contribuir a los objetivos y metas de los proyectos, de los estados y del país. Por lo tanto, los mecanismos de

registro de información y datos para la cuantificación de los co-beneficios económicos, sociales y ambientales, pueden ser una oportunidad para aplicar metodologías estandarizadas para acciones de eficiencia energética y visualizar los impactos tangibles.

Las acciones de eficiencia energética y sus co-beneficios están directamente vinculados con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible especialmente con el ODS7: energía asequible y no contaminante, ODS11: ciudades y comunidades sostenibles, ODS13: acción por el clima.

Finalmente, se puede concluir que la energía sustentable, entendida ésta como la derivada de acciones de eficiencia energética y energía renovable, es vital para lograr los esfuerzos globales de reducción del calentamiento global. No obstante, estas acciones cuentan con el potencial de generar impactos positivos más allá de los relacionados con la mitigación de GEI. Estos impactos adicionales se han denominado **“co-beneficios”**.

La cuantificación de co-beneficios sociales, ambientales y económicos de la energía sustentable, permite visualizar e identificar aquellas dimensiones del desarrollo impactadas y con ello impulsar agendas en las que la energía sustentable contribuye a fines adicionales, por

ejemplo, el bienestar social, la reducción de la degradación ecológica y el crecimiento económico verde. Por lo tanto, los co-beneficios de la energía sustentable tienen el potencial para:

Contribuir al desarrollo social justo y sostenible, al tiempo que reduce emisiones de GEI y ayuda a mitigar el cambio climático. Los co-beneficios de la energía sustentable están directamente vinculados con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente con el ODS1: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo; ODS7: energía asequible y no contaminante; ODS11: ciudades y comunidades sostenibles; ODS13: acción por el clima y el ODS 17: alianzas para lograr los objetivos.

Replicarse a nivel subnacional, y convertirse en un instrumento que incentive a otros gobiernos subnacionales a poner en marcha acciones de energía sustentable, apropiando lecciones aprendidas, y ajustando estas acciones a sus características particulares.

Detonar medidas e inversiones en energía sustentable, las cuales presentan altos rendimientos costo-beneficio, haciendo notable que se logran oportunidades e impactos positivos simultáneos a consecuencia de una misma inversión.

REFERENCIAS

Agencia de Energía del Estado de Jalisco. (2021). *Criterios para el registro al Padrón de Empresas Proveedoras de Sistemas Fotovoltaicos de Generación Distribuida*. Jalisco: Desarrollo Económico.

Agencia Estatal de Energía de Tamaulipas. (29 de septiembre del 2015). *Anexo 1: Ficha Técnica del Proyecto “Parque Fotovoltaico Bicentenario en Ciudad Victoria. Sistema de Producción de Energía Eléctrica”*. Ciudad Victoria, Tamaulipas: Agencia Estatal de Energía de Tamaulipas.

Agencia de Información Energética de los Estados Unidos. (2021). *Costos nivelados de los recursos de nueva generación en el Annual Energy Outlook 2021*.

ASI, P. d. (2019). *Proyección en los 15 servicios del parque Bicentenario*. Ciudad Victoria, Tamaulipas: CFE, Suministrador de Servicios Básicos.

CEPAL. (2020). *Building a New Future: Transformative Recovery with Equality and Sustainability. Summary. Building a New Future: Transformative Recovery with Equality and Sustainability. Summary | Publication | Economic Commission for Latin America and the Caribbean* (cepal.org)

CRE, 2016. (01 de Junio de 2017). *Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional. Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional*. Ciudad de México: CRE.

CRE, 2017. (2018). *Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional. Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional*. Ciudad de México: CRE.

CRE, 2018. (28 de Febrero de 2019). *Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional. Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional*. Ciudad de México: CRE.

CRE, 2019. (27 de Febrero de 2020). *Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2019. Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2019*. Ciudad de México: CRE.

Comisión Económica para América Latina y El Caribe. (2017). *Portafolio de políticas públicas de adaptación y mitigación al cambio climático con beneficios adicionales y/o sin arrepentimiento en América Latina*. CEPAL.

Comisión Económica para América Latina y El Caribe. (2011). *Estudio sectorial regional sobre energía y cambio climático en Centroamérica*. CEPAL.

CONAGUA. (2012). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco. Memoria Documental. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA* (conagua.gob.mx)

CONUEE. (2018). *Análisis del impacto de las Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética en el ingreso-gasto del sector residencial de México a partir de datos de INEGI (1990-2016). cuadernoNo9.cdr* (<https://www.gob.mx/conuee>)

Econometría consultores. (2014). *Desarrollo y aplicación piloto de la metodología de evaluación de co-beneficios de acciones de mitigación del cambio climático en Colombia*.

El Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. (7 de Junio de 2013). *Diario Oficial de la Federación. LEY PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EL FINANCIAMIENTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.

E3G, GIZ y EUROCLIMA+. (2021). *Recuperación Verde en la Práctica Estableciendo el rumbo hacia una transformación sostenible, inclusiva y resiliente. Recuperación Verde en la Práctica Estableciendo el rumbo hacia una transformación sostenible, inclusiva y resiliente*.

Foro Internacional. (2015). *Valorización energética de residuos urbanos. Experiencias y estrategias globales. 2015. Presentación de PowerPoint* (www.gob.mx).

GIZ. (2020). *Co-Beneficios: Contribución de la Transición Energética para el Desarrollo Sostenible de México*. Ciudad de México: GIZ.

GIZ. *Haciendo cuentas: Cuantificando los co-beneficios de la acción climática para el desarrollo sostenible en México*.

GIZ. (2018). *Tejer la red: el enfoque de co-beneficios para la instrumentación integrada de la agenda 2030 y el acuerdo de París en México*.

- GIZ CONECC.** (2020). Co-beneficios México: Evaluación de oportunidades de empleo y beneficios locales de la integración de comunidades municipales en proyectos de energía renovable. Ruta crítica y recomendaciones sobre proyectos preseleccionados para la cuantificación de co-beneficios.
- GIZ CONECC.** (2020). Co-beneficios. Contribución de la Transición Energética para el Desarrollo Sostenible en México. Informe de estudio co-beneficios México. Ciudad de México, México.
- GIZ CONECC.** (2021). Co-beneficios: Oportunidades de empleo y beneficios locales de la participación de las comunidades en proyectos de energía renovable en Yucatán.
- Gobierno de Guanajuato.** (2021). *Documento completo. Actualización del Programa de Gobierno 2018-2024.* Programa-DeGobierno_2021.pdf (guanajuato.gob.mx)
- Gobierno de Guanajuato.** (2021). Documento Ejecutivo. *Actualización del Programa de Gobierno 2018-2024.* REVIS-TA_PG2021.pdf (guanajuato.gob.mx)
- Gobierno del Estado de Tamaulipas.** (2013). *Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables del Estado de Tamaulipas.* Microsoft Word - Ley_Entidades_Paraestatales (tamaulipas.gob.mx)
- Grupo Interbubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.** (2014). Mitigación del cambio climático. Resumen para responsables de políticas. IPCC.
- Grupo Interbubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.** (2013). Bases físicas. Resumen para responsables de políticas, Resumen técnico y Preguntas frecuentes. IPCC.
- Hopkinson, T.** (2017). Abordando la escasez de habilidades en el sector de las energías renovables para 2020.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.** (2018). México ante el cambio climático. Acción Climática. INECC.
- Inter-American Development Bank (“IDB”) and International Labour Organization (“ILO”).** (2020). Jobs in a net-zero emissions future in Latin America and the Caribbean. [wcms_752069.pdf](https://www.idb.org/~/media/IDB/Document/Working-Paper/WP20069.pdf) (ilo.org)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).** (Agosto 2021). Working Group I. AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Sixth Assessment Report (ipcc.ch).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).** (2011). *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático.* [srren_report_es-1.pdf](https://www.ipcc.ch/publications_and_materials/special_reports/srren/) (ipcc.ch)
- International Energy Agency.** (2014). Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency: A Guide to Quantifying the Value Added, IEA.
- IRENA.** (2017). Beneficios de la energía renovable al aprovechar la capacidad local para la energía eólica terrestre. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA.** (2017). Beneficios de la energía renovable: aprovechamiento de la capacidad local de energía solar fotovoltaica.
- IRENA.** (2019). Energía Renovable. Una perspectiva de Género, Abu Dhabi.
- IRENA.** (2020). Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020 (Energía renovable y empleo: balance anual 2020), Agencia Internacional de Energías Renovables, Abu Dhabi.
- IRENA.** (2015). Renewable Energy Prospects: Mexico, RE-map 2030 analysis. IRENA, Abu Dhabi.
- IRENA.** (2019). Resource IRENA: Empleo de energías renovables por tecnología.
- Oxford Smith School of Enterprise and the Environment.** (2020). Will COVID-19 fiscal recovery packages accelerate or retard progress on climate change?. [workpaper20-02.pdf](https://www.ox.ac.uk/workpaper20-02.pdf) (ox.ac.uk)
- Resilient and Low Emission Development Strategies LEADS LAC.** (2017). Los co-beneficios como base para la integración de las agendas de mitigación, adaptación y desarrollo. Memoria del Taller de Expertos 2017 y Estudios de Caso de Colombia, Chile y Cuba. LEADS LAC.
- RETEMA.** (2019). Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco, México. <https://www.retema.es/articulo/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-atotonilco-mexico-SYFU>
- Revista Técnica de Medio Ambiente RETAMA.** (2019). Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco, México. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco, México - Artículos y Reportajes (retema.es)
- Secretaría de Energía.** (31 de Enero de 2021). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2020-2034. Ciudad de México: SENER.
- SEMARNAT.** *Guía para el uso, consumo y manejo sustentable de pilas.* [Gu_a_para_el_consumo_sustentable_de_pilas.pdf](https://www.gob.mx/semarnat/documentos/guia-para-el-consumo-sustentable-de-pilas) (www.gob.mx)
- Teske, S.** (2019). Alcanzando los objetivos del Acuerdo Climático de París. Alcanzar los objetivos del Acuerdo Climático de París.

ANEXOS

Anexo 1. Síntesis de experiencias y lecciones aprendidas relevantes en el ámbito internacional y nacional en torno a co-beneficios

Este anexo presenta una síntesis de los aspectos más relevantes sobre las experiencias obtenidas del análisis de literatura de co-beneficios. La información se ha organizado para mostrar lecciones aprendidas, desafíos y recomendaciones, derivadas de los trabajos previos sobre éstos.

No.	Tipo de hallazgo	Descripción del hallazgo	Documento fuente
1	Lección aprendida	El uso del concepto co-beneficios se refiere a un amplio rango de beneficios secundarios en un gran número sectores. En el contexto del cambio climático, el concepto refiere al efecto positivo que una política, enfocada al combate del cambio climático, puede tener sobre los objetivos secundarios de política, independientemente de su magnitud o el efecto neto en el bienestar de la sociedad.	CEPAL, 2017.
2	Lección aprendida	El cálculo de los co-beneficios hace más atractiva la implementación de políticas climáticas , mejorando sus perspectivas en la comparación de costos y beneficios totales.	CEPAL, 2017
3	Lección aprendida	La literatura sugiere que identificar y evaluar la existencia de co-beneficios de las políticas de mitigación y adaptación tiene un gran potencial para facilitar la viabilidad económica de las estrategias de política ante el cambio climático .	CEPAL, 2017
4	Lección aprendida	Para construir un sistema de MRV de co-beneficios derivados de la sinergia entre medidas de adaptación y medidas de mitigación (SAM), se debe: identificar actores, definir arreglos institucionales, revisar tecnologías, proponer integración con otros sistemas de información y de MRV y fomentar las pruebas piloto.	LEDS LAC, 2017
5	Lección aprendida	Los co-beneficios, son una buena herramienta para involucrar a otros actores y sectores productivos en el desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima.	LEDS LAC, 2017
6	Lección aprendida	Contar con una cuantificación de los co-beneficios permite realizar una valoración completa tanto de los beneficios directos e indirectos de las medidas para su comparación con los costos de adelantarlas ; y a su vez pueden apoyar e ir avanzando con los objetivos nacionales e internacionales de desarrollo.	Econometría consultores, 2014

No.	Tipo de hallazgo	Descripción del hallazgo	Documento fuente
7	Lección aprendida	El enfoque en co-beneficios facilita la transversalización de la acción climática en la agenda de desarrollo sustentable, en distintos sectores y ante distintos actores. La integración de los procesos de instrumentación nacional es crucial para aumentar el impacto, reducir los costos, y evitar duplicidades o contradicciones.	GIZ, 2018
8	Lección aprendida	La acción climática y la agenda de desarrollo sustentable pueden implementarse de manera complementaria, el análisis de co-beneficios proporciona una mirada a los importantes conectores que deben considerarse en la coordinación de agendas políticas. Con el fin de sumar esfuerzos y construir alianzas entre los sectores público, privado, la academia y la sociedad civil.	GIZ, 2019
9	Desafío	Existen dificultades para la cuantificación de co-beneficios debido a la falta de información estadística, además de que resulta difícil definir escenarios contrafactuales en ausencia de las políticas climáticas que permitan establecer una relación causal entre las políticas y sus co-beneficios. Adicionalmente cabe la posibilidad de incurrir en problemas de doble contabilidad al cuantificar los co-beneficios, ya que existen políticas cuyo beneficio primario es atender los problemas secundarios relacionados con la existencia de co-beneficios.	CEPAL, 2017
10	Desafío	El reto es modificar el marco de toma de decisiones para que la evaluación de proyectos incluya criterios que favorezcan la selección de aquellas políticas de mitigación y adaptación que sean robustas.	CEPAL, 2017
11	Desafío	Sobre información: Contar con un proceso de monitoreo que ofrezca mediciones periódicas. Generar datos locales, pues es muy común contar solamente con cifras nacionales.	LEDS LAC, 2017
12	Desafío	En cuanto al fortalecimiento de capacidades: Lograr capacitar a responsables e implementadores y funcionarios nacionales y subnacionales. Contar con estrategias para difundir la herramienta y los materiales de inducción para su uso y acelerar su adopción.	LEDS LAC, 2017
13	Desafío	En lo social: Lograr un cambio de prácticas para que se adopte de manera generalizada la cuantificación de co-beneficios como un elemento más sobre la toma de decisiones de programas, proyectos, acciones o inversiones.	LEDS LAC, 2017
14	Recomendación	Desarrollar nuevas herramientas tomando en cuenta información de herramientas previas, no hay que inventar de cero aquello que ya tiene avances previos.	LEDS LAC, 2017
15	Recomendación	Diseñar una herramienta disponible en línea de manera gratuita que permita y promueva actualizaciones periódicas. Diseñarla lo más general que sea posible con la finalidad de que sirva a un mayor número de sectores y proyectos.	LEDS LAC, 2017

No.	Tipo de hallazgo	Descripción del hallazgo	Documento fuente
16	Recomendación	El enfoque hacia resolver problemas de desigualdad y pobreza debe ser considerado en todas las etapas en el desarrollo de una acción de mitigación (identificación, selección, priorización, ejecución, monitoreo y verificación).	Econometría consultores, 2014
17	Recomendación	Enfocar los co-beneficios bajo dos visiones: el beneficio propiamente dicho y el costo evitado. Por ejemplo, si se toma el aire, la primera definición hace referencia al valor monetario de evitar la desutilidad asociada al daño local de tener aire contaminado; y en el segundo caso, se analizan como los costos evitados y beneficios de las alternativas propuestas para reducción de muertes en edad prematura al mínimo costo.	Econometría consultores, 2014
18	Recomendación	Traducir co-beneficios a costos evitados o a ganancias potenciales para aumentar la rentabilidad de ciertas políticas y mejorar la coordinación intersecretarial a nivel del gobierno federal y con los gobiernos estatales.	GIZ, 2018
19	Recomendación	Los co-beneficios son potenciales; es necesario integrarlos en la planeación para que se materialicen en la realidad.	GIZ, 2018
20	Recomendación	Entender la relación entre el clima y el desarrollo debe resultar en un nuevo paradigma: la política climática debe pensarse como una política de desarrollo, y las estrategias de desarrollo deben ser entendidas como medulares para los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático.	GIZ, 2019

Anexo 2. Ruta Metodológica General (RMG)

En este anexo se presenta, de manera detallada, la serie de pasos que conforman la Ruta Metodológica General (RMG). Como se puede observar, la RMG para la cuantificación de los co-beneficios es una serie de pasos consecutivos, cada uno de los cuales cuenta con elementos que se vinculan con el paso posterior.

No	Paso	Descripción
1	Identificar la medida dentro del proyecto	Identificar la medida a la cual se desea cuantificar co-beneficios. Conformar un formato de recibo de información que permita contar con la mayor cantidad de información posible de manera sintética y ordenada (descripción del proyecto, acciones desarrolladas, tiempos, actores involucrados, beneficios identificados, acciones de seguimiento o monitoreo, etc).
2	Identificar posibles co-beneficios	Identificar los potenciales co-beneficios asociados al proyecto distinguiendo si estos son: económicos, sociales, ambientales o institucionales.
3	Analizar la información disponible tanto de gabinete como obtenida en campo	Con apoyo de los responsables de los proyectos, contar con: bases de datos, informes, estudios de mercado, encuestas, bitácoras etc., para ubicar la información necesaria que se pueda asociar a cada co-beneficio identificado en el paso 2 (económicos, sociales, ambientales e institucionales).
4	Determinar variables e indicadores	Con la información obtenida a través de los pasos 1 a 3, se generará una matriz de información en la que se integren las variables que se estiman necesarias para la cuantificación de cada co-beneficio y en su caso generar indicadores que ayuden al proceso de cuantificación.

No	Paso	Descripción
5	Definir los co-beneficios que pueden cuantificarse (análisis multicriterio)	Una vez se haya construido la matriz de información que para el caso de este documento se denomina “Cuadro de co-beneficios” a través de un análisis multicriterio se definirán cuáles serán los co-beneficios que pasaran al paso 6 en el que se desarrollaran las propuestas metodológicas para su cuantificación.
6	Desarrollar propuesta de metodologías para la cuantificación de los co-beneficios	Elaboración de notas metodológicas tomando como base para su desarrollo la información obtenida de la revisión bibliográfica sobre experiencias previas (conceptos, metodologías, herramientas, etc.), así como la información obtenida de los proyectos, incluida la obtenida en las visitas de campo.
7	Pilotear, socializar y ajustar las metodologías de cuantificación	A través de eventos de socialización con actores clave presentar los resultados de cada paso previo de este proceso (1 a 6), con la finalidad de recibir retroalimentación, comentarios y propuestas de mejora con base en los cuales se puedan ajustar y mejorar las metodologías propuestas.
8	Validar resultados obtenidos	Una vez que se cuente con las versiones definitivas de las metodologías de cuantificación, estas serán probadas con la información de los 6 proyectos participantes del piloto con la finalidad de validar los resultados que se obtengan de estos procesos de cuantificación.
9	Diseñar y programar herramienta para la cuantificación de co-beneficios	Finalmente, con base en los hallazgos y productos obtenidos en los pasos 1 al 8, se ajustará el avance que se lleve y se concluirá el diseño y programación de la herramienta en sus dos niveles (<i>online</i> y <i>offline</i>).
10	Comunicación: divulgación de los resultados y difusión de la herramienta	La comunicación es una tarea transversal que deberá desarrollarse a lo largo del desarrollo del piloto. Su objetivo es apoyar el proceso de comunicación del proyecto, por medio de la generación de hojas de divulgación, presentaciones, asesorías y provisión de insumos técnicos para las tareas de comunicación.

Anexo 3. Análisis de Decisión Multi-Criterio (ADMC)

Cuando se contó con toda la información sobre los co-beneficios de los proyectos, se realizó un Análisis de Decisión Multi-Criterio (ADMC) para priorizar los co-bene-

ficios y elegir aquellos aptos para la cuantificaron. Los co-beneficios que alcanzaron el estatus de *alta prioridad*, fueron considerados para su cuantificación; los que alcanzaron *prioridad media* fueron evaluados para determinar si se podían incluir para la cuantificación. Finalmente, los catalogados como de *baja prioridad* no fueron parte del proceso de cuantificación.

No	Factores para el análisis multicriterio	Dos puntos	Un punto	Medio punto
1	Disponibilidad de la información	Completa	Suficiente	Incompleta
2	Incertidumbre	Bajo	Medio	Alto
3	Nivel de impacto (escala)	Local	Nacional	Global
4	Sostenibilidad del impacto (plazo)	Corto	Mediano	Largo
5	Monitoreo	Con monitoreo	Sin monitoreo con posibilidad de tenerlo	Con monitoreo sin posibilidad de tenerlo
6	Sinergia o conflicto entre políticas públicas (sociales, económicas, ambientales)	Con sinergia	Sin sinergia	Con conflicto*

No	Factores para el análisis multicriterio	Dos puntos	Un punto	Medio punto
7	Beneficios (sociales, ambientales y económicos) no relacionados con cambio climático o energía	Más de uno	Uno	Ninguno
8	Prioridad para la planeación nacional y/o sectorial (social, económica y ambiental)	Ambas	Nacional o sectorial	Ninguna
9	Alineación con la NDC (contribuye a las metas de mitigación)	Con alineación	N/A	Sin alineación
10	Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible prioritarios para energía y cambio climático (3, 5, 7, 8, 9, 11 y 13)	Contribuye a más de dos	Contribuye al menos a dos	No contribuye a ninguno
11	Existencia de metodología de cálculo	Existe y se puede usar sin adaptarla	Existe y es posible adaptarla	Existe, pero es difícil de adaptarla

* En caso de existir un conflicto entre las políticas, no se asignaría puntuación.

- Los co-beneficios que alcancen entre 80 y 100% de los 24 puntos disponibles serán catalogados como de alta prioridad (19 a 24 puntos).
- Los co-beneficios que alcancen entre 60 y 79% de los 24 puntos disponibles serán catalogados como de media prioridad (14 a 18.5 puntos).
- Los co-beneficios que alcancen menos de 60% de los 24 puntos disponibles serán catalogados como de baja prioridad (Menos de 14 puntos).

Prioridad
Alta
Media
Baja

Anexo 4. Análisis de vinculación de proyectos de energía sustentable con los ods

No	ODS	Eficiencia energética	Energía renovable
		Nota EE	Nota ER
3	Salud y Bienestar	Las MEE involucran cambios tecnológicos, cambios en el comportamiento y cambios preventivos para la operación de los inmuebles. Estos cambios producen mejoras en el confort de los espacios y en el funcionamiento de los equipos, lo que conlleva impactos en la salud y bienestar de quienes llevan a cabo prácticas de EE (1).	Los objetivos del ODS7 están ligados directamente con alcanzar la reducción de la contaminación del aire. Al mejorar la calidad del aire, mejora la salud humana (3).
5	Igualdad de género	El acceso a la energía podría expandir el número de oportunidades para las mujeres. Los impactos directos son a nivel hogar (corto plazo), con la sociedad los impactos se observan con el tiempo (largo plazo), la mujer se empodera por poder llevar a cabo actividades locales, al ser beneficiarias directas del acceso a la energía en los hogares o de tener iluminación cuando oscurece para llevar a cabo sus actividades de forma autónoma (3).	El acceso a la energía podría expandir el número de oportunidades para las mujeres. Los impactos directos son a nivel hogar (corto plazo), con la sociedad los impactos se observan con el tiempo (largo plazo), la mujer se empodera por poder llevar a cabo actividades locales, al ser beneficiarias directas del acceso a la energía en los hogares o de tener iluminación cuando oscurece para llevar a cabo sus actividades de forma autónoma (3).
7	Energía asequible y no contaminante	La eficiencia energética, junto con las fuentes renovables locales, además, mejoran la seguridad energética (1). Las acciones de eficiencia energética contribuyen al beneficio de energía asequible y la modernización de la tecnología, temas fundamentales para el desarrollo. Cada unidad de energía ahorrada, ya sea por medios tecnológicos o de comportamiento/conservación, es una unidad que no es necesario producir (3).	No todos han disfrutado de los beneficios que pueden proveer las diversas formas de energía moderna. Sin embargo, las fuentes distribuidas de energía renovable (solar o biogás) podrían ayudar a comunidades a lograr el acceso a energía (3).
8	Trabajo decente y crecimiento económico	Los esfuerzos basados en eficiencia energética y energías renovables contribuyen al crecimiento de los puestos de trabajo gracias a la instalación y el mantenimiento de las tecnologías (3).	Las energías renovables apoyan el empleo y crecimiento económico (2). Los esfuerzos basados en eficiencia energética y energías renovables contribuyen al crecimiento de los puestos de trabajo gracias a la instalación y el mantenimiento de las tecnologías (3).
9	Industria, innovación e infraestructura	La mejora y el reequipamiento de la infraestructura para hacerla más fiable y sostenible, el apoyo financiero y técnico para promover el desarrollo tecnológico y el fomento a la innovación mediante la financiación de la investigación científica beneficiarán directamente a las industrias energéticas de los países (3).	La mejora y el reequipamiento de la infraestructura para hacerla más fiable y sostenible, el apoyo financiero y técnico para promover el desarrollo tecnológico y el fomento a la innovación mediante la financiación de la investigación científica beneficiarán directamente a las industrias energéticas de los países (3).
11	Ciudades y comunidades sostenibles	Las acciones de eficiencia energética apoyan las ciudades y comunidades sostenibles (2).	Las energías renovables apoyan las ciudades y comunidades sostenibles (2).
13	Acción por el clima	Los edificios son responsables de más del 30% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero y, por lo tanto, son uno de los principales contribuyentes al cambio climático. Sin embargo, por la misma razón, los edificios verdes tienen un enorme potencial para combatirlo. Ofrecen una de las formas más rentables de hacerlo, a través de medidas como la eficiencia energética (1).	Las energías renovables son una solución climática clave (2).

Fuente: Elaboración propia con información de las referencias (1), (2) y (3).

Referencias:

- (1) WGBC, 2016.2021. The Nexus of Green Buildings, Public Health and the UN Sustainable Development. Consulta en la página de CIVITA, 2020.
- (2) IRENA, 2018. Accelerating renewable energy deployment towards SDG 7 and links to other SDGs.
- (3) McCollum, 2017. SDG7: Ensure Access to Affordable, Reliable, Sustainable and Modern Energy for All. In: A guide to SDG interactions: from science to implementation.

Anexo 5. Referencias usadas para el desarrollo de las metodologías para cálculo de co-beneficios de energía renovable

Co-beneficio	Tipo	Descripción	Referencia
Ahorro y generación de ingresos	 Económico	<p>Evalúa los ahorros generados por la venta de energía o compensación de energía eléctrica generada en los proyectos de generación distribuida, autoconsumo y gran escala.</p> <p>Evalúa los ahorros generados por la infraestructura evitada al instalar un sistema renovable en lugar de uno convencional.</p>	<p>Esta metodología está basada en la establecida en el documento: Co-beneficios. Oportunidades de empleo y beneficios locales de la participación de las comunidades en proyectos de ER en Yucatán.</p> <p>Esta metodología está basada en la establecida en IEA 2020, <i>Projected Costs of Generating Electricity 2020</i>.</p>
Empleos generados temporales y permanentes	 Social	<p>Refleja el número de puestos de empleo creados como consecuencia de un proyecto de ER, dentro de cada segmento de la cadena de valor del proyecto; es decir, los puestos generados durante la conceptualización, el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento del proyecto.</p>	<p>Esta metodología está basada en la establecida por NREL tomando como base la herramienta I-JEDI.</p>
Emisiones de CO ₂ e evitadas por el proyecto	 Ambiental	<p>Emisiones evitadas en toneladas de CO₂ equivalente debido a la implementación del proyecto de ER. (impacto objetivo en el contexto de acción climática).</p>	<p>Esta metodología está basada en la metodología del IPCC 2006.</p>
Impacto económico de la inversión	 Económico	<p>Evalúa el impacto económico de la inversión para cuantificar cuánto puede incrementarse el impacto económico por la instalación de capacidad de sistemas basados en fuentes renovables</p>	<p>Esta metodología está basada en la establecida por NREL tomando como base la herramienta I-JEDI.</p>

Anexo 6. Referencias usadas para el desarrollo de las metodologías para cálculo de co-beneficios de eficiencia energética

Co-beneficio	Tipo	Descripción	Referencia
Ahorro monetario	 Económico	Pago evitado hacia el suministrador de energía eléctrica, derivado de la reducción del consumo eléctrico del usuario, como resultado de la implementación de medidas de eficiencia energética (MEE). El ahorro monetario se expresa en toneladas de dióxido de carbono equivalente.	El método agregado de esta metodología se basa en la Opción C del Protocolo Internacional de Medida y Verificación 2010. El método diferenciado de esta metodología se basa en la Opción C del Protocolo Internacional de Medida y Verificación 2010. Conceptos y Opciones para Determinar el Ahorro de Energía y Agua (Volumen 1).
Emisiones evitadas de CO ₂ e	 Social	Refleja las emisiones disminuidas por la reducción del consumo de energía del usuario, como resultado de la implementación de MEE. Las emisiones evitadas se expresan en toneladas de dióxido de carbono equivalente.	Esta metodología está basada en la metodología del IPCC 2006.

Anexo 7. Nota metodológica sobre los tipos de empleo generado

El cálculo de los empleos se realizó con base en el modelo *International Jobs and Economic Development Impact* (I-JEDI), que estiman el número de empleos asociados a la construcción y operación de proyectos de generación de energía en dos momentos: i) en la etapa de construcción y ii) en la etapa de operación.

1. Durante la construcción

- Empleos directos durante la construcción: se refiere el número de empleos generados que se vinculan de manera directa con la construcción del proyecto de energía renovable. Es decir, los empleos necesarios para: desarrolladores de proyectos, consultores ambientales y de permisos, constructores de carreteras, empresas de vertido de concreto, compañías de construcción, equipos de montaje de torres y operadores de grúas. Todos los trabajos que se desarrollan en el sitio o se relacionan con el sitio en donde se construyen los proyectos.
- Empleos indirectos durante la construcción: se refiere el número de empleos generados que se vinculan

de manera indirecta a la construcción del proyecto de energía renovable. Es decir, los empleos necesarios para: empresas proveedoras de materiales de construcción y componentes, analistas y abogados que evalúan la viabilidad del proyecto y negocian acuerdos contractuales, bancos que financian los proyectos, empresas fabricantes de equipos, de piezas de repuesto y reparación. Todos los trabajos que son necesarios para desarrollar el proyecto, pero que no se desempeñan en el sitio de la construcción o no se relacionan con el sitio en donde se construyen los proyectos.

- Empleos inducidos durante la construcción: se refiere a los empleos que se dan por el consumo/gasto que realizan los empleados directos e indirectos de los proyectos de energía renovable. Es decir, empleos asociados a los negocios en restaurantes, hoteles y establecimientos minoristas locales, etc.

2. Durante la operación

- Empleos directos durante la operación: se refieren solo a los trabajadores de los proyectos de energía renovable en operación. Es decir, el personal administrativo, gerentes y operadores. Por ejemplo: soporte administrativo y contable, gerentes de sitio, técnicos de campo, trabajadores de operación y mantenimiento.

- Empleos indirectos durante la operación: se refieren a los empleos generados en la cadena de suministro de insumos de materiales y servicios necesarios para la operación de los proyectos de energías renovables. Por ejemplo: proveedores de componentes, minoristas de vehículos de motor, minoristas de hardware y herramientas, fabricantes de herramientas, proveedores de mantenimiento, fabricantes de metales, soldadores, proveedores de materiales, agentes de compañías de seguros, asistentes en estaciones de servicio (para los vehículos utilizados para operar y mantener las centrales eléctricas), empleados del gobierno local, servicios públicos locales, contabilidad y contadores, bancos, abogados, etc.
- Empleos inducidos durante la operación: se refiere a los empleos que se dan por el consumo/gasto que realizan los empleados directos e indirectos de los proyectos de energía renovable. Es decir, empleos asociados a los negocios en restaurantes, hoteles y establecimientos minoristas locales, etc.

Anexo 8. Clasificación de Medidas de Eficiencia Energética (MEE)

Tipo de medida	Descripción	Identificador
Medidas de cambio de comportamiento	Medidas que requieren de hacer conciencia sobre el uso de energía y modificar las prácticas que están bajo el control del usuario. Estas medidas no requieren inversión. También funcionan como medidas de conservación cuando las medidas tipo T y M han sido implementadas.	C
Medidas de mantenimiento	Responden a los requerimientos técnicos periódicos de los sistemas y/o equipos. Normalmente se establecen con base en las especificaciones técnicas de equipos nuevos y existentes con tiempos específicos de uso, en estándares y procedimientos empleados para detectar deficiencias en las instalaciones y equipos, antes de que éstos fallen estando en servicio.	M
Medidas de cambios tecnológicos	Son las que involucran cambios de uno, varios o todos los equipos de un sistema, por unos más eficientes. Estas medidas comúnmente requieren una inversión inicial y/o financiamiento.	T

Fuente: Elaboración propia.